

Table des matières

Résumé	iii
Abstract	v
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xiii
Liste des abréviations.....	xv
Remerciements.....	xix
Avant-Propos	xxi
Introduction.....	1
CHAPITRE 1. LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE.....	5
1.1 Les processus mnésiques.....	5
1.2 Stratégies d'encodage en mémoire épisodique	9
1.3 La récupération en mémoire épisodique	10
1.4 Rôle de l'attention en encodage et en récupération.....	11
1.4.1 Les processus attentionnels.....	11
1.4.2 Processus attentionnel en encodage et en récupération et effet de l'attention divisée en mémoire épisodique	13
1.5 Processus de contrôle exécutif et son rôle en encodage et en récupération	15
CHAPITRE 2. EFFET DE L'ÂGE SUR LES FONCTIONS COGNITIVES	17
2.1 Effet de l'âge sur la mémoire épisodique.....	17
2.2 Théories expliquant les effets de l'âge sur la cognition	18
2.3 Effet de l'attention divisée sur la mémoire épisodique chez la personne âgée	21
2.4 Effet de l'âge sur les stratégies d'encodage	25
2.5 Effet de l'âge sur la récupération en mémoire épisodique	26
2.6 Effet de l'âge sur le système de contrôle exécutif.....	27
2.7 Effet de l'âge sur l'attention.....	28
2.8 Changements physiologiques liés à l'âge.....	29
CHAPITRE 3. LE TRAUMATISME CRANIO-CÉRÉBRAL.....	31
3.1 Classifications du traumatisme cranio-cérébral	31
3.2 Incidence du traumatisme cranio-cérébral léger	32
3.3 Phase aiguë et phase chronique du TCCL.....	33
3.4 Syndrome post-commotionnel	34
CHAPITRE 4. EFFET DU TCCL CHEZ LES JEUNES ADULTES	37
4.1 Effet du TCCL sur les processus attentionnels	39
4.2 Effet du TCCL sur la mémoire de travail chez de jeunes adultes	41

4.3 Effet du TCCL sur la mémoire épisodique chez le jeune adulte	44
CHAPITRE 5. EFFET DU TCCL CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES.....	51
5.1 Effet du TCC dans le vieillissement normal.....	52
CHAPITRE 6. RÉALISATION DES HABITUDES DE VIE	57
6.1 Conceptualisation des habitudes de vie.....	58
6.1.1 Modèle conceptuel du Modèle de développement humain et Processus de Production du Handicap 2.....	61
6.2 Impact des troubles cognitifs sur la participation sociale.....	63
6.3 Vieillesse normale et participation sociale.....	64
6.4 Effet du TCC sur la réalisation des habitudes de vie.....	65
6.4.1 Impact du TCC sur la réalisation des habitudes de vie des personnes âgées	67
6.4.2 Impact du TCC sur la réalisation d'activités physiques	71
CHAPITRE 7. PRÉSENTATION DE LA THÈSE.....	73
7.1 Bref résumé de la problématique.....	73
7.2 Objectifs	77
7.3 Hypothèses	78
7.4 Méthodologie.....	79
7.4.1 Participants	79
7.4.2 Évaluation neuropsychologique	81
7.4.2.1 Paradigme expérimental de mémoire épisodique.....	83
7.4.3 Échelles sur les habitudes de vie	86
7.5 Procédure.....	87
CHAPITRE 8. ARTICLE 1 : EPISODIC MEMORY IN RELATION TO ATTENTIONAL AND EXECUTIVE CONTROL PROCESSES FOLLOWING A MILD TRAUMATIC BRAIN INJURY IN OLDER ADULTS.	89
8.1 Abstract	89
8.2 Introduction	90
8.3 Method	96
8.4 Data analyses	102
8.5 Results	104
8.6 Discussion	109
8.7 Limitations	116
8.8 Conclusion	118
8.9 References	119
CHAPITRE 9. ARTICLE 2 : FUNCTIONAL IMPACTS OF MILD TRAUMATIC BRAIN INJURY SUSTAINED IN OLDER ADULTS	137
9.1 Abstract	137
Introduction	138
9.2 Method	143
9.3 Data analyses	147
9.4 Results	148
9.5 Discussion	150

9.6 Conclusion	154
9.7 References	155
CHAPITRE 10 – DISCUSSION ET CONCLUSION	173
10.1 Discussion des résultats en fonction des objectifs généraux de la thèse.	173
10.2 Premier objectif : Impacts mnésiques, exécutifs et attentionnels du TCCL.....	176
10.2.1 Discussion des résultats au paradigme de mémoire épisodique.....	177
10.2.2 Déficit associatif suite à un TCCL chez les personnes âgées.....	180
10.2.3 Atteinte du système de contrôle exécutif	182
10.2.4 Sensibilité de la batterie d'évaluation neuropsychologique standardisée	182
10.2.5 Considération sur les résultats à l'imagerie cérébrale suite à un TCCL.....	183
10.2.6 Contribution éventuelle de l'humeur et du profil prémorbide aux atteintes cognitives	185
10.2.7 Limites inhérentes au premier objectif.....	188
10.3 Deuxième objectif : Effets du TCCL sur la réalisation des habitudes de vie et des activités physiques.....	189
10.3.1 Évaluation des plaintes cognitives suite à un TCCL	190
10.3.2 Réalisation des habitudes de vie suite au TCCL	194
10.3.3 Réalisation d'activités physiques suivant le TCCL.....	197
10.3.4 Limites méthodologiques inhérentes au second objectif.....	199
10.4 Retombées cliniques possibles.	200
RÉFÉRENCES	203

Liste des tableaux

Table 8.1. *Demographic characteristics for both groups.*

Table 8.2. *Clinical characteristics of older individuals with MTBI.*

Table 8.3. *Means and standard deviations of neuropsychological tests for both groups.*

Table 8.4. *Means and standard deviations obtained at the monitoring task performed in divided attention condition for both groups.*

Table 8.5. *Means and standard deviations for both older individuals with MTBI and controls on the Continuous Performance Test (CPT) and Computerized Attentional Processes Test (CAPT).*

Table 8.6. *Means and standard deviations obtained at the experimental memory paradigm for both groups.*

Table 8.7. *Means and standard deviations of the percent decline for FA to DA at the experimental memory paradigm for both groups.*

Table 9.1. *Demographical characteristics for both groups.*

Table 9.2. *Means and (standard-deviation) obtained at the LIFE-H for older adults with MTBI and controls.*

Table 9.3. *Means and (standard-deviation) obtained at the SMAF for older adults with MTBI and controls.*

Table 9.4. *Means and (standard-deviation) obtained at the PASE for older adults with MTBI and controls.*

Table 9.5. *Means and (standard-deviation) obtained at the RPCSQ and Oxford questionnaires for older adults with MTBI and controls.*

Table 9.6. *Means and (standard-deviation) obtained at the QAM for older adults with MTBI and controls.*

Table 9.7. *Means and (standard-deviation) obtained at the QAM for older adults with MTBI and their close relatives.*

Table 9.8. *Means and (standard-deviation) obtained at the QAM for controls and their close relatives.*

Tableau 10.1 *Rappel du premier objectif et des hypothèses associées.*

Tableau 10.2. *Rappel du deuxième objectif et des hypothèses associées.*

Liste des figures

Figure 1. Modèle Sériel Parallèle Indépendant (PSI)

Figure 2. Modèle de développement humain et Processus de production du handicap (MDH-PPH 2)

Figure 3. Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF; OMS, 2001)

Figure 4. Illustration du paradigme de mémoire épisodique.

Figure 8.1. Illustration of the experimental memory paradigm

Figure 8.2. Illustration of the interaction between the Recall modes and the Group variables.

Figure 8.3. Illustration of the interaction between the Recognition indices and the Groups.

Figure 9.1. Human Development Model and Disability Creation Process (HDM-DCP 2).

Liste des abréviations

AD	Attention Divisée
ADL	Activity of Daily Living
ANOVA	Analysis of Variance
AP	Attention Pleine
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
BNT	Boston Naming Test
CHA	Centre Hospitalier Affilié
CIDIH	Classification Internationale des Déficiences, Incapacités et Handicaps
CIF	Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé
CIM	Classification Internationale des Maladies
CIRRIIS	Centre Interdisciplinaire de Recherche en Réadaptation et Intégration Sociale
COWAT	Controlled Oral Word Association Test
CPT	Continuous Performance Test
CQCIDIH	Comité Québécois sur la Classification Internationale des Déficiences, Incapacités et Handicaps
CVLT	California Verbal Learning Test
D-KEFS	Delis-Kaplan Executive Function System
DA	Divided Attention
FA	Full Attention
fMRI	Functional Magnetic Resonance Imagery
GDS	Geriatric Depression Scale
HAROLD	Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults
HDM-DCP 2	Human Development Model and Disability Creation Process 2
HSD	Highly Significant Difference
IASTA	Inventaire d'Anxiété Situationnelle et de Trait d'Anxiété
IQ	Quotient Intellectuel
IQCODE	Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly
IRDQPQ	Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec
IRM	Institut de Réadaptation de Montréal
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique

LDCT	Letter Digit Coding Test
MA	Maladie d'Alzheimer
MDH-PPH 2	Modèle du développement humain et Processus de Production du Handicap
MDRS	Mattis Dementia Rating Scale
MEM-III	Échelle Clinique de la Mémoire de Weschler
MHAVIE	Mesure des Habitudes de VIE
MMSE	Mini-Mental State Evaluation
MTBI	Mild Traumatic Brain Injury
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PASA	Posterior-Anterior Shift in Aging
PASAT	Paced Auditory Serial Addition Test
PASE	Physical Activity Scale for the Elderly
PBP	Paradigme de Brown-Peterson
PCSC	Post-Concussion Syndrome Checklist
PPH	Processus de Production du Handicap
QAM	Questionnaire d'Auto-Évaluation de la Mémoire
RAVLT	Rey Auditory Verbal Learning Test
RI	Rappel Indicé
RIPPH	Réseau International sur le Processus de Production du Handicap
RL	Rappel Libre
ROCF	Rey-Osterrieth Complex Figure
RPCSQ	Rivermead Post-Concussion Symptoms Questionnaire
SAAQ	Société d'Assurance Automobile du Québec
SCWT	Stroop Colour Word Test
SMAF	Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle
SPI	Modèle Sériel Parallèle Indépendant
TAPI	Test d'Attention Partagée Informatisé
TCC	Traumatisme cranio-cérébral
TCCL	Traumatisme cranio-cérébral léger
TCCM	Traumatisme cranio-cérébral modéré

TEA	Test of Everyday Attention
TMT	Trail Making Test
VST	Victoria Stroop Test
VVLT	Visual Verbal Learning Test
WAIS-III	Weschler Adult Intelligence Scale-III
WAIS-R	Weschler Adult Intelligence Scale-Revised
WCST	Wisconsin Cardt Sorting Test
WMS-R	Weschler Memory Scale- Revised

Remerciements

Je tiens à remercier chacun des membres de mon comité pour l'aide apportée tout au long du processus ayant mené à la rédaction de cette thèse. Dans un premier temps, je remercie Sophie Blanchet et Michel Pépin qui ont co-dirigé ma thèse. Leur expérience en recherche, leur disponibilité et leur rapidité pour répondre à mes questionnements, ainsi que pour corriger mes textes ont sans aucun doute favorisé la réalisation de cette thèse. Leur collaboration m'a également permis de découvrir de manière plus juste la réalité et exigences des études, du travail et des carrières dans le milieu universitaire. Je tiens également à souligner la chance que j'ai eue d'avoir réalisé mon projet doctoral au Centre Interdisciplinaire de Recherche en Réadaptation et Intégration Sociale (CIRRIS). J'ai pu y faire la connaissance de professionnels en réadaptation, de chercheurs, ainsi que d'autres étudiants qui sont devenus des amis. Je remercie Julie Fortin et Andrée-Anne Paradis-Giroux, membres de notre laboratoire au CIRRIS, qui ont partagé les joies des études graduées, mais surtout les frustrations !

Je remercie Martine Simard, qui a été membre de mon comité de thèse. Les échanges et les corrections de Mme Simard ont favorisé ma réflexion en lien avec mon projet et les résultats qui en découlent. Sa très grande rigueur dans la révision de mes documents a certainement contribué à la réalisation de mon doctorat. Je remercie également Patrick Fougeyrollas, également membre de mon comité de thèse. M. Fougeyrollas a été d'une aide précieuse dans mon projet, particulièrement en raison de sa grande expertise dans le champ du handicap et de la participation sociale, un domaine qui m'était inconnu.

Je me dois de remercier certaines personnes qui ont, au départ, été des collègues, mais qui sont devenus bien plus que cela. Nicolas, Guillaume et Caroline, merci pour tout.

Que le passage du temps puisse nous avoir éloigné, ou rapproché, il ne fait aucun doute que vous avez été des figures marquantes durant ces années parfois difficile aux études graduées. Plusieurs souvenirs me demeureront en tête à jamais et je souhaite de tout cœur ajouter à ces souvenirs durant les années à venir ! Un merci tout spécial à Andrée Anne Bujold, pour qui il n'est pas utile de mettre des mots, l'importance que tu as eu dans mon parcours ne fait aucun doute.

Je ne peux passer sous silence l'énorme soutien offert par ma famille. Roger et Lise, merci pour votre écoute tout au long de mes études. Je vous remercie pour votre présence et votre chaleur dans les moments de joie et de frustrations dans ces longues années d'étude. Merci pour votre compréhension et votre capacité à me remettre les pieds sur terre. Marie-Claude, Marc-Olivier et Maxime, merci également pour votre soutien inconditionnel dans les dernières années. Nos moments de folie m'ont certainement aidé au plus haut point à décrocher, pour mieux me concentrer et me recentrer! Malgré les obstacles passés et présents, je suis convaincu que le meilleur est à venir et que le plaisir éprouvé à nous voir demeurera à jamais. Encore merci à ma famille !

Finalement, je remercie Frédérique, qui sans le savoir, m'a apporté une dose de motivation incroyable avec l'arrivée attendue d'Édouard, notre petit garçon. Merci pour ta présence, tes efforts et ta grande ouverture. De belles choses nous attendent dans cette nouvelle aventure !

Avant-Propos

Cette thèse de doctorat en psychologie inclut deux articles empiriques rédigés en langue anglaise. L'étudiant auteur de cette thèse a assumé le rôle principal dans les étapes liées à l'expérimentation, ainsi qu'à la rédaction des articles : recension des écrits, cueillette de données, analyse et interprétation des résultats, rédaction des manuscrits et démarches pour la publication. L'étudiant a le statut d'auteur principal pour les deux articles. L'article 1 s'intitule *Episodic memory in relation to attentional and executive control processes following a mild traumatic brain injury in older adults*. Les auteurs sont Frédéric Bolduc, Michelle McKerral, Isabelle Gélinas, Michel Pépin (co-directeur de thèse) et Sophie Blanchet (co-directrice de thèse). L'article est présentement en révision dans la revue *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. La version présentée dans cette thèse correspond au dernier manuscrit en révision dans cette revue. L'article 2 s'intitule *Functional impacts of mild traumatic brain injury sustained in older adults*. Les auteurs sont les mêmes que pour l'article 1. Le manuscrit sera soumis pour publication prochainement dans une revue scientifique.

Introduction

Le vieillissement de la population canadienne est un enjeu démographique majeur. Selon Statistique Canada, l'espérance de vie des Canadiennes et Canadiens a respectivement atteint 82.7 ans et 78 ans en 2005 (Statistique Canada, 2008). Le nombre de personnes âgées de 65 ans et plus représente 15.3% de la population canadienne, alors que ce nombre était de 7.6% en 1960. Depuis le premier juillet 2011, le nombre d'aînés s'est accru au rythme annuel moyen de 4.2%, comparativement à un rythme moyen de 2.8% au cours des cinq années précédentes (Statistique Canada, 2013). Selon les dernières projections démographiques, l'espérance de vie continuera de s'accroître. De plus, en raison du faible taux de natalité, la population du Canada continuera de vieillir.

Il semble donc primordial de s'attarder aux conséquences du vieillissement, particulièrement lorsque celui-ci est à risque d'être accompagné d'atteintes cognitives liées à de possibles dommages tels que ceux présents suite à un traumatisme cranio-cérébral (TCC). Il est connu que l'occurrence du TCC suit une distribution bimodale, apparaissant plus communément chez les jeunes adultes et les personnes âgées (Rapoport, McCullagh, Streiner & Feinstein, 2003). En raison du vieillissement de la population, l'occurrence du TCC léger (TCCL) chez les personnes âgées augmente en conséquence.

Alors que certaines études portant sur les personnes âgées ayant subi un TCCL rapportent un fonctionnement cognitif normal chez cette population (e.g. Goldstein et al. 2001), des plaintes sont fréquemment émises de la part des victimes. Ces plaintes concernent principalement la mémoire et l'attention (Bruce & Echemendia, 2003).

Mazzucchi et al. (1992) rapportent même que la présence d'un TCCL peut prédire un pronostic défavorable représentant un risque accru d'évoluer vers une démence. De même,

Fakhran, Yaeger et Alhilali (2013) ont démontré qu'il existe des changements dans la matière blanche après un TCCL ressemblant aux changements retrouvés dans les phases précoces de la maladie d'Alzheimer. Des difficultés mnésiques peuvent aussi être rapportées même plusieurs mois après la survenue d'un TCCL chez de jeunes adultes (e.g. Blanchet et al., 2009). L'objectivation des déficits suite à un TCCL demeure pourtant encore controversée et ne mène pas à un consensus au sein de la communauté scientifique et clinique (Goldstein et al., 2001; Rappoport et al., 2008). Le manque de sensibilité des tests neuropsychologiques qui ne seraient pas assez spécifiques au dysfonctionnement du système de contrôle exécutif, pourrait expliquer cette controverse. Actuellement, il est connu qu'un dysfonctionnement du système de contrôle exécutif affectant la mémoire peut être observé chez des jeunes adultes ayant subi un TCCL (Nolin, 2006; Blanchet et al., 2009). En raison de l'incidence accrue du TCCL chez la personne âgée, il s'avère aussi très important de mieux étayer le profil cognitif de cette population, notamment en vérifiant si un dysfonctionnement exécutif est également présent chez les personnes âgées qui ont subi un TCCL.

Cette thèse a pour but de vérifier les effets à long terme (i.e. entre 1 et 6 ans) du TCCL chez les personnes âgées, d'un point de vue cognitif et fonctionnel. Une revue de littérature sur l'effet du vieillissement normal sur les fonctions cognitives sera présentée. Comme la littérature portant sur l'impact du TCCL est moins abondante chez les personnes âgées, il sera ensuite question de l'impact du TCCL chez les jeunes adultes, qui permet un important éclairage théorique sur cette problématique. Par la suite, seront introduits les effets du TCCL sur le fonctionnement cognitif chez les personnes âgées, ainsi que sur la réalisation des habitudes de vie. La thèse inclut deux articles présentant les résultats obtenus selon les eux principaux objectifs émis dans le cadre de cette recherche.

Finalement, une discussion générale de la thèse abordera les résultats à la lumière des différents objectifs et hypothèses et de la littérature scientifique actuelle sur le sujet. Pour débiter, le premier chapitre de cette thèse traite des concepts fondamentaux de la mémoire épisodique et des processus mnésiques d'encodage et de récupération.

CHAPITRE 1. LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE

1.1 Les processus mnésiques

Centrale à toutes fonctions cognitives et à ce qui caractérise le comportement humain, est la capacité de mémoriser, d'apprendre et d'accéder intentionnellement à ses réserves de connaissances (Lezak, Howieson & Loring, 2004). La mémoire humaine se compose de différents systèmes ayant chacun leur fonctionnement distinct (Squire & Knowlton, 2000) et étant sous-tendus par des substrats neuro-anatomiques différents (Squire, 1987; Tulving, 1983). La mémoire humaine est généralement envisagée en termes de systèmes multiples, donc dans une approche dite multi-systémique. Cette approche met de l'avant une vision de la mémoire en différents systèmes, ayant chacun des processus qui leur sont propres.

Tout d'abord, Atkinson et Shiffrin (1968) ont proposé le concept de mémoire à court terme qui se définit comme étant une unité simple d'emmagasinement permettant la rétention d'une petite quantité d'informations sur de courts intervalles temporels (Baddeley, 2000). Cependant, ce concept a été intégré à la mémoire de travail, un système mnésique plus complexe, développée par Baddeley et Hitch (1974). Cette dernière est un système à composantes multiples ayant pour fonction de faciliter les activités cognitives complexes telles que l'apprentissage, la compréhension et le raisonnement (Baddeley & Hitch, 1974). La mémoire de travail est le système mnésique responsable du maintien, du traitement et de la manipulation temporaire d'informations. Selon Baddeley (2000), elle propose l'existence de sous-systèmes qui permettent la coordination et le passage de la mémoire de travail vers la mémoire à long terme. La boucle phonologique est le sous-système responsable du stockage et du rafraîchissement des informations verbales et langagières. Le calepin visuo-

spatial est quant à lui impliqué dans le maintien des informations visuo-spatiales, ainsi que dans la formation et la manipulation des images mentales. L'administrateur central a pour fonction de superviser et de coordonner les informations provenant des deux sous-systèmes précédents afin d'optimiser le passage en mémoire à long terme. Finalement, Baddeley (2000) suggère l'existence du buffer épisodique, contrôlé par l'administrateur central, qui est responsable d'encoder des épisodes dans lesquels l'information est incorporée dans l'espace et le temps, faisant référence au concept de mémoire épisodique, en mémoire à long terme.

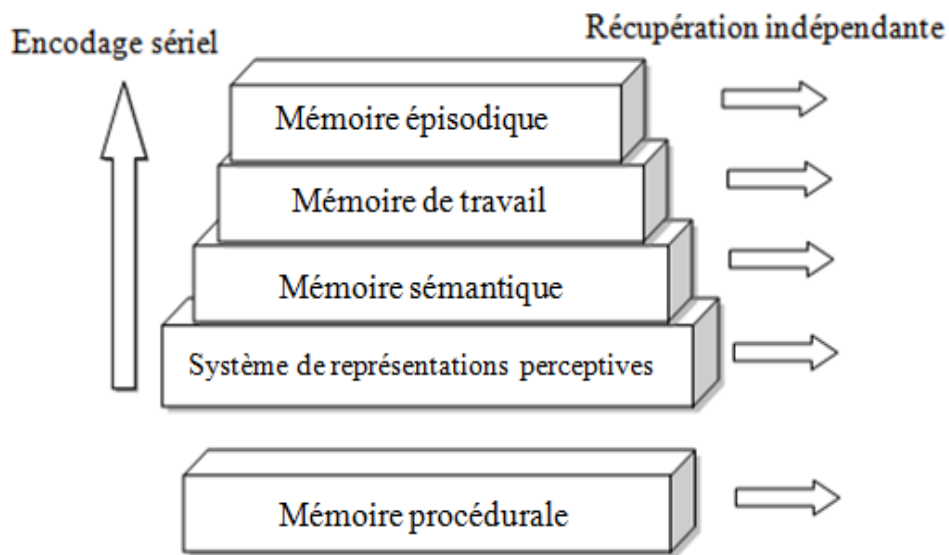
La mémoire à long terme permet la rétention d'une très grande quantité d'informations sur une longue période temporelle. Selon Squire et Kandel (1999), la mémoire à long terme relèverait de deux systèmes, soit la mémoire déclarative (i.e. explicite), dont le contenu peut être disponible à la conscience, ainsi que la mémoire non-déclarative (i.e. implicite), qui peut être réactivée de façon non-consciente et automatique (Squire & Knowlton, 2000). Alors que la mémoire non-déclarative permet l'apprentissage implicite de diverses habiletés procédurales, perceptives, motrices et cognitives, la mémoire déclarative se divise en deux sous-systèmes mnésiques, soit la mémoire sémantique et la mémoire épisodique (Tulving, 1972; 1995). La mémoire sémantique réfère à la compréhension et l'utilisation du langage, ainsi que les différents concepts y étant rattachés. Il s'agit également de la mémoire contenant les connaissances générales sur le monde et sur soi-même (Tulving, 1972). La conscience noétique caractérise ce type de mémoire. La mémoire épisodique fait référence à la mémoire des faits et des événements, situés dans leur contexte spatio-temporel (Tulving, 1983). Celle-ci se caractérise par le fait qu'elle permet le souvenir conscient d'une expérience antérieure, dans son contexte spatio-temporel (i.e. quoi, où, comment) qui est différent du moment présent, ce qui correspond à

la conscience autoéotique (Tulving, 1993). Il s'agit de la seule forme de mémoire qui, lors du rappel, est orientée vers le passé, renvoyant à la notion de souvenir (Tulving, 2002). La mémoire épisodique comprend trois étapes : (a) l'encodage, qui consiste en l'extraction des aspects d'un stimulus pour former la base de la mise en mémoire sous forme de représentations mentales, en plus d'être le processus qui transforme un événement ou un fait en une trace mnésique, (b) le stockage (i.e. consolidation), qui permet l'emmagasinage des informations et l'apprentissage, (c) la récupération, qui est le processus de rappel des informations emmagasinées en souvenirs épisodiques.

En 1995, Tulving propose le modèle Sériel Parallèle Indépendant (SPI; Tulving, 1995) afin de rendre compte de l'étroite interaction entre les différents systèmes mnésiques (Figure 1). Celui-ci est encore aujourd'hui le modèle qui prévaut en neuropsychologie, du fait qu'il explique le caractère dynamique de la mémoire humaine basée sur l'interaction entre différents systèmes (Rauchs, Desgranges, Foret & Eustache, 2005). Ce modèle s'attarde aux interactions entre les différents systèmes de mémoire, soit cinq systèmes. Un système d'action (mémoire procédurale) est présent, ainsi que quatre systèmes de représentation (i.e. système de représentation perceptive, mémoire sémantique, mémoire de travail et mémoire épisodique). Selon le modèle SPI (Tulving, 1995), l'encodage serait réalisé de façon sérielle, c'est-à-dire que l'encodage à l'intérieur d'un système dépend de la qualité de l'encodage du système inférieur. Il veut donc dire que pour que l'encodage en mémoire épisodique soit fait, il faut que l'encodage du système qui le précède (i.e. mémoire sémantique) soit réussi. Le stockage (consolidation) de l'information se ferait ainsi de façon parallèle dans les systèmes mnésiques. En d'autres mots, les différentes mémoires du système de représentation peuvent stocker l'information de façon simultanée. Finalement, la récupération des informations stockées dans l'un ou l'autre des systèmes est

indépendante des autres systèmes, peu importe l'intégrité des autres composantes du modèle. Ainsi, une atteinte à la mémoire de travail ne pourrait empêcher le rappel des informations contenues en mémoire épisodique. Il faut toutefois noter que la mémoire procédurale, étant un système d'action, n'est pas prise en considération pour l'encodage sériel (Lechevalier, Eustache & Viader, 2008). Toujours selon le modèle SPI (Tulving, 1995), la mémoire épisodique est très fortement liée à la mémoire sémantique (Tulving, 2002). En effet, lors de l'encodage, les attributs des informations en mémoire épisodique activeraient des représentations en mémoire sémantique, renforçant l'encodage épisodique. Donc, pour qu'une trace mnésique soit riche et élaborée en mémoire épisodique, des représentations en mémoire sémantique doivent être activées, offrant une organisation sémantique. De ce fait, des stratégies d'encodage peuvent être initiées afin de favoriser un encodage efficace en mémoire épisodique.

Figure 1. Modèle Sériel Parallèle Indépendant (SPI)



1.2 Stratégies d'encodage en mémoire épisodique

L'efficacité mnésique peut être améliorée par la mise en place de stratégies lors de l'encodage. Plus spécifiquement, deux stratégies mnésiques semblent particulièrement efficaces lors de l'encodage épisodique, à savoir les stratégies d'élaboration verbale et d'organisation sémantique.

Les stratégies d'élaboration verbale impliquent l'association de l'information à mémoriser avec d'autres informations significatives présentes en mémoire sémantique ainsi qu'avec le contexte d'encodage (Craik & Tulving, 1975). Cette élaboration faciliterait la récupération. En effet, le contexte d'encodage, lorsque utilisé comme indice, rejoint la structure sémantique afin de reconstruire l'encodage initial. Plus l'élaboration est grande durant l'encodage, plus riche sera la trace mnésique, facilitant ainsi le rappel. Le niveau de rétention dépend donc du degré d'élaboration de la trace mnésique. La richesse sémantique du contexte d'encodage fera également en sorte que le matériel soit mieux rappelé (Craik & Tulving, 1975). Craik et Tulving (1975) ont démontré ce procédé lors de tâches de mémorisation de mots. Des questions sur la nature sémantique (e.g. TRUITE – Ce mot représente-t-il un poisson?) étaient posées, ce qui améliorait le rappel subséquent des mots. Qui plus est, plus le matériel à encoder est familier à l'individu, plus il sera compatible avec les structures sémantiques existantes. Un temps de traitement plus long sera donc requis pour du matériel moins familier, ce qui peut affecter la qualité de l'encodage (Craik & Lockhart, 1972).

Selon la théorie des niveaux de traitement de Craik et Lockhart (1972), plus le traitement effectué sur les items est profond (e.g. traitement sémantique d'un mot à mémoriser), meilleur sera le maintien en mémoire à long terme, comparativement à un traitement superficiel (e.g. traitement des attributs perceptifs d'un mot à retenir).

Indirectement, la stratégie d'organisation sémantique relève de cette théorie. La mise en place de stratégies d'organisation sémantique permet le regroupement d'items en de plus grandes unités, habituellement basées sur la signification de la relation sémantique entre ces items (Tulving, 1962; 1968). La similarité des items, telle que définie par l'individu (i.e. variabilité individuelle pour les relations sémantiques), fera en sorte qu'ils soient mieux récupérés ou non. En effet, les items similaires ont tendance à être rappelés ensemble. Cette stratégie permet d'en arriver à une trace mnésique plus élaborée, favorisant la rétention (Caramazza & Mahon, 2006; Crutch & Warrington, 2007; Tulving, 1962; 1968).

1.3 La récupération en mémoire épisodique

La récupération en mémoire épisodique permet l'accès à la trace mnésique. Le processus de récupération repose sur la mise en relation des indices ou du contexte d'encodage, avec les items encodés (Tulving, 1983). Selon Tulving et Thomson (1973), l'accès à une trace mnésique serait dépendant de la réinstallation, lors de la phase de rappel, des mêmes opérations que celles de l'encodage, faisant référence au principe de spécificité du traitement. Les trois paradigmes de rappel généralement utilisés pour mesurer la capacité de rétention en mémoire épisodique sont le rappel libre, le rappel indicé et la reconnaissance.

Le *rappel libre* correspond à l'évocation des items ayant été encodés (e.g. liste de mots), et ce, sans aucun indice (Tulving, 1983). Ce type de rappel nécessite l'auto-initiation de stratégies de récupération, en raison de l'absence d'indiciage. Le rappel libre sollicite donc les processus exécutifs (Craik, 1983). Tulving (1983) distingue deux raisons majeures expliquant l'oubli en mémoire épisodique. Tout d'abord, il serait possible que la trace mnésique du matériel à récupérer ne soit plus présente. Ensuite, la trace en mémoire, bien que toujours présente, ne pourrait tout simplement pas être accessible. Le *rappel indicé*

peut donc remédier au manque d'accessibilité à la trace, en fournissant un indice qui était présent lors de la phase d'encodage (Tulving, 1983). La *reconnaissance* correspond à l'identification des items-cibles parmi une liste comprenant des distracteurs. Ce type de récupération fournit donc un grand support environnemental, puisque tous les items à rappeler sont présentés. La personne doit alors décider si l'item fait partie de ceux qu'elle devait encoder ou non (Tulving, 1983). La reconnaissance ne requiert donc que très peu les processus exécutifs, en raison de ce support environnemental (Craik, 1983).

Comme la mémoire est étudiée dans une approche multi-systémique, il importe également de considérer que celle-ci est fortement liée et influencée par l'attention. La prochaine section s'attardera aux processus attentionnels.

1.4 Rôle de l'attention en encodage et en récupération

Avant d'aborder le rôle des processus attentionnels en encodage et en récupération, un survol des différents types d'attention est proposé.

1.4.1 Les processus attentionnels

L'attention peut se caractériser comme étant la faculté de diriger et de sélectionner, de façon perceptive, une source particulière de stimulation dans l'environnement (Van Zomeren & Brouwer, 1994), afin que celle-ci accède à la conscience. Selon le modèle de Van Zomeren et Brouwer (1994), la sélectivité et l'intensité sont deux aspects centraux de l'attention. L'intensité réfère tout d'abord à l'état d'éveil ou d'alerte d'un individu. Cette composante se distingue par l'alerte tonique et phasique, qui sont respectivement l'éveil cortical et involontaire de l'organisme, ainsi que la préparation de l'organisme à réagir rapidement à une stimulation. L'intensité se définit par l'attention soutenue et la vigilance correspondant respectivement au déploiement de l'attention afin d'effectuer un traitement actif et ininterrompu d'une information ou d'un événement, ainsi que la capacité de réagir à

des signaux qui apparaissent rarement ou à intervalles variables. La sélectivité fait référence à l'attention sélective et l'attention divisée. Kramer et Madden (2007) définissent l'attention sélective par l'habileté à focuser sur l'information pertinente à l'organisme, tout en inhibant l'information qui ne l'est pas. Il importe de spécifier qu'il s'agit d'un processus dynamique, donc, une information pertinente peut rapidement devenir impertinente en fonction des tâches à effectuer et de leur contexte. L'attention divisée se veut quant à elle la capacité de traiter simultanément l'information provenant de différentes sources ou modalités. Il peut également s'agir d'effectuer différentes tâches au même moment (Kramer & Madden, 2007).

L'attention sélective et l'attention divisée sont influencées par deux types de processus. Le processus de traitement *top-down* (i.e. dirigé vers un but) se définit comme étant la capacité de sélectionner et de traiter intentionnellement des informations de l'environnement (Kramer & Madden, 2007). Cette forme de contrôle attentionnel dépend des attentes de l'individu à propos d'un évènement susceptible de se produire, de ses connaissances et de ses expériences, ainsi que de son habileté à développer et à maintenir un niveau attentionnel. Ainsi, la réalisation de tâches en attention divisée implique un traitement *top-down*, en raison de l'allocation attentionnelle entre plusieurs tâches. Inversement, le processus de traitement *bottom-up* (i.e. dirigé par un stimulus) est présent lorsque certaines caractéristiques environnementales captent l'attention d'un individu, indépendamment de ses intentions, attentes et expériences (Kramer & Madden, 2007). Le focus attentionnel se veut bien souvent le résultat de l'interaction de ces deux processus de traitement, soit par la coopération ou par la compétition de ceux-ci (Wolfe, 1994).

1.4.2 Processus attentionnel en encodage et en récupération et effet de l'attention divisée en mémoire épisodique

L'efficacité de l'encodage en mémoire épisodique dépend du niveau de ressources attentionnelles disponibles (Naveh-Benjamin, Guez & Marom, 2003), ainsi que de l'effort soutenu qui est déployé (Brown & Craik, 2000). L'allocation des ressources attentionnelles lors de l'encodage serait sous le contrôle conscient de l'individu, grâce au système de contrôle exécutif (Guez & Naveh-Benjamin, 2006; Naveh-Benjamin et al., 2003).

La récupération épisodique demande également un certain niveau de ressources attentionnelles, mais exigerait moins de contrôle attentionnel que l'encodage (Anderson, Craik & Naveh-Benjamin, 1998). En effet, le mode de rappel utilisé fera en sorte que les ressources attentionnelles soient plus ou moins sollicitées, selon le support environnemental présent lors de la récupération. Le rappel libre exige davantage de ressources que le rappel indicé et la reconnaissance, lesquels fournissent un support environnemental plus élevé que le rappel libre, diminuant ainsi la nécessité d'engager des stratégies de récupération (Naveh-Benjamin & Guez, 2000).

La disponibilité des ressources attentionnelles en mémoire épisodique peut être investiguée par des tâches mnésiques réalisées en condition d'attention divisée (e.g. Anderson et al, 1998; Blanchet, Paradis-Giroux, Pépin & McKerral, 2009; Craik, Govoni, Naveh-Benjamin & Anderson, 1996; Mangels, Craik, Levine, Schwartz & Stuss, 2002; Naveh-Benjamin et al., 2003). La division de l'attention lors de l'encodage affecte négativement les performances de rappel. En effet, l'attention divisée interfère avec la mémorisation de l'information, limitant la quantité d'attention disponible pour le processus d'encodage. Dans une situation de double-tâche, le système de contrôle exécutif permet de coordonner l'allocation des ressources attentionnelles entre les deux tâches (Anderson et al., 1998; Craik et al., 1996). Ainsi, l'encodage en attention divisée n'est pas seulement

fonction de la quantité de ressources attentionnelles disponible, mais aussi de l'habileté à distribuer ces ressources de façon efficace, afin d'atteindre un but (i.e. processus de traitement *top-down*) (Mangels et al., 2002).

Plusieurs chercheurs se sont intéressés aux effets de l'attention divisée sur les processus d'encodage et de récupération en mémoire épisodique. Jusqu'à maintenant, la littérature démontre que la réalisation simultanée d'une tâche mnésique et d'une tâche secondaire lors de l'encodage diminue les performances mnésiques (e.g. Baddeley, Lewis, Eldridge, & Thomson, 1984; Craik et al., 1996; Craik, Naveh-Benjamin, Ishaik, & Anderson, 2000; Naveh-Benjamin, Craik, Guez, & Dori, 1998; Naveh-Benjamin et al., 2003). En effet, la réalisation d'une tâche secondaire pendant l'encodage aurait un effet négatif sur les performances de rappel subséquentes. Selon Naveh-Benjamin et al. (2003), le rappel libre est plus affecté que le rappel indicé et la reconnaissance, lorsque l'encodage a eu lieu en attention divisé comparé à un encodage réalisé en attention pleine où juste une source d'information est traitée. Ceci s'expliquerait par le fait que la double-tâche provoquerait une diminution des ressources attentionnelles en encodage, ne permettant pas l'élaboration d'une trace mnésique riche.

Naveh-Benjamin et al. (2003) indiquent que le processus d'encodage requiert une certaine charge attentionnelle, et que l'allocation de celle-ci durant l'encodage serait sous le contrôle conscient de l'individu. L'attention divisée limite la quantité de ressources disponible lors de l'encodage, rendant ainsi plus difficile la mise en place de stratégies d'encodage efficaces, processus réalisé par le système de contrôle exécutif. La nature de l'encodage peut donc sembler être modifiée par une situation d'attention divisée (Naveh-Benjamin et al., 2000). En effet, selon Naveh-Benjamin et ses collaborateurs (2003),

l'encodage en attention divisée diminuerait le niveau d'élaboration sémantique, affectant la qualité de l'encodage.

1.5 Processus de contrôle exécutif et son rôle en encodage et en récupération

Le processus de contrôle exécutif correspond à la composante exécutive responsable de la coordination des comportements dirigés vers un but (e.g. Baddeley & Hitch, 1974; Braver, Gray & Burgess, 2007; Jacoby, Bishara, Hessels & Toth, 2005), qui permet de surveiller et d'ajuster les performances au besoin (Logan, 2003). La capacité d'accorder, de diriger son attention, ainsi que de coordonner l'exécution simultanée de deux tâches réfèrent donc au processus de contrôle exécutif (Craik et al., 1996).

La mémoire de travail serait l'une des composantes principales sous-jacentes au processus de contrôle exécutif (Baddeley, Chincotta & Adlam, 2001; Baddeley, Hitch & Allen, 2009; McCabe, Roediger, McDaniel, Balota & Hambrick, 2010). En effet, selon ces auteurs, la mémoire de travail serait impliquée dans les habiletés cognitives supérieures et le fonctionnement exécutif. De plus, la mémoire de travail serait nécessaire à la mémoire épisodique. Elle servirait au maintien actif du but de la tâche pendant son exécution, ainsi qu'à la résolution de problèmes découlant de l'interférence entre deux tâches concurrentes (McCabe et al., 2010), par exemple, lors d'un encodage en attention divisée.

Les processus d'encodage et de récupération sont également dépendants du système de contrôle exécutif. Tel que mentionné précédemment, durant la phase d'apprentissage, le processus de contrôle exécutif modulerait l'allocation des ressources attentionnelles déployées à la tâche, tout en inhibant les distracteurs présents dans le contexte d'encodage (Blanchet et al., 2009; Craik et al., 1996). Ainsi, lorsque l'encodage doit être réalisé en situation d'attention divisée, le système de contrôle exécutif permet l'allocation attentionnelle aux différentes tâches (e.g. Guez & Naveh-Benjamin, 2006; Naveh-Benjamin

et a., 2003). Une forte corrélation a également été observée entre les résultats à une tâche de fonctionnement exécutif et les résultats à une tâche de mémoire épisodique (Diesfeldt, 2006), démontrant l'interdépendance de ces deux fonctions cognitives.

Lors de la récupération, l'implication du système de contrôle exécutif dépendrait du mode de rappel utilisé. En effet, plus le mode de rappel fournit un support environnemental (i.e. rappel indicé et reconnaissance), moins le système de contrôle exécutif interviendrait. Inversement, lors d'un rappel libre, ce même processus serait sollicité, car l'individu doit auto-initier des stratégies de récupération (Craik et al., 1996).

Le précédent chapitre permet donc de constater que la mémoire épisodique comprend plusieurs processus complexes, sous-tendus par des opérations cognitives relevant d'autres systèmes cognitifs que la mémoire épisodique. Le chapitre suivant mettra en lumière les effets du vieillissement normal sur les fonctions cognitives, dont la mémoire épisodique.

CHAPITRE 2. EFFET DE L'ÂGE SUR LES FONCTIONS COGNITIVES

Le vieillissement normal est associé à plusieurs changements cognitifs. Dans les prochaines sections, il sera question de l'impact du vieillissement sur la mémoire épisodique. Les principales théories expliquant le déclin cognitif seront présentées, ainsi que les effets de l'attention divisée sur les performances mnésiques chez la personne âgée. L'impact de l'âge sur les stratégies d'encodage et de récupération, ainsi que sur l'attention et le système de contrôle exécutif seront aussi abordés.

2.1 Effet de l'âge sur la mémoire épisodique

La mémoire épisodique est particulièrement vulnérable aux effets de l'âge. Selon Luo et Craik (2008) les différences associées à l'âge présenteraient une variation en fonction du type de tâche à effectuer, du type d'informations présenté et des processus impliqués. Le rappel libre, l'apprentissage associatif et la mémoire de source, représentant l'ensemble des processus cognitifs impliqués dans la reconnaissance de l'origine d'une information, seraient particulièrement vulnérables aux effets du vieillissement normal. Martinelli et Piolino (2009) font mention de déficits de récupération au rappel libre, des souvenirs en mémoire épisodique lors du vieillissement normal. Lorsqu'un grand support environnemental est fourni aux personnes âgées, telle qu'une tâche de reconnaissance, peu de déficits sont présents, contrairement au rappel indicé et libre (Luo & Craik, 2008). L'encodage serait également affecté par le vieillissement, résultant en une trace mnésique plus faible. Cependant, tout comme le rappel, la mise en place d'un support environnemental optimiserait les performances mnésiques (Luo & Craik, 2008). Nilsson (2003), lors d'une étude transversale, a rapporté une diminution drastique des performances en mémoire épisodique avec l'âge, lorsque celles-ci sont évaluées à l'aide de matériel verbal et visuo-spatial. Ce même auteur met également en lumière des différences de genre

considérables. En effet, jusqu'à l'âge de 70 ans, les femmes présenteraient de meilleures performances que les hommes aux tâches évaluant la mémoire épisodique. Cette différence semble cependant diminuer au-delà de cet âge.

Certains auteurs ont tenté d'expliquer le déclin cognitif normal par différentes théories. Les principales théories seront expliquées dans la prochaine section de ce chapitre.

2.2 Théories expliquant les effets de l'âge sur la cognition

Dennis et Cabeza (2007) font mention des cinq théories les plus répandues pouvant expliquer les effets du vieillissement sur la cognition, y compris sur la mémoire épisodique.

Tout d'abord, la *théorie de la diminution des ressources attentionnelles* (Craik, 1986; Craik et Byrd, 1982; Hasher & Zacks, 1979), propose que le déclin mnésique lié à l'âge serait associé à une réduction des ressources attentionnelles lors du vieillissement (Craik & McDowd, 1987; Luo & Craik, 2008). Ceci affecterait les processus d'encodage et de récupération en mémoire qui sont les plus coûteuses en ressources attentionnelles. Ce phénomène est mis en évidence lors de tâches mnésiques réalisées en situation d'attention divisée. En effet, la réussite d'une tâche mnésique en attention divisée dépend de la quantité de ressources attentionnelles disponible, ainsi que de l'habileté à les distribuer de façon efficace entre les tâches (Anderson, 1999). De plus, cette théorie suggère que l'utilisation d'un support environnemental, telle qu'une tâche de reconnaissance (Janowsky, Carper & Kaye, 1996), permet d'améliorer les performances comparativement à des tâches de rappel libre et indicé (Craik & McDowd, 1987; Davis et al., 2003), car ce support réduit la demande de ressources attentionnelles. En raison de la diminution de ces ressources, les personnes âgées seraient moins aptes à mettre en œuvre des stratégies mnésiques, ce qui requiert un effort substantiel, associées à de bonnes performances en mémoire épisodique

(Luo & Craik, 2008). Cette théorie est fortement associée à *l'hypothèse du support environnemental* de Craik (1986), selon laquelle la présence d'un support environnemental lors de l'encodage (e.g. manipulation de liens sémantiques) ou de la récupération (e.g. indexage sémantique/catégorielle) permettrait de restreindre les différences de performances de rappel entre les personnes âgées et les jeunes adultes.

La théorie du *déficit sensoriel* (Lindenberger & Baltes, 1994) propose que le déclin cognitif observé lors du vieillissement proviendrait d'un déficit du traitement sensoriel. En effet, selon ces auteurs, les problèmes sensoriels (e.g. vision, audition) observés lors du vieillissement seraient en corrélation avec les troubles cognitifs. Ceci s'expliquerait par le fait que les stimuli seraient moins bien perçus et que les traitements plus tardifs de l'information, comme ceux impliqués en mémoire épisodique ou dans les processus exécutifs, en seraient ainsi affectés. Bien qu'intéressante, cette théorie ne permet pas d'expliquer le déclin cognitif normal lorsque le traitement sensoriel est facilité (e.g. taille, intensité, saillance des stimuli des tâches). Ainsi, d'autres études seraient nécessaires pour vérifier l'ampleur des pertes sensorielles et l'impact sur les processus cognitifs.

La *théorie du ralentissement du traitement de l'information* (Salthouse, 1996) propose que les déficits cognitifs présents chez les personnes âgées proviennent d'une réduction générale de la vitesse des processus cognitifs. Selon cette théorie, une faible vitesse de traitement affecterait les performances cognitives en raison de deux facteurs. Tout d'abord, le temps requis afin d'effectuer un traitement cognitif précoce réduit le temps qui sera nécessaire au traitement plus tardif. Ensuite, le résultat du traitement cognitif précoce se perd en raison du temps requis par le traitement cognitif subséquent (i.e. traitement tardif). Selon Salthouse (1996), ce ralentissement pourrait provenir d'une perte au niveau de la myéline, de cellules qui dictent les circuits neuronaux ou bien provenir de

modifications dans le fonctionnement de la neurotransmission. Bien qu'intéressante, cette théorie ne permet pas d'expliquer certains changements cognitifs liés à l'âge. Par exemple, le ralentissement de la vitesse de traitement ne peut expliquer pourquoi la mémoire épisodique des personnes âgées est plus faible que celle de jeunes adultes, malgré une répétition de l'information à mémoriser. En effet, des différences de performance entre les jeunes et les âgées s'observent même en fournissant des meilleures conditions aux personnes âgées pour contrer le ralentissement (e.g. ne pas imposer de contrainte temporelle). Ce phénomène pourrait davantage s'expliquer par une diminution des ressources attentionnelles qui limite la vitesse de traitement de l'information, plutôt que par une unique diminution de cette vitesse sous-jacente au vieillissement normal.

La *théorie du déficit de l'inhibition* (Hasher & Zacks, 1988) stipule que les déficits cognitifs lors du vieillissement sont causés par un déclin du contrôle de l'inhibition en mémoire de travail. Plus précisément, en raison de l'échec du contrôle de l'inhibition, du matériel non pertinent entre en mémoire de travail, causant de l'interférence et affectant l'encodage et le rappel d'informations épisodiques. La mémoire de travail étant dépendante des ressources attentionnelles, il serait pertinent de vérifier ce qui cause le déclin du déficit de l'inhibition. En effet, il est possible que la diminution des ressources attentionnelles soit responsable de ce déficit.

La *théorie du déficit de remémoration* est spécifique à la mémoire épisodique. Le vieillissement normal affecterait la remémoration d'évènements passés alors que la familiarité serait quant à elle relativement préservée (Dennis & Cabeza, 2007; Yonelinas, 2002), expliquant les difficultés en mémoire épisodique lors du vieillissement. Cette théorie semble se démontrer à l'aide d'un paradigme *remember/know* (e.g. Bastin & Van der Linden, 2003). Un paradigme *remember/know*, mis au point par Gardiner, Ramponi et

Richardson-Klavehn (1998) en situation de reconnaissance, invite le sujet à indiquer s'il se remémore le contexte d'apprentissage (*remember*) ou si le mot reconnu lui semble juste familier sans être capable de se rappeler le contexte d'acquisition (*know*).

Naveh-Benjamin (2000) propose une autre théorie pouvant expliquer de façon spécifique l'effet du vieillissement sur la mémoire épisodique. Il s'agit de l'*hypothèse du déficit associatif*. Selon cette hypothèse, la déficience en mémoire épisodique proviendrait de la relative incapacité des personnes âgées à former et à récupérer des liens entre des unités d'informations. Ces unités pourraient être, par exemple, deux items à mémoriser ensemble, un item et son contexte ou deux éléments contextuels. Ainsi, il serait difficile, lors du vieillissement, de faire un lien sémantique entre deux mots à mémoriser. Ce déficit présent chez la personne âgée expliquerait les difficultés d'encodage, et aussi de récupération. Cette théorie spécifique à la mémoire épisodique relève en partie du fonctionnement exécutif, en raison de la nécessité d'engager une stratégie d'encodage. Cette perspective rejoint également la théorie de la diminution des ressources attentionnelles. En effet, une diminution attentionnelle limiterait les processus nécessaires au déploiement de stratégies d'encodage et de récupération.

2.3 Effet de l'attention divisée sur la mémoire épisodique chez la personne âgée

Plusieurs études se sont spécifiquement attardées aux effets de l'attention divisée sur la mémoire épisodique chez des personnes âgées. Dans cette section, il sera question des effets de l'attention divisée lors de l'encodage. Par la suite, la théorie de la diminution des ressources attentionnelles sera utilisée dans l'explication des effets observés. Le type de tâche secondaire utilisé en attention divisée sera aussi abordé.

Les résultats des recherches s'étant attardés aux effets de l'âge lors de l'encodage en attention divisée sont quelque peu mitigées (e.g. Logie, Sala, MacPherson & Cooper, 2007; Naveh-Benjamin, Craik, Guez & Kreuger, 2005). En effet, certains auteurs suggèrent que l'encodage en situation d'attention divisée affecterait davantage les personnes âgées que les jeunes (Anderson et al., 1998; Blanchet, Bellevielle & Peretz, 2006; Craik & McDowd, 1987; Park, Smith, Dudley, & Lafronza, 1989; Whiting, 2003). Par contre, d'autres chercheurs ont rapporté que les personnes âgées seraient affectées de la même façon que les jeunes adultes par la présence d'une tâche secondaire lors de l'encodage (e.g. Fernandes, Craik, Bialystok, & Kreuger, 2007; Light & Prull, 1995; Naveh-Benjamin et al., 2005; Nyberg, Nilsson, Olofsson, & Bäckman, 1997; Park, Puglisi, & Smith, 1986; Park, Puglisi, Smith & Dudley, 1987; Schmitter-Edmecombe & Woo, 2007).

Park et al. (1987) rapportent que les personnes âgées ont des performances de rappel libre plus faibles que les jeunes adultes lors d'une tâche d'encodage de mots en attention pleine, reflétant la diminution de l'efficacité de la mémoire épisodique lors du vieillissement. Cependant, cette différence serait d'autant plus grande lorsque l'encodage est réalisé en situation d'attention divisée. En ce sens, Logie et al. (2007) ont utilisé une tâche d'apprentissage de séquences de chiffres (entendus oralement), simultanément à une tâche mesurant le temps de réaction lors de l'apparition d'un stimulus visuel. Ces chercheurs ont observé une différence significative entre les jeunes adultes et les personnes âgées au rappel libre. Bien que ce type d'encodage puisse reposer sur la mémoire de travail verbale, en raison de l'utilisation de séquences de chiffres qui rend le recours à des stratégies d'encodage sémantiques inutile, il semblerait que l'attention divisée affecte les processus mnésiques lors du vieillissement.

Ces derniers résultats peuvent s'expliquer par la *théorie de la diminution des ressources attentionnelles*, car la réussite d'une tâche mnésique en attention divisée dépend non seulement de la quantité de ressources attentionnelles disponibles, mais de la capacité à les distribuer afin d'accomplir efficacement la tâche (Anderson, 1999). Lors d'un encodage en attention divisée, les deux tâches à effectuer sont en relative compétition pour les ressources attentionnelles. De plus, si la réalisation de la tâche secondaire chez les personnes âgées était plus affectée que chez les jeunes adultes (e.g., Anderson et al., 1998; Fernandes et al., 2007; Naveh-Benjamin et al., 2005), cela suggérerait un besoin plus grand de ressources attentionnelles chez les personnes âgées. De ce fait, il semble que lorsque deux tâches sollicitent les ressources attentionnelles, la tâche mnésique serait privilégiée au détriment de la tâche secondaire (e.g. Anderson, 1999; Anderson et al., 1998; Fernandes et al., 2007; Naveh-Benjamin et al., 2005).

Selon Anderson et al. (1998) les performances de personnes âgées en situation d'encodage en attention divisée seraient affectées par la diminution des ressources attentionnelles, en plus de l'incapacité à distribuer efficacement ces ressources, suggérant une moindre efficacité du système de contrôle exécutif. D'après ces auteurs, l'encodage est affecté par la présence d'une tâche secondaire et l'impact en serait le même chez les jeunes adultes et les personnes âgées. Toutefois, ces auteurs affirment que la réalisation de la tâche secondaire est davantage perturbée chez les personnes âgées que les jeunes adultes, suggérant un besoin plus grand de ressources attentionnelles, en raison de la réduction des ressources attentionnelles associée au vieillissement. Ces auteurs ont également observé que l'application de stratégies d'encodage (e.g. recours à l'imagerie mentale, histoire avec le matériel à encoder) s'avère utile pour les personnes âgées, mais qu'elles n'initient pas ces techniques par elles-mêmes. Étant donnée la faible capacité d'application de stratégies

d'encodage, la diminution des performances mnésiques ne pourrait simplement s'expliquer par la *théorie de la diminution des ressources attentionnelles*, mais découlerait plutôt de la difficulté à distribuer efficacement les ressources attentionnelles. Ainsi, le système de contrôle exécutif serait aussi déficitaire, de par l'incapacité à bien distribuer les ressources.

La qualité de l'encodage en mémoire épisodique serait aussi influencée par la consigne fournie au participant. Si une plus grande attention est portée à la tâche secondaire, la qualité de l'encodage en mémoire épisodique serait davantage altérée. Cependant, si l'emphase est portée sur la tâche de mémoire, l'impact de l'attention divisée sera plus grande sur la tâche secondaire (Craik et al., 1996; Naveh-Benjamin et al., 2000). Selon Naveh-Benjamin et al. (2000). Pour que le paradigme soit bien réussi en attention divisée, il s'avère essentiel de demander aux participants de diviser leur attention de manière équivalente entre les deux tâches à effectuer. Ainsi, lorsque la consigne fournie aux participants était de porter leur attention de façon égalitaire entre les deux tâches, un moindre coût était imputé aux performances des deux tâches. Ces résultats supportent l'enjeu de compétition pour les ressources attentionnelles et la diminution de ces ressources lors du vieillissement.

Le type de tâche secondaire effectué en encodage épisodique a aussi des répercussions sur la charge attentionnelle allouée à l'encodage. En effet, lorsque la tâche secondaire lors de l'encodage est très exigeante, requérant à la fois un traitement conceptuel et impliquant une prise de décision ou une implication du système de contrôle exécutif, une diminution des performances mnésiques est alors observée (Macht & Bushke, 1983; Naveh-Benjamin et al., 2000). Toutefois, si cette même tâche ne requiert qu'un traitement visuo-moteur (e.g. tâche de poursuite visuel), ou une tâche de réaction simple (e.g. appuyer sur une touche lors de l'apparition d'une cible), le processus d'encodage des personnes

âgées ne serait pas davantage perturbé que celui des jeunes adultes (Macht & Bushke, 1983; Naveh-Benjamin et al., 2000; Naveh-Benjamin et al., 2005).

L'étude de Macht et Bushke (1983) a démontré qu'une tâche de réaction simple (i.e. appuyer sur une touche lorsqu'une lumière s'allume) durant un rappel libre de mots n'affectait que très peu les performances, et ce, autant chez des jeunes adultes que chez des personnes âgées. Bien que cette étude n'apporte pas d'éclaircissement quant aux effets de l'attention divisée en encodage, il a toutefois été remarqué que le temps de réaction à la tâche secondaire des personnes âgées était plus long que les jeunes adultes, supportant le fait que le processus de récupération semble plus difficile chez les personnes âgées. Craik et McDowd (1987), en utilisant une tâche secondaire plus complexe (i.e. identification de consonnes et de nombres impairs) lors de tâches de rappel indicé et de reconnaissance, ont rapporté que les performances à la tâche secondaire étaient plus faibles lorsque réalisées simultanément au rappel indicé. Ceci s'expliquerait par le fait que le rappel indicé exige davantage de ressources attentionnelles que la reconnaissance. Ultiment, ces deux études démontrent que les personnes âgées semblent désavantagées lors de la récupération et qu'elles sont particulièrement sensibles à la tâche distractive lors de ce rappel (Park et al., 1989).

2.4 Effet de l'âge sur les stratégies d'encodage

Certaines études ont démontré que l'enrichissement d'une trace mnésique pendant l'encodage dépend de la quantité d'élaborations réalisée avec la mémoire sémantique (Craik, 2002; Friedman, Nessler & Johnson, 2007). Ainsi, l'utilisation d'attributs sémantiques engendrerait une meilleure reconnaissance, comparativement à l'absence de stratégies sémantiques (Craik & Lockhart, 1972). Chez les personnes âgées, en l'absence de

stratégies spécifiques d'encodage, une certaine difficulté à auto-initier des stratégies sémantiques est observée (Hashtroudi, Parker, Luis & Reisen, 1989), pouvant contribuer aux problèmes en mémoire épisodique lors du vieillissement normal. En ce sens, Friedman et al. (2007) mentionnent que contrairement aux jeunes adultes, les personnes âgées utiliseraient moins de stratégies d'encodage épisodique, résultant ainsi en une trace mnésique moins riche qui expliquerait les faibles performances de rappel. Cette difficulté à auto-initier ces stratégies pourrait provenir d'un déclin des fonctions exécutives (Braver & West, 2007), ou de changements plus subtils dans la structure des connaissances sémantiques des personnes âgées (Jacobs, Rakitin, Zubin, Ventura & Stern, 2001; Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura & Stern, 2000). Ainsi, lors du vieillissement, les gens auraient moins recours aux stratégies d'élaboration verbale et de catégorisation sémantique (Jacobs et al., 2001; Yonelinas, 2002).

2.5 Effet de l'âge sur la récupération en mémoire épisodique

Les performances mnésiques dépendraient du niveau d'effort et des stratégies requises lors du rappel (i.e. rappel libre, rappel indicé et reconnaissance). Les personnes âgées obtiennent des résultats plus faibles que les jeunes adultes pour les modes de rappel demandant un niveau stratégique élevé et n'offrant pas de support environnemental, tel que le rappel libre (Craik, 2002). La diminution des ressources attentionnelles durant le vieillissement normal rendrait plus difficile la mise en place d'opérations cognitives telles que l'organisation du matériel pendant l'encodage, ainsi que la génération d'indices pouvant améliorer la récupération (Craik, 1983; 1986). Les performances des personnes âgées se rapprocheraient de celles des jeunes adultes lorsqu'une stratégie d'encodage ou un indice sémantique leur est fourni lors du rappel (Bäckman & Larsson, 1992).

2.6 Effet de l'âge sur le système de contrôle exécutif

La mémoire de travail, qui comprend le système de contrôle exécutif, est affectée lors du vieillissement normal (Bopp & Verhaeghen, 2005). Ce déclin proviendrait d'une diminution du contrôle attentionnel et de l'inhibition, rendant la mémoire de travail plus sensible à l'interférence. Selon Hasher et Zacks (1988), l'inhibition aurait deux fonctions principales qui sont nécessaires au bon fonctionnement de la mémoire, soit prévenir l'entrée d'informations inutiles en mémoire de travail, ainsi que la suppression d'informations maintenant devenues inutiles. Les études s'intéressant au vieillissement cognitif démontrent généralement que les processus de contrôle exécutif seraient moins efficaces chez les personnes âgées. Lors du vieillissement normal, une diminution des performances est souvent observée lors de tâches nécessitant les fonctions exécutives, qui sont inter-reliées au système de contrôle exécutif, qui sélectionne, coordonne et contrôle les opérations de traitement. Ainsi, des fonctions exécutives telles que la planification, l'inhibition, l'alternance et la flexibilité mentale déclineraient lors du vieillissement normal (Brink & McDowd, 1999; Van Hooren et al., 2007). Selon Robbins et al. (1998), le déclin exécutif proviendrait de l'échec à implanter les stratégies nécessaires au déploiement des fonctions exécutives. De plus, ce déclin ne serait pas linéaire, mais présenterait une diminution plus abrupte après l'âge de 60 ans (Treitz, Heyder & Daum, 2007). Il importe de mentionner que l'incapacité à auto-initier des stratégies appropriées provoque d'importants effets néfastes sur les fonctions cognitives, notamment au niveau de la mémoire épisodique, en raison de la difficulté à implanter des stratégies d'encodage et de récupération.

2.7 Effet de l'âge sur l'attention

Certaines composantes de la sphère attentionnelle présenteraient un déclin lors du vieillissement normal, pouvant réduire la capacité des personnes âgées à fonctionner adéquatement lors des situations quotidiennes les plus complexes et exigeantes cognitivement (Drag & Bieliauskas, 2010). L'effet de l'âge selon les différents types d'attention sera abordé.

L'attention soutenue, considérée comme un processus attentionnel de base, serait relativement peu affectée par le vieillissement selon Berardi, Parasuraman et Haxby (2001). Cependant, le vieillissement normal provoquerait des changements au niveau du contrôle de l'inhibition, ce qui affecterait la capacité de porter son attention sur une source d'informations importantes, tout en inhibant des informations non pertinentes (Drag & Bieliauskas, 2010). En ce sens, l'attention sélective est généralement perçue comme étant sensible aux effets de l'âge (Mapstone, Dickerson & Duffy, 2008).

De plus, il est reconnu que l'attention divisée entraîne des effets négatifs sur le fonctionnement cognitif des jeunes adultes. Toutefois, les personnes âgées seraient particulièrement susceptibles aux effets de l'attention divisée, ce qui causerait une diminution significative de leurs performances, lors de tâches évaluant la mémoire à court terme, la mémoire associative et la reconnaissance en situation d'attention divisée (Castel & Craik, 2003; Naveh-Benjamin et al., 2003). L'effet serait plus prononcé avec la complexité de la tâche à effectuer. Selon Luo et Craik (2008), la réduction des ressources attentionnelles associée au vieillissement aurait comme effet de rendre plus difficile la réalisation de tâches cognitives exigeantes.

Les changements cognitifs observés lors du vieillissement normal proviennent de changements physiologiques au sein du cerveau. La prochaine section se veut un aperçu sommaire de ces changements.

2.8 Changements physiologiques liés à l'âge

Plusieurs changements physiologiques et structuraux sont observés au niveau cérébral au cours du vieillissement normal. Rathi et ses collaborateurs (2014) mentionnent que la technique d'imagerie par résonance magnétique structurale (sIRM) permet d'observer une perte de volume et un amincissement de la matière grise dans le vieillissement normal. Ces mesures seraient en corrélation avec une baisse de la performance lors de tâches exécutives chez les personnes âgées (e.g. Saki et al., 2012). De plus, Rathi et al. (2014) ont rapporté la présence d'une réduction de l'activité dans le lobe occipital et une augmentation de l'activité au niveau du lobe frontal par rapport à de jeunes adultes. Ce changement entre les régions antérieures et postérieures au cours du vieillissement est nommé le *Posterior-Anterior Shift in Aging* (modèle PASA; Davis et al., 2008) et correspond à un modèle du vieillissement cognitif. Avec le vieillissement normal, une augmentation de l'activation du cortex préfrontal et une baisse de l'activation du cortex occipital sont observées dans des tâches cognitives, et en particulier dans certaines tâches de mémoire épisodique, d'attention et de mémoire de travail. Ce recrutement plus prononcé du cortex préfrontal serait un indicateur de la tentative des personnes âgées de compenser leurs difficultés cognitives (Davis et al., 2008).

Les résultats de Rathi et al. (2014) rejoignent également le modèle *Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults* (HAROLD ; Cabeza, 2002). Ce modèle propose une réduction de l'asymétrie hémisphérique dans le cortex préfrontal pendant la réalisation de

tâches cognitives, notamment les tâches de mémoire épisodique et de mémoire de travail, par rapport aux sujets jeunes. Cette réduction de l'asymétrie, tout comme le PASA, s'expliquerait par une tentative de compensation des difficultés cognitives rencontrées par les adultes âgés.

D'un point de vue macroscopique, à partir de l'âge de 15 ans, le volume cérébral diminuerait de 2% par décennie. Plus précisément, la substance blanche perdrait en volume de manière plus marquée dans les régions associatives et limbique. Une importante perte neuronale serait présente au sein de l'hippocampe et de l'amygdale, affectant la mémoire; du lobe frontal, causant un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information, une baisse attentionnelle et des atteintes exécutives. La substance noire serait également affectée, affectant la composante motrice chez les personnes âgées. Le cortex visuel primaire (i.e. aire striée) subirait une importante perte neuronale également (e.g. Drag & Bieiauskas, 2010 ; Head, Rodrigue, Kennedy & Raz, 2008 ; Persson et al., 2006)

En plus des changements cérébraux et du déclin cognitif associé au vieillissement normal, il est important de mieux comprendre comment s'adapte le cerveau lorsque les personnes âgées subissent un TCCL, et comment le fonctionnement cognitif et la vie quotidienne en sont affectés.

CHAPITRE 3. LE TRAUMATISME CRANIO-CÉRÉBRAL

Environ un million et demi de personnes par année subissent, aux États-Unis, un TCC qui leur serait non fatal (Sosin, Sniezek & Thurman, 1996). Au Canada, 220 cas par 100 000 habitants sont répertoriés (Moscato, Trevisan & Willer, 1994). Seulement au Québec, selon la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ, 2001), jusqu'à 5 000 personnes seraient victimes d'un TCC annuellement. De ce nombre, 40% seraient causés par un accident de voiture, 30% par des chutes, 10% par un accident de travail, 5% par des agressions et 10% par des accidents domestiques, sportifs ou de loisirs. De plus, l'occurrence du TCC suit une distribution bimodale, le TCC étant plus fréquemment rencontré chez les jeunes adultes et les personnes âgées (Rapoport et al., 2003). Certains critères ont été identifiés afin de différencier le TCC selon la sévérité du traumatisme.

3.1 Classifications du traumatisme crânio-cérébral

Sous l'influence des travaux de l'International Task Force of Mild Traumatic Brain Injury (Carroll et al., 2004), trois niveaux de sévérité du TCC sont retenus. Il s'agit du TCC léger, modéré et grave.

Le TCC de sévérité légère (TCCL) se traduit par l'objectivation d'au moins un des éléments suivants : (a) une période de confusion/désorientation, (b) une perte de conscience inférieure à 30 minutes, (c) une amnésie post-traumatique de moins de 24 heures, (d) un résultat à l'échelle de coma de Glasgow entre 13 et 15 (dans les 30 minutes suivant l'arrivée à l'urgence) et (e) tout autre symptôme neurologique transitoire comme un signe neurologique localisé, une convulsion ou une lésion intracrânienne ne nécessitant pas une intervention chirurgicale. Ces manifestations ne doivent pas être dues à une intoxication à l'alcool, aux drogues ou à la médication. Elles ne doivent pas non plus être causées par

d'autres blessures ou leur traitement, ni résulter d'autres problèmes, ni être la conséquence d'un TCC de nature pénétrante (Carrol et al., 2004; Pépin, 2008). De plus, des anomalies cérébrales peuvent être présentes à l'examen tomodensitométrique ou à l'imagerie par résonance magnétique, sans qu'il y ait de lésion cérébrale pénétrante.

Quant au TCC modéré, un critère est requis parmi : (a) une altération de la conscience de 30 minutes à 6 heures, (b) un résultat à l'échelle de coma de Glasgow entre 9 et 12 (dans les 30 minutes suivant l'arrivée à l'urgence), (c) une imagerie cérébrale généralement positive, (d) un examen neurologique positif, et (e) une amnésie post-traumatique généralement entre 1 et 14 journées (Banville, Villemure & Nolin, 2008). Finalement, le diagnostic d'un TCC grave requiert la présence de symptômes plus sévères parmi les suivants : (a) une altération de la conscience de plus de 24 heures, (b) un résultat à l'échelle de coma de Glasgow entre 3 et 8 (dans les 30 minutes suivant l'arrivée à l'urgence), (c) une imagerie cérébrale positive, (d) un examen neurologique positif, ainsi (e) qu'une amnésie post-traumatique de plusieurs semaines (Banville et al., 2008).

Sur la base des différents critères établis afin de classifier le TCC, il peut être attendu que les déficits présents suite à un TCCL soient davantage subtils, de par l'intensité plus faible des symptômes. Bien que ces symptômes soient subtils, ils ne doivent pas être négligés d'autant plus que la prévalence du TCCL est élevée, comme l'expose la section suivante.

3.2 Incidence du traumatisme crânio-cérébral léger

Selon les travaux du Task Force (Carrol et al., 2004), sur l'ensemble de la population mondiale adulte, entre 70% et 90% des TCC seraient de sévérité légère. En milieu hospitalier, l'incidence du TCCL serait de 100 à 300 cas par 100 000 habitants. De

plus, en raison du nombre élevé d'individus ne consultant pas un professionnel de la santé suite à un choc à la tête, la fréquence réelle pourrait s'élever à 600 cas par 100 000 habitants (Pépin, 2008). Les hommes seraient deux fois plus à risque que les femmes de subir un TCCL, notamment en raison des accidents de la route, des chutes et des activités sportives (Pépin, 2008).

Malgré le fait que le TCCL soit l'une des conditions neurologiques les plus fréquentes, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit de l'une des problématiques les moins bien comprises, notamment en raison de la subtilité des déficits et de la controverse sur la nature des séquelles.

3.3 Phase aiguë et phase chronique du TCCL

Deux phases distinctes sont présentes lors d'un traumatisme cérébral. Suite à un TCCL, la phase aiguë s'observe à partir du jour du traumatisme jusqu'à 3 mois plus tard. Les symptômes présents durant cette phase seraient davantage d'ordre physique et cognitif (Banville et al., 2008).

Au-delà des 3 mois suivants le TCCL, il est question de la phase dite « chronique ». Bien que ce terme puisse être critiqué en raison de la controverse sur la présence ou non de symptômes, il demeure très utilisé au sein de la littérature et réfère à la nature complexe du TCCL et de la prolongation des symptômes cognitifs. Pendant cette période, il est dit que les symptômes cognitifs se chronicisent. Une fraction des gens subissant un TCCL présenterait des déficits neuropsychologiques au-delà de cette période de 3 mois (Dikmen, Machamer & Temkin, 2001). Selon certains chercheurs, l'origine des symptômes pourraient s'avérer d'ordre psychologique (Banville et al., 2008), étant le résultat de pauvres stratégies d'adaptation (Marsh & Smith, 1995), ou de réactions émotionnelles face

à l'évènement traumatique (Bryant & Harvey, 1999). Cette position est toutefois remise en question par des études électrophysiologiques (e.g. Smits et al., 2009), qui font mention de dommages microstructuraux longtemps après un TCCL. Smits et ses collaborateurs (2009), ont évalué 21 patients ayant subi un TCCL et ayant présenté une imagerie cérébrale négative dans les 24 heures suivant leur TCCL. Tous les patients se plaignaient de symptômes post-commotionnels. Les chercheurs ont procédé à un examen par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, en surchargeant la mémoire de travail et le système attentionnel des participants. L'augmentation de la charge attentionnelle en mémoire de travail a permis d'observer un recrutement d'aires cérébrales autres que celles normalement associées au réseau cérébral de la mémoire de travail et des systèmes attentionnels. Ce recrutement, selon les chercheurs, serait le reflet de la compensation du cerveau pour des dommages microstructuraux et fonctionnels durables chez les patients.

Ainsi, la présence de plaintes cognitives suivant un TCCL pourrait s'expliquer sur la base de dommages cérébraux, même lorsque l'imagerie structurale ne peut mettre d'anomalies en évidence. Bien que les déficits suivant un TCCL puissent être subtils, il n'en demeure pas moins qu'ils seraient corroborés par la présence de ces dommages microstructuraux.

3.4 Syndrome post-commotionnel

Les symptômes post-commotionnels, dont souffre une minorité de patients au-delà de 3 mois après la survenue d'un TCCL (King, 2003), peuvent comprendre une grande variété de plaintes somatiques (e.g. maux de tête, fatigue), psychologiques (e.g. symptômes dépressifs, anxiété) et cognitives, telle que des problèmes mnésiques, de concentration, d'initiation, de planification, de résolution de problème, ainsi que des troubles d'attention et

un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information (e.g. Frencham, Fox & Mayberry, 2005; Paré, Rabin, Fogel & Pépin, 2009; Vanderploeg, Curtiss & Belanger, 2005). La prévalence du syndrome post-commotionnel varie selon les études, allant de 7-8% (Binder, Rohling & Larrabee, 1997) à 10-20% (Alexander, 1995), voire même jusqu'à 33% (Rimel, Giordani, Barth, Boll, & Jane 1981).

Bien que les atteintes cognitives découlant du TCCL puissent être subtiles, il n'en demeure pas moins que celles-ci puissent affecter le fonctionnement cognitif et le fonctionnement au quotidien, comme le suggèrent les plaintes de certains patients. La littérature scientifique portant sur le TCCL survenu chez les jeunes adultes est beaucoup plus abondante que celle sur les personnes âgées. Ainsi, une grande part des connaissances actuelles sur le TCCL ne considère pas les effets du vieillissement normal en concomitance à un TCC. Il s'avère donc important de comprendre les effets du TCCL chez les jeunes adultes avant d'aborder les effets chez les personnes âgées. Le chapitre suivant portera sur le fonctionnement cognitif de jeunes adultes ayant subi un TCCL, avant d'introduire le chapitre portant sur le TCCL chez les personnes âgées.

CHAPITRE 4. EFFET DU TCCL CHEZ LES JEUNES ADULTES

En phase aiguë suivant un TCCL, certains déficits cognitifs peuvent être facilement objectivables (e.g. Reitan & Wolfson, 1999; Stewart, Kaylor & Koutanis, 1996; Voller & al., 1999). La mémoire épisodique, l'attention, la mémoire de travail et la vitesse de traitement de l'information seraient particulièrement atteintes (Alexander, 1995; Blanchet et al., 2009; Mangels et al., 2002). Cependant, plusieurs auteurs mentionnent que les symptômes cognitifs se résorberaient dans les 3 mois suivants le TCCL (e.g. Levin et al., 1987; Paniak et al., 2002; Ponsford et al., 2000). Néanmoins, plusieurs études rapportent de subtils déficits cognitifs même plusieurs mois après un TCCL. Cette controverse pourrait s'expliquer par le manque de sensibilité et de spécificité des mesures neuropsychologiques standardisées utilisées lors des évaluations (Cicerone, 1996; Stuss, Stethem, Hugenholtz & Richard, 1989). Selon Dikmen et al. (2001), le fonctionnement neuropsychologique est sensible à de multiples facteurs (e.g. vieillissement, éducation, abus de substance, condition neurologique antérieure), qui contribuent à une forte variabilité dans les résultats. Il est donc difficile d'identifier les conséquences réelles d'un TCCL. De plus, les dysfonctions exécutives sont souvent subtiles et peuvent ainsi ne pas être évaluées avec suffisamment de sensibilité par certains tests neuropsychologiques standardisés. Ainsi, ces dysfonctionnements se manifesteront de façon primaire dans les situations de la vie quotidienne, dans lesquelles ces déficits peuvent se traduire en des défaillances fonctionnelles et une prise de conscience plus grande des symptômes de la part de la victime du TCCL (Hartikainen et al., 2010).

Quelques méta-analyses ont tenté de faire état des effets du TCCL. Binder et al. (1997), sur la base d'une revue des études réalisées avec des patients au moins 3 mois post-

trauma et excluant les patients rapportant des symptômes neurologiques, ont découvert un effet de taille significatif uniquement pour le domaine de l'attention et de la concentration ($g = 0.17$), suggérant que les mesures attentionnelles seraient les plus sensibles au dysfonctionnement neuropsychologique 3 mois après un TCCL. Il faut mentionner que cette méta-analyse excluait les études traitant des patients rapportant des symptômes neurologiques post-trauma, afin d'exclure les patients présentant des symptômes post-commotionnels.

Frencham et al. (2005) ont tenté d'établir les trajectoires de récupération de différents domaines neuropsychologiques, selon le stade de récupération après un TCCL. Tout comme Binder et al. (1997), ils rapportent un effet significatif pour le domaine de la mémoire de travail et de l'attention, mais uniquement lors de la phase aiguë. Des déficits dans les tâches évaluant la vitesse de traitement de l'information, la mémoire épisodique et les fonctions exécutives seraient également présents. Selon les auteurs, la mémoire épisodique serait particulièrement affectée en phase aiguë. Il est également mentionné que la majeure partie de la récupération des fonctions cognitives suite à un TCCL se produit durant les 3 premiers mois (Frencham et al., 2005).

En tentant de tenir compte des variables modératrices pouvant expliquer les résultats d'études antérieures, Belanger, Curtiss, Demery, Lebowitz et Vanderploeg (2005) ont aussi rapporté un effet significatif quant à la présence de déficits en phase aiguë suite à un TCCL, notamment en ce qui concerne la mémoire épisodique. Au-delà de 3 mois post-trauma, la taille d'effet des différents domaines neuropsychologiques se retrouve essentiellement proche de zéro, reflétant ainsi une bonne récupération cognitive. Cette méta-analyse tend aussi à démontrer que les méthodes d'échantillonnage, ainsi que le statut des sujets dans les études rapportant des déficits 3 mois post-TCCL pourraient expliquer ces résultats. En

effet, les sujets ayant été choisis dans les milieux cliniques, qui démontrent donc davantage de symptômes cognitifs, ainsi que ceux se trouvant en litige suite au TCCL (e.g. finance, travail, indemnisation) ne présenteraient pas d'amélioration cognitive ou feraient preuve d'une détérioration au-delà de 3 mois (Belanger et al., 2005).

4.1 Effet du TCCL sur les processus attentionnels

Avec les difficultés de mémoire, les problèmes d'attention sont l'une des principales plaintes suite à un TCCL. Les patients rapportent fréquemment des difficultés de concentration, de la distractibilité, une incapacité de retourner à une tâche suite à une distraction, ainsi que des difficultés à faire deux tâches en même temps (Cicerone, 1996). Cette section présentera un survol des différentes études qui se sont attardées aux répercussions attentionnelles suite à un TCCL. Les premières études feront mention des effets du TCCL en phase aiguë, alors que les suivantes traiteront de la phase chronique.

Des déficits attentionnels sont rapportés en phase aiguë par Mathias, Beall et Bigler (2004), auprès de personnes ayant été victimes d'un TCCL (4 semaines post-TCCL), lorsque comparés à des participants contrôles appariés. En effet, une diminution de la vitesse et de l'efficacité du traitement de l'information a été remarquée à la batterie du Test of Everyday Attention (TEA). Plus particulièrement, les patients seraient plus lents que les contrôles lorsqu'ils doivent sélectionner une source d'informations pertinentes et exclure les informations inutiles, témoignant de déficits d'attention sélective.

À l'aide du Test d'Attention Partagée Informatisé (TAPI), un test informatisé évaluant l'attention en situation d'attention divisée, Paré et al. (2009), ont évalué des participants ayant subi un TCCL, ainsi qu'un groupe contrôle à deux reprises (i.e. durant les 7 premiers jours et 3 mois après le TCCL). Lors de ces deux mesures, des temps de réaction

plus longs ont été observés pour le groupe de patients, reflétant l'augmentation de la demande attentionnelle. En effet, dans les premiers jours suivant le TCCL, les patients présentaient une difficulté à diviser leur attention entre deux sources de stimuli. Au second temps de mesure, une différence moins marquée aux temps de réaction était présente entre les deux groupes, reflétant une amélioration des patients, malgré la charge attentionnelle requise par la tâche. Ultiment, cette étude révèle qu'une certaine amélioration est possible avec le temps suite à un TCCL. Cependant, des déficits plus subtils sont toujours observés en situation d'attention divisée plus de 3 mois post-trauma, supportant la nécessité de recourir à des évaluations plus complexes et spécifiques suite à un TCCL (Paré et al., 2009).

Une altération des processus attentionnelles reflétant les plaintes émises par des patients a été démontrée par Cicerone (1996). Les patients, évalués en moyenne 18.6 mois suite à un TCCL, présentaient des résultats apparemment normaux à des tests neuropsychologiques standardisés. Lors de tâches évaluant l'attention de façon complexe (i.e. en situation d'attention divisée), les performances des patients sont demeurées adéquates, mais démontraient un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information. En contraste, lorsque l'attention était évaluée de façon sélective (i.e. attention pleine), les patients ne différaient pas des contrôles (Cicerone, 1996). Selon Cicerone (1996), ce déficit attentionnel serait la conséquence du ralentissement de la vitesse de traitement de l'information qui serait davantage marqué suite à un TCCL, provoquant ainsi une augmentation du temps d'exécution lors de tâches complexes, contrairement aux tâches plus automatisées. Vanderploeg et al. (2005) ont quant à eux observé un déficit léger de l'attention et de la concentration, chez des patients en moyenne huit ans post-TCCCL. Ces résultats concordent ainsi avec ceux observés par Binder et al. (1997) chez une population 3

mois post-trauma. Toutefois, Vanderploeg et ses collaborateurs (2005) mentionnent qu'une évaluation neuropsychologique traditionnelle ne permet pas l'identification de déficits cognitifs à long terme. En effet, l'utilisation d'instruments plus spécifiques et plus sensibles aux possibles déficits de l'attention et de la mémoire de travail permettrait de déceler de subtiles atteintes cognitives plusieurs mois après la survenue du TCCL. De ce fait, à l'aide du Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT), une tâche évaluant de façon complexe l'attention et la mémoire de travail, un grand nombre d'erreurs d'omission ont été remarquées lorsque les cibles se trouvaient dans l'hémichamps visuel gauche des patients. De plus, il a été observé que les participants ayant subi un TCCL étaient davantage sensibles à l'interférence. Vanderploeg et ses collègues (2005) expliquent ces performances par un déficit du système de contrôle exécutif impliqué dans la distribution des ressources attentionnelles.

Il s'avère donc important d'utiliser des outils neuropsychologiques plus sensibles, lors de l'évaluation des personnes ayant subi un TCCL, afin de déceler la présence de dysfonctionnement cognitif subtil.

4.2 Effet du TCCL sur la mémoire de travail chez de jeunes adultes

En plus des problèmes d'attention, le TCCL semble aussi engendrer des difficultés en mémoire de travail, qui est fortement liée aux processus attentionnels. Certaines études se sont intéressées aux répercussions du TCCL dans les 3 mois suivant le trauma, alors que d'autres se sont particulièrement attardées à la phase chronique.

Tel que mentionné précédemment, la méta-analyse de Frencham et al. (2005) mentionne qu'un déficit en mémoire de travail serait l'un des indicateurs les plus sensibles à un dysfonctionnement cognitif, en phase aiguë d'un TCCL.

McAllister et ses collaborateurs (2001) se sont intéressés à l'activité cérébrale de patients 1 mois post-TCCL, durant une tâche de mémoire de travail (i.e. *n*-back) en modalité auditive, avec la technique de l'IRMf. Les chercheurs ont observé des différences entre le groupe de patients et le groupe contrôle au niveau des patrons d'activation cérébrale, en l'absence de différence significative dans la performance des sujets. Contrairement aux contrôles, les patients démontrent une activation cérébrale significativement plus importante lorsque la charge en mémoire de travail est modérée (2-back). De plus, lorsque cette même tâche requiert davantage de ressources cognitives (3-back), les personnes ayant subi un TCCL font preuve d'une augmentation de l'activation corticale significativement moins importante que les contrôles. McAllister et al. (2001) proposent deux hypothèses afin d'expliquer ces résultats. Premièrement, la capacité de la mémoire de travail serait altérée suite à un TCCL. Lorsque la tâche s'effectue en 2-back, les patients doivent recruter davantage de ressources attentionnelles afin de surmonter le niveau de difficulté, alors que pour les contrôles, le niveau de difficulté ne serait pas assez élevé pour nécessiter plus de ressources attentionnelles. Lorsque la tâche s'effectue en 3-back, l'augmentation de l'activation corticale est moindre chez les patients en raison du faible niveau de ressources attentionnelles pouvant encore être distribué. Par contre, pour les contrôles, le recrutement de ressources supplémentaires serait possible, car ils bénéficieraient de suffisamment de ressource pour répondre aux exigences de la tâche. Des différences de performances auraient pu apparaître pour une tâche plus difficile (e.g. 4-back). Deuxièmement, il serait possible que la capacité des systèmes esclaves de la mémoire de travail (i.e. boucle phonologique et calepin visuo-spatial) ne soit pas affectée suite à un TCCL. Cependant, une atteinte du contrôle exécutif expliquerait les différences d'activation entre les patients et les contrôles. Ainsi, de subtils déficits dans l'habileté à

distribuer de façon adéquate les ressources attentionnelles en fonction des demandes cognitives de la tâche à effectuer seraient présents.

En utilisant une tâche de n -back en modalité visuelle (jusqu'à un maximum de 3-back), Perlstein et ses collègues (2004) ont découvert une performance significativement plus faible chez des participants ayant subi un TCCL, en phase chronique (moyenne de 62 mois post-TCCL), en comparaison à des participants contrôles appariés. Cette différence était toutefois présente seulement pour les conditions durant lesquelles la charge en mémoire de travail était la plus élevée (i.e. 2-back et 3-back). Ces résultats, bien que démontrant des performances différentes entre les groupes, appuient ceux de McAllister et al. (2001). Un dysfonctionnement du système de contrôle exécutif de la mémoire de travail pourrait donc persister même plusieurs mois après la survenue d'un TCCL.

Selon Cicerone (1996), les déficits attentionnels suite à un TCCL résulteraient du ralentissement de la vitesse de traitement de l'information et d'une perturbation du système de contrôle exécutif en mémoire de travail. En accord avec l'étude de Cicerone (1996), Bernstein (2002) a remarqué une diminution de la vitesse de traitement de l'information chez de jeunes adultes universitaires rapportant eux-mêmes avoir subi un TCCL, depuis 8 ans en moyenne. En effet, les patients ont présenté des performances déficitaires pour la vitesse de traitement de l'information lors d'une tâche exigeante de mémoire de travail, suggérant la présence de difficultés plus subtiles sur une longue période après un TCCL (Bernstein, 2002). Selon Bernstein (2002), ces résultats s'expliqueraient par le fait que lors d'une tâche demandant beaucoup de ressources cognitives, celle-ci excéderait la capacité de l'individu à bien distribuer ses ressources. Cette difficulté d'allocation des ressources expliquerait les performances plus faibles des patients, même huit ans post-TCCL.

4.3 Effet du TCCL sur la mémoire épisodique chez le jeune adulte

Des plaintes mnésiques sont fréquemment émises suite à un TCCL. Bien qu'elles soient rarement objectivées sur la base de tests neuropsychologiques, plusieurs mois après la survenue du TCCL, des déficits mnésiques sont facilement observables en phase aiguë. Néanmoins, il a été démontré que le recours à l'encodage en situation d'attention divisée pourrait servir à objectiver les plaintes mnésiques suite à un TCCL.

Landre, Poppe, Davis, Schmaus et Hobbs (2006) ont rapporté des performances déficitaires en mémoire épisodique, telle qu'évaluée à l'aide du *Logical Memory Subtest 1 et 2* (WMS-R). Les participants ayant subi un TCCL avaient alors été évalués en phase aiguë, en moyenne 3.87 jours après le TCCL. En ce sens, Mathias et al. (2004) ont également rapporté des déficits en mémoire épisodique verbale, telle qu'évaluée à l'aide du *Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT)*, un mois après un TCCL. Ainsi, les problèmes mnésiques semblent facilement objectivables par des tests neuropsychologiques standardisés lorsqu'ils sont évalués en phase aiguë.

Tiersky, Cicerone, Natelson et DeLuca (1998) ont rapporté des problèmes mnésiques chez de jeunes adultes en moyenne 20 mois après la survenue du TCCL. Plus précisément, des déficits en mémoire épisodique avaient été observés au *Logical Memory Subtest 1 et 2* (WMS-R), ainsi qu'au total des cinq rappels libres et au rappel libre différé du *California Verbal Learning Test (CVLT)*. Selon Tiersky et al. (1998), ce problème serait dû à un trouble d'acquisition et de consolidation de l'information verbale. Les participants de cette étude ont toutefois été recrutés sur la base de déficits persistants ou de plaintes subjectives correspondant au syndrome post-commotionnel. Ceux-ci pouvaient donc présenter des difficultés plus marquées, expliquant l'objectivation de déficits par les tests standardisés. De plus, les performances mnésiques déficitaires pourraient provenir de

déficits de processus impliqués en mémoire épisodique chez ces patients, tel que le système de contrôle exécutif. En effet, des résultats inférieurs aux contrôles sont présents au PASAT, au sous-test *Séquences de chiffres* (WAIS-R), ainsi qu'au Trail Making Test B (TMT B).

Afin d'analyser de façon plus spécifique les résultats d'un groupe de patients ayant subi un TCCL (moyenne de 5.29 ans post-TCCL), Geary, Kraus, Pliskin et Little (2010) se sont attardés à la courbe d'apprentissage au CVLT-II, en fonction du niveau de plainte mesuré à l'aide du Post-Concussion Syndrome Checklist (PCSC). Geary et al. (2010) ont observé des performances au rappel libre inférieur aux contrôles au premier essai seulement chez les patients ne rapportant pas de plaintes mnésiques au PCSC. Par contre, les patients ne rapportant pas de plaintes mnésiques au PCSC obtiennent des résultats significativement plus élevés pour tous les essais (i.e. rappels libres immédiats, différés, liste B) du CVLT-II, que ceux rapportant des plaintes. Ces résultats révèlent donc que les personnes ayant subi un TCCL peuvent avoir des difficultés mnésiques au quotidien, particulièrement lors des contextes durant lesquels la répétition de l'information n'est pas possible. Ces auteurs ont aussi mis en évidence des dommages microstructuraux au niveau de la matière blanche chez les patients, corroborant ainsi les conclusions de Smits et al. (2009), quant à la présence de dommages microstructuraux longtemps après un TCCL.

Selon Nolin (2006), les difficultés mnésiques suite à un TCCL proviendraient d'un dysfonctionnement exécutif, tel qu'il est fréquemment observé lors de dommages frontaux. Ainsi, 99 adultes ayant subi un TCCL et 90 contrôles ont été évalués à l'aide du CVLT, 3 mois après leur TCCL. Des performances plus faibles des patients ont été observées aux essais des rappels libres immédiats et différés, alors que la tâche de reconnaissance était équivalente. Ces indices tendent à confirmer l'hypothèse du dysfonctionnement du système

de contrôle exécutif, en raison des problèmes de récupération (i.e. lors du rappel libre) qui s'estompent lorsqu'un support environnemental total est fourni (i.e. reconnaissance). De plus, les patients semblent avoir de la difficulté à organiser les items à mémoriser en tenant compte des catégories sémantiques et feraient plus d'intrusions et de faux positifs en reconnaissance, supportant le problème exécutif qui limiterait la mise en place de stratégies mnésiques efficaces. Toutefois, Nolin (2006) mentionne que la subtilité des déficits cognitifs suite à un TCCL requiert l'utilisation de matériel plus sensible, afin d'objectiver ces séquelles. La grande taille de l'échantillon de l'étude de Nolin (2006) est un facteur important à l'identification de ces subtils déficits, observés en situation d'encodage en attention pleine.

Suite au développement d'une tâche plus sensible, Mangels et al. (2002) affirment que les performances mnésiques déficitaires des personnes ayant subi un TCCL (depuis 3.6 ans en moyenne) seraient causées par une mauvaise allocation des ressources attentionnelles provenant d'un dysfonctionnement du système de contrôle exécutif. Cette dysfonction provoquerait des déficits même plusieurs années après le TCCL. Afin de mettre en évidence cette hypothèse, Mangels et al. (2002) ont développé une tâche complexe nécessitant d'allouer de manière stratégique les ressources attentionnelles entre deux tâches concurrentes. Lors de ce paradigme de mémoire épisodique, l'encodage de matériel visuo-imagé s'effectuait dans un premier temps en attention pleine et ensuite en attention divisée. Les participants devaient mémoriser des scènes visuelles auxquelles leur étaient attribués des objets, congruents ou non-congruents. Un rappel libre, un rappel indicé consistant à visualiser les scènes et rappeler les objets présentés auparavant, ainsi qu'une reconnaissance consistant à identifier les objets parmi des distracteurs et rappeler la scène d'origine, étaient effectués. Lors de l'encodage en attention divisée, les participants

devaient identifier des séquences de chiffres impairs tout en mémorisant les associations *scène-objet*. Les personnes ayant subi un TCCL et les contrôles ne différaient pas sur la base des tests neuropsychologiques standardisés évaluant la mémoire épisodique, ainsi qu'à la tâche expérimentale en attention pleine. En attention divisée, les patients ont rappelé significativement moins d'objets au rappel libre et ont effectué davantage d'intrusions que le groupe contrôle. Ce patron de réponse, selon Mangels et al. (2002), ressemble à ce qui est retrouvé lors d'atteintes frontales. Au rappel libre, davantage d'erreurs de source (i.e. identification relativement à la scène) sont commises, et la reconnaissance provoque plus de difficultés pour les patients. Mangels et al. (2002) concluent donc à une atteinte du système de contrôle exécutif affectant la distribution des ressources attentionnelles. Il faut toutefois mentionner la faible taille de l'échantillon de cette étude (11 patients et 10 contrôles appariés).

Dans le même ordre d'idée, Blanchet et al. (2009) ont développé une tâche de mémoire épisodique sollicitant le système de contrôle exécutif de même que la charge attentionnelle lors de l'encodage, et ce, auprès de 13 jeunes adultes ayant subi un TCCL (survenu 3.3 ans précédemment en moyenne) et 12 participants contrôles. Cette tâche, contrairement à celle de Mangels et al. (2002), impliquait du matériel visuo-verbal (i.e. paires de mots présentées sur un écran). La théorie de Paivio (Paivio, 1991) stipule que l'information verbale est plus difficilement rappelée que l'information visuo-imaginée, car une image s'encode plus facilement si celle-ci réfère à un contenu sémantique. Or, le simple matériel verbal est moins facilement rappelé, car il ne réfère pas autant à l'imagerie mentale qu'une image familière. En modalité visuo-verbale, un double-encodage est ainsi favorisé. La tâche consistait à mémoriser des paires de mots, composées d'une catégorie (quatre catégories au total) et d'un mot-cible (32 mots au total, soit 8 mots par catégories), dont la

congruence sémantique est manipulée. Les paires de mots étaient présentées à trois reprises, chaque fois suivies par un rappel libre des mots-cibles. Un rappel indicé, durant lequel chacune des catégories était présentée, ainsi qu'une reconnaissance consistant à identifier les mots-cibles parmi des distracteurs puis à nommer la catégorie correspondante, étaient effectués. Lors de l'encodage en attention divisée, la tâche secondaire consistait à appuyer sur une touche à chaque fois qu'un chiffre impair était entendu. Les résultats de cette étude font mention, tout comme ceux de Mangels et al. (2002), de performances équivalentes pour les patients et les contrôles, lors de l'encodage en attention pleine. En revanche, après un encodage en situation d'attention divisée, les patients ont rappelé significativement moins de mots, quels que soient le mode de rappel et la congruence sémantique des paires de mots. La reconnaissance, plus faible chez les patients, peut s'expliquer par le fait que la tâche secondaire ait exercé un impact sur la qualité de l'encodage. Ainsi, il serait possible que les participants contrôles disposent de davantage de ressources attentionnelles pouvant être distribuées aux deux tâches réalisées simultanément. Une atteinte du système de contrôle exécutif des patients a également été observée grâce au Paradigme de Brown-Peterson (PBP). Les patients présentaient des performances inférieures aux contrôles, ce qui supporte le fait que la mémoire de travail soit affectée longtemps après la survenue du TCCL. D'un point de vue fonctionnel, les patients rapportaient plus de difficulté de mémoire dans la vie de tous les jours, plus particulièrement en raison d'une sensibilité accrue à l'interférence.

Il semble donc que l'investigation des problèmes mnésiques chez des jeunes adultes longtemps après un TCCL, grâce à des outils suffisamment sensibles au dysfonctionnement exécutif, puisse permettre l'objectivation de problèmes marqués. L'évaluation en attention divisée s'avère une méthode prometteuse pour dépister ces troubles. Jusqu'à maintenant,

l'effet combiné du vieillissement et du TCCL sur les processus mnésiques et exécutifs a été très peu étudié.

CHAPITRE 5. EFFET DU TCCL CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES

Alors qu'il est bien établi que le vieillissement normal s'accompagne d'un déclin mnésique lié à une diminution des ressources attentionnelles (Craik, 1986; Craik et Byrd, 1982; Hasher & Zacks, 1979), l'effet du TCCL est, quant à lui, encore trop peu documenté jusqu'à maintenant. De plus, lorsque les personnes âgées sont comparées aux jeunes adultes, pour une même sévérité de TCC, des effets plus dévastateurs peuvent être remarqués. Un niveau de fonctionnalité plus faible, ainsi que des taux de prise en charge et de mortalité plus élevés sont rapportés par Leblanc, De Guise, Gosselin et Feyz (2006). L'étude épidémiologique de Coronado, Thomas, Sattin et Johnson (2005), ayant analysé les caractéristiques de personnes âgées de 65 et plus hospitalisées pour un TCC, révèle que 73.4% de ces cas étaient de sévérité légère. Ces données font également mention du fait que les hommes sont particulièrement susceptibles d'être les victimes. Les personnes de plus de 85 ans seraient quatre fois plus à risque de subir un TCC que celles de 65 à 74 ans. Les chutes, suivies par les accidents de la voie publique en sont les causes les plus fréquentes. Les conditions médicales chroniques, des temps de réaction plus lents, la médication, une moindre force musculaire et une diminution de l'efficacité cognitive peuvent expliquer en partie l'occurrence d'un TCC chez les personnes âgées (Coronado et al., 2005). De plus, les taux d'hospitalisation suite à un TCC semblent augmenter avec le temps selon les auteurs, reflétant le vieillissement démographique.

Une première recherche d'importance sur les effets du TCC chez les personnes âgées a été réalisée par Mazzucchi et ses collaborateurs (1992). Avec un échantillon de 70 personnes âgées de 50 à 75 ans, ces chercheurs ont mis en évidence que le TCCL n'offre pas un pronostic favorable, car ce trouble pourrait provoquer des séquelles

neuropsychologiques, ainsi qu'un risque accru d'évoluer vers une démence, tel qu'observé chez 50% des patients. Cependant, 40% de l'échantillon comprenait des gens entre 50 et 55 ans et aucune mesure spécifique du fonctionnement cognitif n'a été fournie (e.g. mémoire, attention, langage), ne donnant alors que peu de points de référence entre l'échantillon à l'étude et la population générale des personnes âgées.

5.1 Effet du TCC dans le vieillissement normal

Quelques études se sont intéressées aux effets du TCC lors du vieillissement. Cependant, ces études incluaient généralement le TCCL et le TCC de sévérité modérée (TCCM) de façon conjointe, risquant ainsi de masquer les effets réels du TCCL.

Goldstein et al. (1994) ont évalué 18 personnes âgées en moyenne de 67.8 ans ayant subi un TCC (6 TCCL et 12 TCCM), et ce, dans les 3 mois post-TCC. Les auteurs mentionnent que les déficits cognitifs observés impliquent les mêmes sphères que celles de jeunes adultes ayant subi un TCC, mais sont d'une plus grande sévérité. Des performances plus faibles que les contrôles sont obtenues pour le langage (dénomination d'objets), les fonctions exécutives, et la mémoire épisodique. Cette dernière, évaluée à l'aide du CVLT, présentait une courbe d'apprentissage normale, mais inférieure aux contrôles, avec un total de mots rappelés plus faible. Aharon-Peretz et ses collaborateurs (1997) ont découvert des résultats similaires chez un groupe composé de TCCL et TCCM de plus de 60 ans, et ce, environ 6 semaines post-TCC. Goldstein et al. (1996) ont quant à eux, comparé 14 personnes âgées (moyenne de 69.6 ans) ayant subi un TCC (deux TCCL et 12 TCCM) depuis 31 jours, à 14 personnes âgées en début de maladie d'Alzheimer (MA) et 14 participants contrôles appariés. Le CVLT adapté pour une population démente (Libon et al., 1996) révèle des meilleures performances du groupe TCC que le groupe MA, mais

inférieures aux contrôles. Les personnes ayant subi un TCC présentent, selon les auteurs, des difficultés de récupération. Ces dernières utiliseraient également moins l'organisation sémantique que les contrôles. Le groupe TCC aurait plus de facilité pour la fluidité verbale catégorielle (i.e. sous critère sémantique) que pour la fluidité verbale phonologique, étant toutefois supérieur au groupe MA et inférieur aux contrôles. La dénomination d'objets ne diffèreraient pas entre les groupes TCC et MA, mais ceux-ci étaient inférieurs aux contrôles. Ces deux dernières recherches se sont attardées aux effets du TCCL et du TCCM, uniquement en phase aiguë. Très peu d'intérêt a été porté aux effets à plus long terme du TCC sur les fonctions cognitives chez les personnes âgées, d'autant plus lorsqu'il est question de sévérité légère.

Une étude de Senathi-Raja, Ponsford et Schönberger (2010), incluant des participants de 16 à 81 ans, divisés en trois tranches d'âge, rapporte que les personnes âgées présenteraient des performances plus faibles en vitesse de traitement, en attention, en mémoire épisodique verbale et visuelle, aux fonctions exécutives et en mémoire de travail, lorsque le déclin cognitif normal attendu en fonction de l'âge est contrôlé. De plus, l'effet combiné du vieillissement et du TCC provoquerait un impact négatif quant aux performances cognitives à long terme. Cependant, bien que comparé à un groupe contrôle, le groupe de participants ayant subi un TCC était composé de toutes les sévérités de TCC, perdant ainsi la spécificité des déficits possibles suite à un TCCL.

Sur la base de ces recherches, il semble difficile de prendre position face aux effets à long terme du TCCL chez les personnes âgées. En fonction de l'échantillonnage utilisé par les chercheurs, il est possible que les effets découlant du TCCL soient masqués par la présence de TCCM et de TCC sévère dans les groupes. D'autre part, il est également possible que l'objectivation de déficits cognitifs légers par l'entremise de tests

neuropsychologiques standardisés soit compromise par le manque de sensibilité et de spécificité des outils.

Afin de vérifier le fonctionnement cognitif de personnes âgées ayant subi un TCC, Goldstein, Levin, Goldman, Clark et Altonen (2001) se sont intéressés à la distinction entre le TCCL et le TCCM en phase aiguë (i.e. 1 mois post-trauma). Dix-huit personnes âgées ayant subi un TCCL (âge moyen de 62.3 ans), 17 personnes âgées ayant subi un TCCM (âge moyen de 65.2 ans), ainsi qu'un groupe contrôle apparié ont été évalués. Le groupe TCCM a présenté des résultats plus faibles au niveau de la sphère attentionnelle et du fonctionnement exécutif que le groupe TCCL et les contrôles, qui ne différaient pas entre eux. La mémoire épisodique verbale, évaluée à l'aide du CVLT-Version Démence (Libon et al., 1996) qui comprend neuf items à mémoriser plutôt que les 16 de la version standard du CVLT, révèle que les groupes TCCL et contrôle ne diffèrent pas aux cinq rappels libres immédiats, contrairement aux TCCM qui ont des performances significativement inférieures. Ainsi, selon Goldstein et al. (2001), il serait légitime de croire que les personnes âgées présentant un TCCL récupérerait, tout comme les jeunes adultes, dans les 3 mois suivant le TCCL. Cette étude est en opposition avec les résultats de Mazzucchi et al. (1992), qui faisait mention d'un pronostic défavorable suite à un TCCL chez les personnes âgées.

Rapoport et ses collaborateurs (2006) ont effectué une étude incluant des personnes âgées ayant subi un TCCL ($n = 37$), un TCCM ($n = 32$), et des contrôles appariés. Les sujets étaient évalués dans les premiers 6 mois, ainsi qu'à un an post-traumatisme. Les conclusions de cette étude rejoignent celles de Goldstein et al. (2001). En ce sens, au suivi d'un an, les patients ayant subi un TCCM présentent des performances plus faibles que les TCCL et les contrôles pour la mémoire épisodique verbale, le langage, la vitesse de

traitement de l'information, le fonctionnement exécutif et la réalisation des activités quotidiennes (évaluée par un proche). En outre, les deux groupes TCC ont rapporté significativement plus de plaintes cognitives, de dysfonction psychosociale, de détresse psychologique que les contrôles, en plus de présenter des symptômes post-commotionnels. Une fois de plus, il semblerait que l'évaluation neuropsychologique effectuée uniquement à l'aide de tests standardisés ne permet pas l'objectivation de déficits cognitifs suite à un TCCL, malgré les plaintes cognitives émises par les victimes. En 2008, Rapoport et ses collaborateurs ont dévoilé les résultats obtenus un an plus tard (i.e. environ deux ans post-trauma) auprès de ce même échantillon. Aucun déficit neuropsychologique n'a été relevé durant ce suivi auprès du groupe ayant subi un TCCL. De plus, une attention était portée sur les risques d'évolution vers un trouble cognitif léger ou une démence, ce qui s'est toutefois avéré non significatif.

Jusqu'à présent, la littérature semble démontrer une similarité dans les profils cognitifs des jeunes adultes et des personnes âgées ayant subi un TCCL. Afin de vérifier l'effet de l'âge sur les atteintes cognitives, dans les 2 premières semaines suivant un TCCL, Stapert, Houx, De Kruijk, Ponds et Jolles (2006) ont évalué 99 personnes de 15 à 75 ans ayant subi ce type de trauma. Globalement, les TCCL présentaient des performances inférieures aux contrôles pour le rappel différé du Visual Verbal Learning Test (VVLT), une version visuo-verbale du RAVLT évaluant la mémoire épisodique, au Stroop Colour Word Test (SCWT), évaluant la sphère attentionnelle, au Letter Digit Coding Test (LDCT) évaluant la vitesse de traitement de l'information, ainsi qu'à une tâche de fluidité verbale. Cependant, aucune interaction ne s'est avérée significative, permettant aux auteurs de conclure en l'absence d'effet de l'âge suite à un TCCL en phase aiguë. Selon Stapert et al. (2006), une explication alternative serait qu'un laps de temps plus grand pourrait

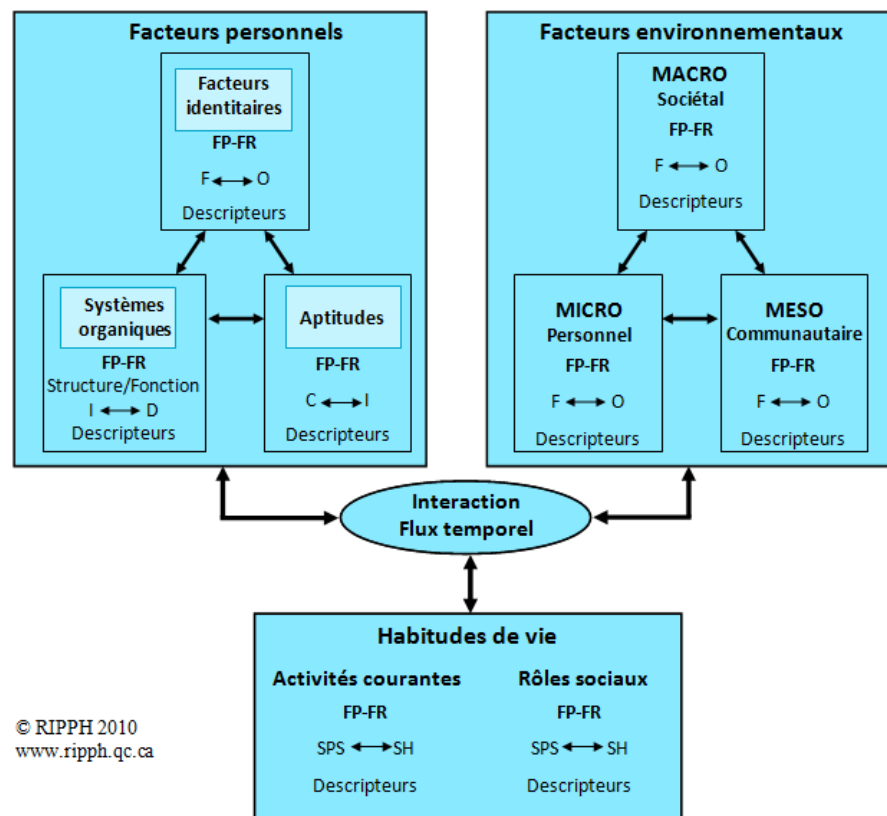
possiblement contribuer au développement de symptômes cognitifs chroniques. Quelques limitations à cette étude doivent être soulevées. Tout d'abord, le groupe TCCL âgé était composé de gens âgés entre 50 et 75 ans. La limite inférieure de 50 ans peut, toutefois, représenter un âge plutôt jeune si un effet d'âge est recherché. De plus, le niveau d'éducation de l'ensemble des participants était relativement faible (i.e. moyenne de 4 années), laissant croire à une moindre réserve cognitive ou un niveau intellectuel moins élevé. Finalement, seulement quelques tests standardisés réalisés en attention pleine ont été administrés. Cette batterie de tests pourrait donc avoir manqué de sensibilité et de spécificité à un possible dysfonctionnement exécutif.

Tel que présentée ci-dessus, la littérature portant sur les effets du TCCL au niveau de la cognition chez la personne âgée est restreinte et controversée. Il est possible que les tests neuropsychologiques standardisés utilisés dans ces études manquent de sensibilité et de spécificité à la présence éventuelle d'un dysfonctionnement du système de contrôle exécutif. Celui-ci pourrait être la source des difficultés rencontrées par les personnes âgées suite à un TCCL. En effet, un tel dysfonctionnement exécutif a été démontré chez les jeunes adultes, même plusieurs années suivant le TCCL (Blanchet et al., 2009; Mangels et al., 2002). Le vieillissement normal s'accompagnant d'une diminution des ressources attentionnelles, il serait possible que le dysfonctionnement exécutif puisse être exacerbé suite à un TCCL chez la personne âgée. L'utilisation d'une tâche plus complexe et sensible pourrait donc permettre l'objectivation de certains déficits. Ces effets pourraient se manifester dans certaines situations de la vie quotidienne, comme l'ont montré Blanchet et al. (2009) chez de jeunes adultes ayant subi un TCCL.

CHAPITRE 6. RÉALISATION DES HABITUDES DE VIE

Peu de recherches se sont intéressées à la réalisation des habitudes de vie suite à un TCCL chez les personnes âgées. La plupart des études s'intéressant aux impacts fonctionnels du TCC incluent des participants ayant subi un TCC, toutes sévérités confondues. Avant de présenter ces études, il importe de définir les habitudes de vie, en lien avec le Modèle du développement humain et Processus de Production du Handicap 2 (MDH-PPH 2; Fougeyrollas, 2010). Ce modèle est présenté à la figure 2 et sera expliqué ultérieurement.

Figure 2. Modèle de développement humain et Processus de production du handicap (MDH-PPH 2)



Légende :

FP-FR : Facteur de protection-Facteur de risque

F ↔ O : Facilitateur ↔ Obstacle

I ↔ D : Intégrité ↔ Déficience

C ↔ I : Capacité ↔ Incapacité

SPS ↔ SH : Situation de participation sociale ↔ Situation de handicap

6.1 Conceptualisation des habitudes de vie

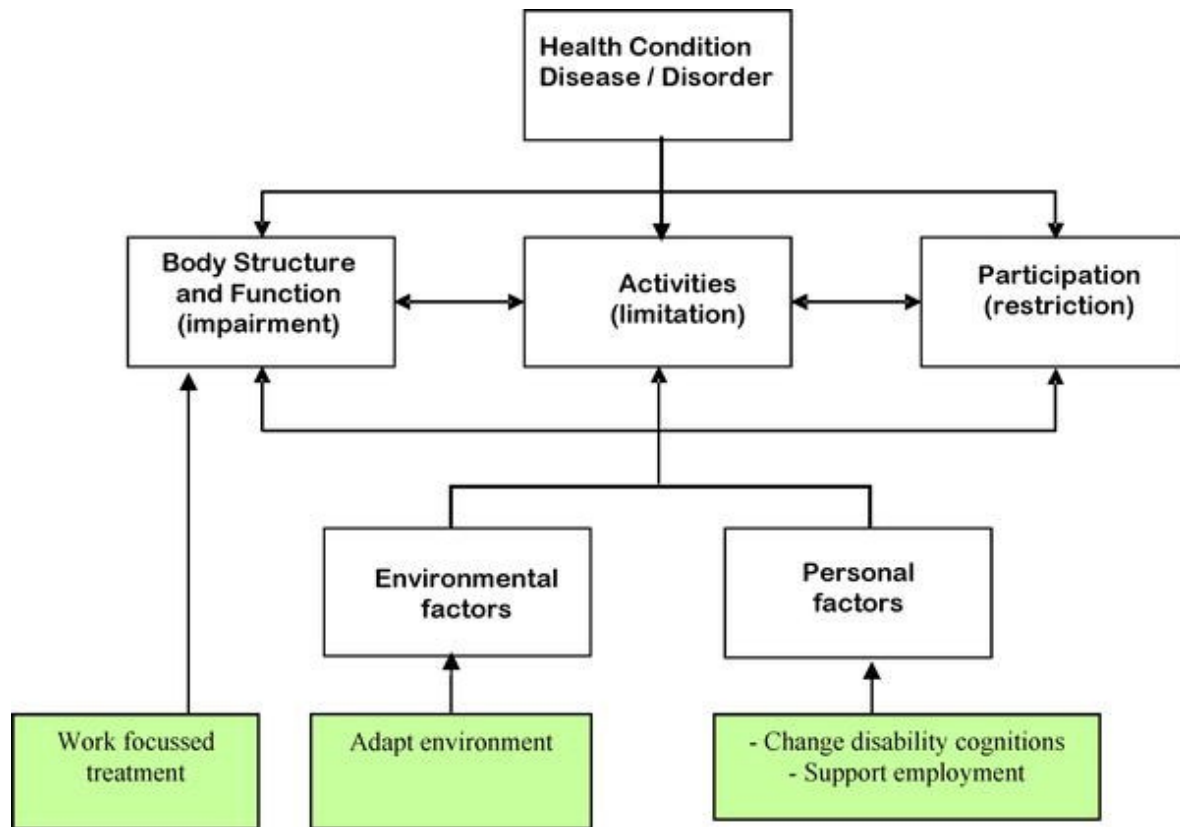
Dans les dernières décennies, une importante préoccupation était présente dans les milieux cliniques au sujet de la définition des concepts reliés aux conséquences des maladies et traumatismes, ainsi que de l'évaluation du processus d'adaptation, de réadaptation et d'intégration sociale (Fougeyrollas et al., 1999). Un besoin important était présent quant à l'élaboration d'un modèle permettant de décrire les séquelles significatives, d'origine acquise ou innée, présenté par la personne, indépendamment de son âge. La mise à jour d'un tel modèle a été réalisée grâce à plusieurs modifications découlant de critiques émises sur ces modèles dans le but d'obtenir une conceptualisation faisant un plus grand consensus. Les prochains paragraphes offrent un rapide survol de l'évolution d'un tel modèle.

L'Organisation Mondiale de la Santé, en 1980, a publié la Classification Internationale des Déficiences, Incapacités et Handicaps (CIDIH) selon les travaux de Philip N. Wood un consultant de l'OMS. Selon Fougeyrollas (2010), Wood était inspiré des travaux de Saad Nagi, un médecin américain dans le champ de la réadaptation professionnelle et des accidentés du travail. Nagi (1976; 1991) établissait une distinction entre la pathologie, la déficience, la limitation fonctionnelle et ce qu'il nommait *disability*. Le terme *disability* correspond à toutes les conséquences des atteintes organiques et fonctionnelles sur l'intégration sociale, la performance des rôles sociaux et d'activités telles que le travail, la vie familiale et la vie autonome (Fougeyrollas, 2010). Le modèle initial proposé par Wood en 1975 ayant été fortement critiqué par le domaine de la psychiatrie, qui faisait difficilement la distinction les aspects organiques et les capacités fonctionnelles physiques et mentales extériorisées de l'utilisation du corps (Fougeyrollas, 2010), a été amplement modifié avant la publication de la CIDIH en 1980.

La CIDIH propose une distinction entre les conséquences organiques, personnelles et sociales, qui causent le handicap. Selon Hamonet (2000), ce modèle permet la description des relations causales entre des atteintes organiques et fonctionnelles (i.e. déficiences), les activités fonctionnelles (i.e. incapacités) et des désavantages sociaux que cela provoquent (i.e. handicap). Ce modèle permettait donc d'ordonner les séquelles significatives présentes chez un individu ou une collectivité suite à un événement pathologique (Fougeyrollas, 2010).

En 2001, l'OMS a adopté une nouvelle classification qui est actuellement une référence en matière de diagnostics médicaux, la Classification Internationale des Maladies (CIM; OMS, 1990), qui en est à sa onzième révision. En supplément à la CIM, la Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF; OMS, 2001) propose un langage pour définir et mesurer les conséquences de longue durée des maladies et traumatismes (Fougeyrollas, 2010). De tels travaux, pour en arriver à un consensus sur la scène internationale, ont été réalisés sur une période d'une trentaine d'années. Le but initial de la création de la CIF (Figure 3), au début des années 1970, était d'avoir un supplément à la CIM permettant la prise en compte des conséquences des maladies et des blessures dans un sens large, quelles qu'en soient les causes (Fougeyrollas, 2010). Selon Fougeyrollas (2010), l'objectif de la CIF était d'avoir un langage standardisé pour documenter la chronicité des incapacités. Du même coup, la CIF permettait une meilleure compréhension des déficiences et invalidités suivant des atteintes organiques ou physiques, dans une perspective d'expertise. Il est à noter que la CIF est présentement le modèle de référence sur la scène internationale.

Figure 3. Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF; OMS, 2001)



La CIF est organisée autour des concepts bio-médico-psycho-sociaux et de la complexité des interactions sociales et environnementales. Selon la CIF, le handicap est une situation influencée par différents facteurs, notamment des facteurs corporels et des facteurs sociaux.

D'un point de vue historique, au Québec, certaines critiques ont été émises sur le modèle de la CIDIH, ainsi que sur les outils permettant d'évaluer les situations d'handicaps. Tout d'abord, plusieurs mouvements représentant les personnes vivant un handicap se sont prononcés à l'encontre du CIDIH, en raison d'un manque de représentativité au phénomène du handicap (Fougeyrollas et al., 1999). Ensuite, les

instruments de mesure qui en découlent présenteraient certaines limites méthodologiques et seraient généralement trop sommaires, limitant leur utilité. De plus, selon Fougeyrollas et ses collaborateurs (1999), une limite majeure du modèle CIDIH est sa non-inclusion de l'environnement de l'individu, en tant que facteur explicatif de l'importance des conséquences sociales des maladies et traumatismes.

Le Comité Québécois sur la CIDIH (CQCIDIH), maintenant connu sous le nom de Réseau International sur le Processus de Production du Handicap (RIPPH), a œuvré à l'amélioration de la définition conceptuelle, ainsi que de l'évaluation du handicap, par la révision du CIDIH. Un des buts premiers de cet organisme était de valoriser la prise en compte des facteurs environnementaux comme producteurs de situation d'exclusion sociale (Fougeyrollas, 2010). Un nouveau modèle, nommé *Processus de Production du Handicap* (PPH), est ainsi né et permet l'explication des causes et conséquences des maladies et traumatismes liés à l'intégrité ou au développement de la personne. Ce modèle a été bonifié en 2010 pour devenir le Modèle de développement humain et Processus de production du handicap 2.

6.1.1 Modèle conceptuel du Modèle de développement humain et Processus de Production du Handicap 2

Selon le MDH-PPH 2, une habitude de vie se définit comme étant une activité courante ou un rôle social valorisé par la personne ou son contexte socioculturel, selon ses propres caractéristiques (e.g. âge, sexe, etc.). En situation de vie sociale, la réalisation des habitudes de vie assure la survie et l'épanouissement d'une personne dans sa vie sociale. Ce terme peut aussi être nommé « situation de vie », désignant les activités de la vie courante et sociale d'une personne, par exemple, la prise d'un repas, la planification d'un budget, faire les courses, participer à un événement culturel (Fougeyrollas et al., 1998). Toujours

selon ce modèle, la réalisation des habitudes de vie se mesure sur un continuum allant de la pleine participation sociale à la situation de handicap totale. La participation sociale, un concept important dans l'évaluation des habitudes de vie, comprend les activités quotidiennes et les rôles sociaux que les gens accomplissent dans leur propre environnement (Fougeyrollas et al., 1998). La qualité de la réalisation des habitudes de vie est déterminée par l'interaction des facteurs personnels et environnementaux.

Les facteurs personnels et les facteurs identitaires (e.g. âge, genre, scolarité) sont composés par les systèmes organiques et les aptitudes. Les systèmes organiques se définissent par un ensemble de composantes corporelles visant une fonction commune et allant sur un continuum de l'intégrité à la déficience. Les aptitudes sont la possibilité pour un individu d'accomplir une activité physique ou mentale, allant sur un continuum de la capacité optimale à l'incapacité complète. Ces deux composantes sont donc intrinsèques à la personne (Fougeyrollas et al., 1999). Les facteurs environnementaux sont, quant à eux, les dimensions sociales ou physiques déterminant l'organisation et le contexte d'une société. Ceux-ci se décomposent en environnement sociétal (i.e. MACROsystème), en environnement communautaire (i.e. MÉSOsystème) et en « environnement personnel (i.e. MICROsystème). Ces facteurs s'évaluent sur un continuum allant du facilitateur optimal à l'obstacle complet, qui entrave la réalisation des habitudes de vie, causant la situation de handicap.

Étant donné qu'aucun instrument de mesure n'était disponible afin de couvrir l'ensemble des habitudes de vie et de documenter la résultante de l'interaction entre les facteurs personnels et environnementaux (i.e. les handicaps possibles et la participation sociale), un instrument basé sur le modèle PPH a été développé (Fougeyrollas et al., 1999). La Mesure des Habitudes de VIE (MHAVIE; Fougeyrollas & Noreau, 1998) représente

ainsi un instrument d'évaluation permettant une mesure à long terme des conséquences sociales des déficiences et des incapacités.

6.2 Impact des troubles cognitifs sur la participation sociale

La réalisation des habitudes de vie, sur un continuum allant de la pleine participation sociale à la situation de handicap totale, est affectée par la présence d'un déficit cognitif. Ceci provoque un handicap qui limite la participation, en empêchant totalement ou partiellement la réalisation d'une activité quotidienne. Jette, Keysor, Coster, Ni et Haley (2005) rapportent que dans la première année suivant un programme de rééducation chez des patients avec des pathologies neurologiques, tel qu'un accident vasculaire cérébral (AVC), les déficits cognitifs représenteraient la variable qui affecterait le plus le niveau de participation sociale. En ce sens, certains auteurs mentionnent qu'il serait possible de prédire le fonctionnement dans les activités quotidiennes et sociales par l'intermédiaire d'une évaluation neuropsychologique (e.g. Bennet, 2001; Plehn, Marcopulos & McLain, 2004). En effet, l'étude de Plehn et al. (2004) a mis en évidence que les résultats aux tests neuropsychologiques évaluant la mémoire et les fonctions exécutives ont permis la prédiction des mesures d'indépendance fonctionnelle dans les activités instrumentales de la vie quotidienne et de fonctionnement sociale. Cependant, au-delà de l'évaluation neuropsychologique, il importe de tenir compte de la validité écologique des instruments (Bennett, 2001), et ainsi évaluer le fonctionnement et la réalisation des habitudes de vie, en prenant en compte l'impact des facilitateurs et les obstacles des facteurs environnementaux (Viscogliosi et al., 2010). Peu d'études se sont intéressées à la différenciation de différents domaines cognitifs et des impacts fonctionnels associés à ces atteintes. De plus, les difficultés résultantes d'un déficit cognitif et

l'évolution temporelle de la participation sociale sont encore à découvrir, en fonction de la pathologie ciblée, ainsi que des caractéristiques des individus touchés.

6.3 Vieillesse normale et participation sociale

Il est bien connu que le vieillissement normal s'accompagne d'un déclin de certaines fonctions cognitives. De plus, tel que présenté précédemment, selon le modèle MDH-PPH 2, une diminution des aptitudes d'un individu (e.g. fonctionnement mnésique, attentionnel, exécutif, etc.), en interaction avec les facteurs environnementaux, peut affecter la réalisation des habitudes de vie. Il serait donc normal que le vieillissement normal provoque des limitations quant au niveau de participation sociale. Desrosiers, Noreau et Rochette (2004) ont évalué 189 personnes âgées de plus de 55 ans, vivant en communauté, à l'aide de la MHAVIE (Fougeyrollas & Noreau, 1998). Une diminution significative a été remarquée quant à la participation sociale lors du vieillissement, plus particulièrement chez les personnes de plus de 70 à 75 ans.

Étant donné la diminution de la capacité à réaliser les habitudes de vie lors du vieillissement normal, il importe de connaître les possibles impacts lors d'atteintes cérébrales chez les personnes âgées. En ce sens, Desrosiers, Noreau, Robichaud et al. (2004) ont évalué le fonctionnement de personnes âgées de plus de 60 ans ayant des limitations dans les activités de la vie quotidienne, les activités instrumentales de la vie quotidienne ou de mobilité. Ces personnes demeuraient dans trois environnements différents, soit dans leur propre maison, soit dans un centre de soin privé pour personnes âgées, soit dans un centre de soins de longue durée. Les groupes ont obtenu des résultats fonctionnels différents, permettant aux chercheurs de les différencier sur la base de leur niveau de participation. En effet, les personnes vivant dans un centre de soins de longue

durée se sont avérées plus affectées que les deux autres groupes, qui différaient également entre eux. Cette recherche a également permis de mettre en lumière une corrélation entre les résultats à la MHAVIE et au Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle (SMAF; Hébert, Carrier & Bilodeau, 1988). Ces deux outils possèdent une bonne validité concourante, bien que le SMAF ne soit pas une mesure de réalisation des habitudes de vie.

Desrosiers et ses collaborateurs (2005) ont également évalué la participation d'un groupe de personnes âgées ayant subi un AVC depuis 2 à 4 ans. Les résultats suggèrent que les personnes âgées ayant subi un AVC expérimenteraient des déficits fonctionnels chroniques, lorsque comparées aux participants contrôles ne présentant pas de problèmes de santé. Cependant, les auteurs concluent que les limitations fonctionnelles observées ne seraient pas dues uniquement aux conséquences de l'AVC, mais proviendraient également du processus de vieillissement normal (Desrosiers et al., 2005). En ce sens, les participants contrôles feraient aussi preuve de limites fonctionnelles, mais à un degré moindre que ceux ayant subi un AVC. Une part des restrictions de la participation sociale serait donc imputable au vieillissement normal.

Ces dernières études démontrent l'impact fonctionnel présent lors du vieillissement normal, ainsi que lors d'atteintes cérébrales en cours de vieillissement. Dans la prochaine section, il sera question des effets du TCC sur la réalisation des habitudes de vie.

6.4 Effet du TCC sur la réalisation des habitudes de vie

Dumont, Gervais, Fougeyrollas et Bertrand (2004) ont évalué 53 adultes ayant subi un TCC depuis plus d'un an, dont 10 ayant subi un TCCL. Les participants mentionnaient que la fatigue ressentie suite au traumatisme est la principale cause de réduction de leur participation sociale. Afin de compenser la fatigue, ceux-ci ont diminué leurs activités telles

que les loisirs et le travail. Ainsi, ceux-ci percevaient plus faiblement leur auto-efficacité, résultant en une diminution de leur participation sociale (Dumont et al., 2004).

Pépin, Dumont et Hopps (2000) ont évalué 32 participants ayant subi un TCC (i.e. toute sévérité confondue) sur la base de tests neuropsychologiques et d'une évaluation fonctionnelle, quelques jours suivants le TCC, ainsi qu'à 4 mois et 1 an post-TCC. La moyenne d'âge des participants était de 33.7 ans, et huit d'entre eux avaient subi un TCCL. L'évaluation neuropsychologique révèle des différences significatives pour tous les domaines cognitifs entre le pré-test et le suivi de 4 mois post-TCC, mais aucune différence significative entre le suivi de 4 mois et celui d'un an, suggérant une stabilité des fonctions cognitives. De plus, la participation sociale s'est améliorée significativement pour chacun des temps de mesure. Certaines corrélations étaient présentes entre la participation sociale et quelques variables cognitives. Ainsi, il semblerait qu'en phase aiguë suite à un TCC, les capacités cognitives seraient grandement affectées, d'autant plus que les victimes sont bien souvent en réadaptation durant cette période. Les problèmes de participation sociale présenteraient une amélioration à long terme, notamment lors du retour des patients à leur résidence (Pépin et al., 2000). Selon les auteurs, une évaluation neuropsychologique pourrait prédire les problèmes de participation sociale à long terme.

Une revue de littérature de Temkin, Corrigan, Dikmen et Machamer (2009) portant sur le fonctionnement social plus de six mois après un TCC, incluant 14 études rencontrant des critères de sélection rigoureux, a tenté d'établir des distinctions quant aux degrés de sévérité du TCC. Selon Temkin et ses collaborateurs (2009), il semblerait que plus le TCC est sévère, plus importantes en sont les conséquences sociales. Ainsi, un TCC de nature pénétrante serait associé à une plus longue période de chômage. De plus, un TCC modéré à sévère serait associé à un fonctionnement social plus faible, ainsi qu'à une diminution des

relations sociales. Finalement, sur la base de leur revue de littérature les auteurs n'ont pas pu mettre en lumière une relation entre un TCCL et une diminution du fonctionnement social, le chômage, une diminution des relations sociales et une dépendance dans les activités quotidiennes.

Il est important de noter qu'une grande part des études s'intéressant aux impacts fonctionnels du TCC inclues des participants de toutes sévérités de traumatisme crânio-cérébral, et ne sont donc pas spécifiques au TCCL. De plus, la population ciblée par ces travaux est rarement celle des personnes âgées. Ces recherches demeurent tout de même importantes dans la compréhension des effets potentiels du TCCL au niveau de la réalisation des habitudes de vie. Il est à noter que certaines études ne sont pas incluses dans la présente section en raison de l'absence de présentation des critères ayant servi à l'identification du TCC ou en raison de l'utilisation de critères trop larges ne permettant pas la distinction des TCC (e.g. utilisation du score à l'Échelle de Glasgow comme unique critère d'identification d'un TCC). Certains auteurs ont quant à eux choisi de ne pas inclure de participants ayant subi un TCCL; ces dernières études ne seront donc pas présentées.

6.4.1 Impact du TCC sur la réalisation des habitudes de vie des personnes âgées

Bien que la plupart des TCC soit de nature non-fatale, une grande part de ceux-ci requiert des soins médicaux et sont susceptibles de provoquer des incapacités (Mosenthal et al., 2004). Ceci est d'autant plus vrai chez les personnes âgées, une des populations les plus à risque de subir un TCC, plus particulièrement un TCCL. Certains chercheurs ont mentionné que suite à un TCC, l'âge serait un important prédicteur de l'indépendance fonctionnelle. Selon Susman et ses collaborateurs (2002), malgré un faible niveau de

sévérité du TCC, les personnes âgées seraient plus dépendantes, d'un point de vue fonctionnel, que les jeunes adultes et les personnes âgées n'ayant pas subi de TCC.

L'étude de Mosenthal et al. (2004) a comparé des adultes de 18 à 64 ans ($n = 187$) à des personnes âgées de 65 ans et plus ($n = 44$), plus de 6 mois suite à un TCC quant au niveau d'indépendance fonctionnelle. Pour la majorité des patients (i.e. 40/44 personnes âgées et 182/187 adultes de 18 à 64 ans), un diagnostic de TCCL avait été posé. Les autres souffraient de TCC modéré à sévère. Tous les participants étaient rencontrés après avoir reçu des services de réadaptation. La première conclusion rapportée par Mosenthal et ses collaborateurs (2004) est que la majorité des personnes âgées ayant subi un TCCL sont aptes, 6 mois post-TCCL, à vivre de façon indépendante. En effet, pendant cette période, une évolution significative est rapportée sur la base du *Functional Independence Measure* (FIM; Granger, Hamilton, Zielezny & Sherwin, 1986), une mesure d'indépendance fonctionnelle. Malgré cette évolution, les personnes âgées ayant subi un TCCL requièrent tout de même plus de soins lors du trauma et progresseraient moins rapidement que les plus jeunes. Ce résultat est comparable à ceux de l'étude de Desrosiers et al. (2005), qui avait conclu à l'effet additionnel du vieillissement et d'un AVC pour expliquer les déficits de réalisation des habitudes de vie, malgré les différences possibles entre un TCC et un AVC. La recherche de Mosenthal et al. (2004) semble donc démontrer une bonne récupération fonctionnelle des personnes âgées suivant un TCCL, tout en étant inférieure à celle des adultes plus jeunes. Cependant, quelques limitations méthodologiques doivent être soulignées. Tout d'abord, aucune évaluation neuropsychologique n'a été réalisée. La mise en relation avec le fonctionnement cognitif des participants aurait pu fournir un apport intéressant à la compréhension de la problématique. L'absence de groupe contrôle sain pour chaque groupe d'âge limite les comparaisons. En outre, les tailles d'échantillons

présentaient une grande différence. De plus, aucune mesure ne semble avoir été prise afin de contrôler la présence d'autres pathologies (e.g. trouble cognitif léger, démence, AVC). Finalement, les résultats de cette étude provenaient uniquement de mesures auto-rapportées, et aucun facteur environnemental ne semble avoir été évalué dans la participation sociale des individus.

La recherche de Testa, Malec, Moessner et Brown (2005) a permis de mettre en évidence que des personnes (jeunes et âgées) ayant subi un TCC auraient besoin de plus de soutien dans leur quotidien, telle que l'a démontré l'évaluation fonctionnelle de 1 à 2 années après le TCC, lorsque comparées à un groupe ayant subi une blessure orthopédique. De plus, les personnes âgées ayant subi un TCC, en plus de nécessiter davantage d'aide, subiraient plus de modifications au sein de leur statut d'emploi, ainsi que davantage d'échecs lors de tentatives de retour au travail que les deux autres groupes. De plus, selon les auteurs, la sévérité du TCC ne permettrait pas de prédire le statut d'emploi et l'indépendance fonctionnelle. Il est à noter que 87 des 195 personnes ayant subi un TCC avaient reçu le diagnostic de TCCL. L'âge serait le meilleur indice servant à expliquer le niveau de dépendance fonctionnelle (Testa et al., 2005). Cependant, lors d'une atteinte neurologique, le pronostic s'assombrit lorsque l'âge est pris en compte. Ainsi, Testa et al. (2005) aboutissent à des conclusions similaires à celles de Mosenthal et al. (2004) et Desrosiers et al. (2005) quant à l'importance de l'âge dans la capacité de réalisation des habitudes de vie et de l'effet additionnel d'une atteinte cérébrale.

Leblanc et al. (2006) ont eu recours à trois groupes selon l'âge des personnes ayant subi un TCC : un premier groupe de jeunes (18-39 ans), un second d'âge moyen (40-59 ans), ainsi qu'un groupe âgé (60-99 ans). Pour chacun des groupes, plus de 62% des personnes avaient un TCCL. Tous les participants ont été inclus immédiatement à la fin de

leur processus de réadaptation. Les auteurs rapportent des résultats défavorables pour le groupe le plus âgé, à la sortie de la réadaptation en phase aiguë suite à un TCC. Ainsi, les personnes les plus âgées ont obtenu des scores de fonctionnalité inférieurs (i.e. indépendance fonctionnelle physique et cognitive) aux autres groupes, et ce, peu importe le niveau de sévérité du TCC. Il n'est donc pas surprenant que suite à la réadaptation, les personnes les plus âgées présentent de forts pourcentages de cas se dirigeant dans des centres de soins de longue durée et en résidence pour personnes âgées, plutôt que dans leur propre résidence. Contrairement à Mosenthal et al. (2004), la sévérité du TCC serait un facteur important à considérer. En effet, les patients âgés, suite à un TCC modéré ou sévère présentent plus de difficultés fonctionnelles que ceux ayant subi un TCCL. Il importe aussi de tenir compte du fait que le TCCL chez les plus âgés représentait une cause d'incapacité plus grande que pour les groupes plus jeunes, suggérant un effet plus marqué avec l'âge. Bien que cette étude soit intéressante, l'absence de groupe contrôle limite quelque peu les conclusions.

Étant donné les divergences observées au sein de la littérature, il s'avère important d'évaluer le niveau de réalisation des habitudes de vie chez les personnes âgées ayant subi un TCCL, et en particulier les effets à long terme. De plus, considérant les plaintes cognitives émises par les personnes âgées suite à un TCCL et les changements liés à l'âge, il est pertinent de vérifier à quel point ces changements sont également présents au quotidien, incluant dans la pratique d'activités physiques qui est un loisir fréquent pouvant être bénéfique sur la santé mentale et cognitive des personnes âgées.

6.4.2 Impact du TCC sur la réalisation d'activités physiques

Au sein de littérature scientifique, aucune recherche n'a étudié spécifiquement les effets du TCCL survenu chez la personne âgée sur la réalisation d'activités physiques. Plusieurs études abordent d'une manière générale le fonctionnement des victimes de TCC au quotidien dans plusieurs sphères de la vie quotidienne, sur la base de questionnaires. Par la contre, la sphère des activités physiques semble avoir été négligée. Il importe donc de vérifier si la pratique d'activités physiques est diminuée suivant un TCCL, d'autant plus si ces personnes présentent des difficultés cognitives.

L'équipe de Stulemeijer et al. (2006) s'est intéressé à la fatigue dans les 6 mois suivant un TCCL chez des adultes de 18 à 60 ans. Les chercheurs ont observé que la fatigue rencontrée après un TCCL était, entre autres, associée à une diminution de la pratique d'activités physiques. Comme les participants rencontraient une fatigue à la fois cognitive et physique, ceux-ci diminuaient leurs activités physiques. Ainsi, il est possible que la présence de symptômes post-commotionnels, telle que la fatigue, interfère sur le niveau de participation à des activités physiques. Malgré l'absence de littérature, il peut être supposé que des difficultés cognitives découlant d'un TCCL soient associées à de telles limitations.

Comme la pratique d'activités physiques s'inscrit dans les recommandations données aux personnes âgées afin de prévenir les maladies cardiovasculaires (Bullo et al., 2011) et les démences (e.g. Yaffe & Hoang, 2013), et que celle-ci peut également être un passe-temps important chez les personnes âgées, il semble important de s'attarder à la question de la pratique d'activités physiques chez les personnes âgées ayant subi un TCCL. Ce point sera également abordé dans la présente thèse.

CHAPITRE 7. PRÉSENTATION DE LA THÈSE

7.1 Bref résumé de la problématique

Suite à un TCCL, il est généralement reconnu que la majorité des jeunes adultes qui en sont victimes démontrent une récupération cognitive et fonctionnelle complète dans les trois mois. Certaines études rapportent toutefois que les victimes présentent des plaintes cognitives concernant l'attention, la mémoire, la concentration, la planification et la vitesse de traitement de l'information, et ce, même plusieurs mois après la survenue du TCCL (e.g. Blanchet, Paradis-Giroux, Pépin & McKerral, 2009 ; Bruce & Echemendia, 2003 ; Frencham, Fox & Mayberry, 2005 ; Paré, Rabin, Fogel & Pépin, 2009 ; Perlstein et al., 2004 ; Vanderploeg, Curtiss & Belanger, 2005). Ces difficultés, bien qu'elles ne soient pas objectivées aux tests neuropsychologiques standardisés, pourraient contribuer à de possibles limitations fonctionnelles.

Actuellement, l'effet du TCCL survenu chez la personne âgée est encore mal connu. Chez les personnes âgées ayant subi un TCCL, certaines études rapportent un fonctionnement cognitif normal (e.g. Goldstein, Levin, Goldman, Clark, & Altonen, 2001 ; Rapoport et al. 2008). Selon Goldstein et al. (2001), les personnes âgées ayant subi un TCCL récupérerait, tout comme les jeunes adultes, dans les 3 mois suivant le TCCL. Au contraire, Mazzucchi et ses collaborateurs (1992) font mention d'un pronostic pouvant être défavorable suite à un TCCL. L'étude de Rapoport et ses collaborateurs (2006) rejoint celle de Goldstein et al. (2001). Selon ceux-ci, après un an, les personnes âgées ayant subi un TCCM présentaient des performances plus faibles que les personnes âgées ayant subi un TCCL et des participants contrôles à des tests évaluant la mémoire épisodique verbale, le langage, la vitesse de traitement de l'information, le fonctionnement exécutif et la réalisation d'activités quotidiennes telles qu'évaluées par un proche. En 2008, Rapoport et

ses collaborateurs ont rapporté qu'aucun déficit neuropsychologique n'était présent chez un groupe de personne âgées ayant subi un TCCL, et ce, deux ans après le TCCL. Cependant, dans les études de Goldstein et al. (2001) et de Rapoport et al. (2008), uniquement des tests neuropsychologiques standardisés réalisés en situation d'attention pleine ont été administrés. Ces tests pourraient ainsi avoir manqué de sensibilité à la présence d'un dysfonctionnement subtil du système de contrôle exécutif.

Il est connu que le vieillissement normal s'accompagne d'un déclin de la mémoire épisodique. Selon la théorie de la diminution des ressources attentionnelles (Craik, 1986 ; Craik & Byrd, 1982 ; Hasher & Zacks, 1979), ce déclin mnésique lié à l'âge serait associé à une réduction des ressources attentionnelles qui affecterait les processus d'encodage et de récupération en mémoire les plus exigeants en ressources attentionnelles (e.g. Craik & McDowd, 1987 ; Luo & Craik, 2008). Naveh-Benjamin (2000) propose également *l'hypothèse d'un déficit associatif* pour expliquer les difficultés en mémoire épisodique dans le vieillissement normal. Selon cette hypothèse, le déclin en mémoire épisodique proviendrait d'une relative incapacité des personnes âgées à former et à récupérer des liens entre des unités d'information (e.g. deux items à mémoriser ensemble, un item et son contexte ou deux éléments contextuels). Ainsi, il deviendrait plus difficile, lors du vieillissement normal, de mettre spontanément en œuvre des stratégies pour créer un lien sémantique entre deux mots à mémoriser. Cette difficulté présente chez les personnes âgées expliquerait certaines difficultés d'encodage et de récupération. Il importe donc de vérifier si un vieillissement au cours duquel se produit un TCCL provoque des difficultés mnésiques.

La réalisation d'une tâche de mémoire épisodique complexe en situation d'encodage en attention divisée a permis de mettre en lumière des performances mnésiques déficitaires

en rappel libre pour du matériel visuo-imagé (Mangels et al., 2002), ainsi que pour différents modes de rappel (libre, indicé, reconnaissance) avec du matériel visuo-verbal (Blanchet et al., 2009) chez de jeunes adultes ayant subi un TCCL. Actuellement, l'effet combiné du vieillissement et du TCCL sur les processus mnésiques et exécutifs a été peu étudié avec des épreuves neuropsychologiques sensibles chez la personne âgée ayant subi un TCCL. Ainsi, il est pertinent de vérifier si une tâche de mémoire épisodique administrée en attention divisée est sensible à un possible dysfonctionnement du système de contrôle exécutif, tel que démontré chez de jeunes adultes.

Le vieillissement normal s'accompagne d'un déclin de certaines fonctions cognitives. Selon le Modèle de Développement Humain - Processus de production du handicap (MDH-PPH 2 ; Fougeryollas, 2010), un déclin des aptitudes (e.g. fonctionnement mnésique, attentionnel, exécutif) peut affecter la réalisation des habitudes de vie. Il semble donc normal que le vieillissement provoque des limitations quant au niveau de la participation sociale. Selon Desrosiers, Noreau et Rochette (2004) une diminution significative a été remarquée quant à la participation sociale lors du vieillissement normal, plus particulièrement chez les personnes de plus de 70 à 75 ans. Étant donné cette diminution lors du vieillissement normal, il importe de connaître les possibles impacts d'un TCC, même de sévérité légère, survenu chez la personne âgée.

Dumont, Gervais, Fougeryollas et Bertrand (2004) qui ont évalué des adultes ayant subi un TCC depuis plus d'un an rapportent que la fatigue ressentie suite au TCC est la cause principale de la réduction de la participation sociale. Afin de compenser cette fatigue, les victimes ont eu recours à une réduction de leurs activités tels que les loisirs et le travail. Stulemeijer et al. (2006) mentionne que la fatigue présente dans les 6 mois suivant un

TCCL chez des adultes de 18 à 60 ans serait également associée à une diminution de la pratique d'activités physiques.

Selon Temkin, Corrigan, Dikmen et Machamer (2009), plus le TCC est sévère, plus importantes en sont les conséquences sociales. Par contre, aucune relation entre un TCCL et une diminution du fonctionnement social, le chômage, une diminution des relations sociales et une perte d'indépendance dans les activités quotidiennes n'a été observée, malgré les plaintes des victimes.

Très peu d'études se sont attardées spécifiquement aux impacts fonctionnels du TCCL chez les personnes âgées. Certains chercheurs ont mentionné que suite à un TCC, l'âge serait un important prédicteur de l'indépendance fonctionnelle. Selon Susman et ses collaborateurs (2002), malgré un faible niveau de sévérité du TCC, les personnes âgées seraient plus dépendantes, d'un point de vue fonctionnel, que les jeunes adultes.

Mosenthal et al. (2004) ont comparé le niveau d'indépendance fonctionnelle d'adultes de 18 à 64 ans à des personnes âgées de 65 ans et plus, plus de 6 mois suite à un TCC. D'après les chercheurs, la majorité des personnes âgées ayant subi un TCCL étaient aptes, 6 mois post-TCCL, à vivre de façon indépendante, mais nécessitaient plus de soins lors du trauma et progressaient moins rapidement que les plus jeunes. Cette recherche semble donc démontrer une bonne récupération fonctionnelle des personnes âgées suite à un TCCL, bien que étant inférieure aux jeunes adultes ayant subi un TCCL.

Leblanc, de Guise, Gosselin, et Feyz (2006) ont comparé 3 groupes selon l'âge des personnes ayant subi un TCC : un premier groupe de jeunes (18-39 ans), un second d'âge moyen (40-59 ans), ainsi qu'un groupe âgé (60-99 ans). Ces participants ont été rencontrés à la fin de leur processus de réadaptation. Cette étude a démontré que l'impact du TCC était plus grand chez les personnes âgées.

Ce projet vise donc à vérifier les effets du TCCL chez la personne âgée au niveau de ces processus cognitifs, en lien avec les habitudes de vie.

7.2 Objectifs

Le premier objectif de ce projet était d'évaluer si la survenue d'un TCCL entre 1 an à 6 ans auparavant chez des personnes âgées affecte les performances mnésiques et attentionnelles. Pour répondre à cet objectif, une tâche de mémoire épisodique composée de paires de mots, manipulant le niveau d'attention (pleine et divisée) et la congruence sémantique (liés et non liés sémantiquement) entre les mots lors de la phase d'apprentissage, a été administrée. Le mode de rappel est aussi manipulé (rappel libre, rappel indicé et reconnaissance). La tâche secondaire utilisée en attention divisée consistait quant à elle à appuyer sur une touche de l'ordinateur dès qu'un chiffre impair était entendu. Afin d'atteindre les objectifs, 27 personnes âgées ayant subi un TCCL entre 1 an et 6 ans, ainsi que 27 participants contrôles appariés selon le genre, le niveau de scolarité et la latéralité, ont été évalués à l'aide d'une batterie d'évaluation neuropsychologique standardisée et de la tâche expérimentale de mémoire épisodique. La batterie d'évaluation neuropsychologique a permis d'évaluer la mémoire épisodique, la mémoire de travail, les processus attentionnels basiques, les fonctions exécutives et le langage.

Le second objectif était d'évaluer si les effets du TCCL chez les personnes âgées interfèrent avec leur niveau de réalisation des habitudes de vie et d'activité physique. Pour cet objectif, les participants du projet ont complété des questionnaires évaluant différentes sphères fonctionnelles de la vie quotidienne. Afin de corroborer leur auto-évaluation, un proche de chacun des participants a également complété ces questionnaires. Cet objectif sera abordé en lien avec le modèle MDH-PPH 2 décrit précédemment.

7.3 Hypothèses

Concernant le premier objectif, au paradigme de mémoire épisodique, il était attendu que, suite à un encodage en attention divisée, les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent des performances mnésiques plus faibles que les personnes âgées contrôles lors du rappel libre, du rappel indicé et de la reconnaissance. Les participants âgés ayant subi un TCCL devraient avoir plus de difficultés à mettre en place des stratégies de catégorisation sémantique que les personnes âgées contrôles. Suite à un encodage en attention pleine, il était attendu que les deux groupes rappellent autant de mots, peu importe le mode de rappel.

Le groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL devrait présenter des performances équivalentes à celles du groupe contrôle à la batterie d'évaluation neuropsychologique standardisée. Cependant, compte-tenu de la littérature portant sur les jeunes adultes ayant subi un TCCL (Blanchet et al., 2009), des résultats inférieurs étaient attendus aux tâches sollicitant le système de contrôle exécutif (e.g. Paradigme de Brown-Peterson).

Il est bien connu que plusieurs plaintes cognitives subjectives sont émises plusieurs mois suivant la survenue d'un TCCL. Pour le second objectif, il était donc d'abord attendu que les personnes âgées ayant subi un TCCL émettent davantage de plaintes mnésiques et attentionnelles, sur la base du Rivermead Post-Concussion Symptoms Questionnaire (RPCSQ; King, Crawford, Wenden, Moss & Wade, 1995), un questionnaire évaluant les symptômes post-commotionnels. L'auto-évaluation du fonctionnement mnésique, réalisée avec le Questionnaire d'Auto-évaluation de la Mémoire (QAM; Van der Linden et al., 1989), des personnes ayant subi un TCCL devait donc révéler davantage de plaintes au quotidien que chez le groupe contrôle. De plus, il était attendu que les personnes âgées

ayant subi un TCCL mentionnent plus de difficultés quant à la réalisation de leurs habitudes de vie, en particulier les activités les plus complexes (dans lesquelles la panification de plusieurs étapes est requise), telles qu'évaluées avec la MHAVIE. En outre, il était attendu que les proches des personnes âgées ayant subi un TCCL mentionnent davantage de difficultés que les proches du groupe contrôle, aux précédentes échelles (MHAVIE, QAM). Finalement, il était attendu que les personnes âgées ayant subi un TCCL montrent davantage de limitations dans la réalisation d'activités physiques, tel que mesuré par le Physical Activity Scale for the Elderly (PASE; Washburn, Smith, Jette & Janney, 1993).

7.4 Méthodologie

7.4.1 Participants

Afin de réaliser ce projet, 27 personnes âgées entre 55 et 85 ans ayant subi un TCCL 1 an à 6 ans auparavant, ainsi que 27 participants contrôles appariés selon l'âge (± 5 ans), le genre, le niveau de scolarité (± 2 ans) et la latéralité manuelle, ont été recrutés. Pour les personnes ayant subi un TCCL, celui-ci devait être survenu à l'âge de 55 ans ou plus. Tous devaient être francophones et présenter une vision et une audition normale ou corrigée.

7.4.1.1 Critères d'inclusion. Les personnes ayant subi un TCCL ont été sélectionnées selon les critères du « Task Force » sur le TCCL de l'Organisation Mondiale de la Santé (Carroll et al., 2004). Le TCC est considéré de sévérité légère s'il est accompagné de l'une des manifestations suivantes : (a) une altération de l'état mental au moment de l'accident ou dans les premiers moments suivant l'accident (e.g. confusion, désorientation); (b) une perte de conscience d'une durée de 30 minutes ou moins; (c) une perte de mémoire pour les événements ayant eu lieu juste avant ou après l'accident d'une durée inférieure à 24 heures et/ou; (d) un ou plusieurs déficit(s) neurologique(s) focal(aux)

transitoire(s) ou plus durable(s) comme des signes focaux ou des lésions intracrâniennes qui ne requièrent pas de chirurgie. Des anomalies cérébrales peuvent être présentes à l'examen tomodensitométrie ou à l'imagerie par résonance magnétique, sans qu'il y ait de lésion cérébrale pénétrante. De plus, le résultat à l'échelle de coma de Glasgow doit être égal ou supérieur à 13/15 dans les 30 minutes suivant l'arrivée aux services des urgences. Les précédentes manifestations cliniques ne doivent pas être la conséquence d'une consommation ou d'une intoxication à l'alcool, aux drogues, à la médication, ou tout autres problèmes (e.g. traumatisme psychologique, barrières du langage, autres conditions médicales concomitantes).

Tous les patients ont été évalués au moins un an après la survenue du TCCL, et ce, afin qu'ils aient bénéficié du maximum de la récupération spontanée (Dikmen et al., 2001). Le recrutement des personnes âgées ayant subi un TCCL a été principalement réalisé à l'Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec (IRDQP) et au Centre Hospitalier affilié (CHA) Enfant-Jésus. Le projet a aussi été effectué à l'Institut de réadaptation de Montréal (IRM), afin de faciliter le recrutement des participants.

7.4.1.2 Critères d'exclusion. Pour l'ensemble des participants, les critères d'exclusion étaient les suivants : (a) antécédents de maladies psychiatriques ou neurologiques (e.g. accident vasculaire cérébral, TCC subi antérieurement, épilepsie); (b) présence ou antécédents d'alcoolisme, défini par trois consommations ou plus par jour prises de façon régulière; (c) avoir subi une anesthésie générale dans les 6 mois précédant les rencontres d'évaluation; (d) usage de médication connue pour interférer sur les fonctions cognitives (e.g. benzodiazépines à fortes doses, neuroleptiques); (e) un score égal ou supérieur au seuil clinique de quatre à l'échelle vasculaire d'Hachinski (Hachinski et al., 1975), afin de prévenir les effets négatifs potentiels de facteurs de risque vasculaires sur

la cognition; (f) présence de symptômes dépressifs observés au Geriatric Depression Scale (GDS; Bourque, Blanchard & Vézina, 1990). Pour les participants ayant recours à des antidépresseurs, l'usage de cette médication devra être débutée depuis au moins 6 mois, afin de s'assurer de la stabilité de celle-ci. De plus, les participants ayant obtenu un score de 10 et plus à la GDS-30 items (Bourque, Blanchard & Vézina, 1990) ont été exclus, car un tel score est associé à la présence d'une possible dépression majeure.

Les participants contrôles présentant les caractéristiques d'un trouble cognitif léger étaient exclus sur la base de l'évaluation neuropsychologique. Bien que n'atteignant pas les critères de la démence, les personnes avec un trouble cognitif léger ont un risque accru d'évoluer vers une démence (Petersen et al., 2010). Les personnes qui rencontraient les critères diagnostiques du trouble cognitif léger (Petersen, 2004), dont des performances situées à 1.5 écart-type ou plus en deçà des normes aux tests standardisés évaluant la mémoire épisodique et/ou à un ou plusieurs autres tests cognitifs étaient donc exclues. De plus, afin d'écartier les possibilités qu'un déclin cognitif ait été présent avant la participation à l'étude, une version courte du Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE; Jorm, 1994) a été complétée auprès d'un proche de chaque participant. Il s'agit d'un court questionnaire adressant le changement cognitif sur les 10 dernières années. Cet outil permet de surmonter les biais provenant de la culture et du niveau de scolarité.

7.4.2 Évaluation neuropsychologique

Chacun des participants a été soumis à une évaluation neuropsychologique standardisée. La batterie utilisée évaluait la mémoire épisodique verbale et non verbale, la mémoire de travail, les processus attentionnels basiques (i.e. attention sélective et attention soutenue), les fonctions exécutives et le langage (i.e. dénomination). Tout d'abord, l'échelle

de détérioration globale des fonctions cognitives du Mattis Dementia Rating Scale (MDRS; Mattis, 1976), le Mini-Mental State Examination (Folstein et al., 1975) et l'échelle ischémique de Hashinski (Hachinski et al., 1975), pour évaluer les facteurs de risque vasculaires étaient administrés. La mémoire épisodique verbale et non verbale étaient respectivement évaluées à l'aide du Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT; Schmidt, 1996) et de l'épreuve de *Reproduction Visuelle* du Weschler Memory Scale-III (MEM-III; Weschler, 2001). La mémoire de travail pour le matériel verbal était évaluée par le Paradigme de Brown-Peterson (PBP; Belleville et al., 1992) et par le sous-test *Mémoire de chiffres* (MEM-III; Weschler, 2001). L'empan visuo-spatial était documenté par le sous-test des *Blocs de Corsi* de l'Échelle Clinique de la Mémoire, troisième édition (MEM-III; Weschler, 2001). Le *Trail Making Test* conditions 2, 3 et 4 de la batterie Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS; Delis, Kaplan & Kramer, 2001) a permis l'évaluation du fonctionnement attentionnel et exécutif. L'attention sélective et soutenue, en modalité visuelle, ont été évaluées par le Test Informatisé de Fonctions Attentionnelles (TIFA; Pépin, Laporte & Loranger, 2006). Le Continuous Performance Test (CPT; Conners, 1995) évaluait également l'attention soutenue en modalité visuelle. Le Victoria Stroop Test (VST; Troyer, Leach & Strauss, 2006), en plus d'évaluer l'attention, a permis d'investiguer la sensibilité à l'interférence et la capacité d'inhibition des participants. Le langage a été évalué par une version courte de 15 items du Boston Naming Test (BNT; Kaplan, Goodglass & Wintraub, 1983), une tâche de dénomination. Une évaluation sommaire des fonctions pratiques-constructives était réalisée sur la base de la copie de la Figure Complexe de Rey (Rey-Osterrieth Complex Figure, ROCF; Rey, 1960). Les capacités verbales et connaissances sémantiques ont été estimées à partir des sous-tests *Informations* et *Connaissances* de la Weschler Adult Intelligence Scale troisième édition

(WAIS-III; Weschler, 1997), pour s'assurer que les groupes soient au même niveau dans les capacités verbales.

La présence de dépression et le niveau d'anxiété ont été respectivement évalués par la GDS (Bourque, Blanchard & Vézina, 1990), ainsi que par l'Inventaire d'Anxiété Situationnelle et de Trait d'Anxiété, formes X et Y (IASTA; Spielberg, 1983).

Afin de vérifier la présence de symptômes post-commotionnels, les participants devaient compléter le Rivermead Post-Concussion Symptoms Questionnaire (RPCSQ; King et al., 1995) permettant d'évaluer les symptômes actuels en comparaison avec leur état avant le TCCL, tout en quantifiant la sévérité symptomatique. Les participants contrôles devaient également compléter une version modifiée du RPCSQ, évaluant leur état actuel sans toutefois faire référence à la présence d'un TCC.

Finalement, le Physical Activity Scale for the Elderly (PASE; Washburn, Smith, Jette & Janney, 1993), un questionnaire évaluant la quantité et le niveau de réalisation d'activité physique, a été administré afin de quantifier le niveau d'activité physique des participants sur une période d'une semaine.

7.4.2.1 Paradigme expérimental de mémoire épisodique.

Afin d'évaluer l'effet de la charge attentionnelle en encodage, une tâche de mémoire épisodique inspirée de la tâche de Blanchet et al. (2009) a été administrée (Figure 4). Cette tâche est composée de paires de mots a été effectuée par les participants, à l'aide d'un ordinateur. La tâche se divise en deux conditions, réalisées lors de deux rencontres différentes. Chacune des conditions manipule le niveau d'attention. L'encodage est réalisé dans un premier temps en attention pleine, et dans un second temps en attention divisée. Lors de la phase d'apprentissage, 24 paires de mots sont présentées. Chacune des paires est

composée d'un mot-cible (i.e. 24 mots devant être rappelés) et d'une catégorie (i.e. trois catégories au total, associées à huit mots-cibles). La relation sémantique entre les paires de mots est manipulée (i.e. liés sémantiquement et non-liés sémantiquement). Ainsi, 12 paires de mots sont reliées sémantiquement et 12 paires ne sont pas reliées sémantiquement. Le participant doit mémoriser l'association des paires de mots qui lui seront présentées à trois reprises, chaque fois suivies par un rappel libre des mots-cibles. Avant de débiter chacun des rappels libres, il est demandé au participant de compter le plus rapidement possible à partir d'un chiffre qui apparaît à l'écran, et ce, pendant une période de 30 secondes. Ce comptage permet d'éviter l'autorépétition des mots tout juste avant le rappel. Suite aux trois phases d'apprentissage, un rappel indicé est effectué, durant lequel les trois catégories sémantiques sont présentées l'une après l'autre. Le participant doit alors rappeler le plus de mots possibles qui étaient inscrits avec la catégorie présentée. Suite à cet indiçage, une tâche de reconnaissance est effectuée. Tous les mots-cibles sont alors présentés un à un, parmi 24 distracteurs liés sémantiquement et non-liés sémantiquement. Il est demandé au participant de dire si les mots faisaient partie de ceux appris précédemment ou non, et dans l'affirmative, de dire avec quelle catégorie ils étaient inscrits.

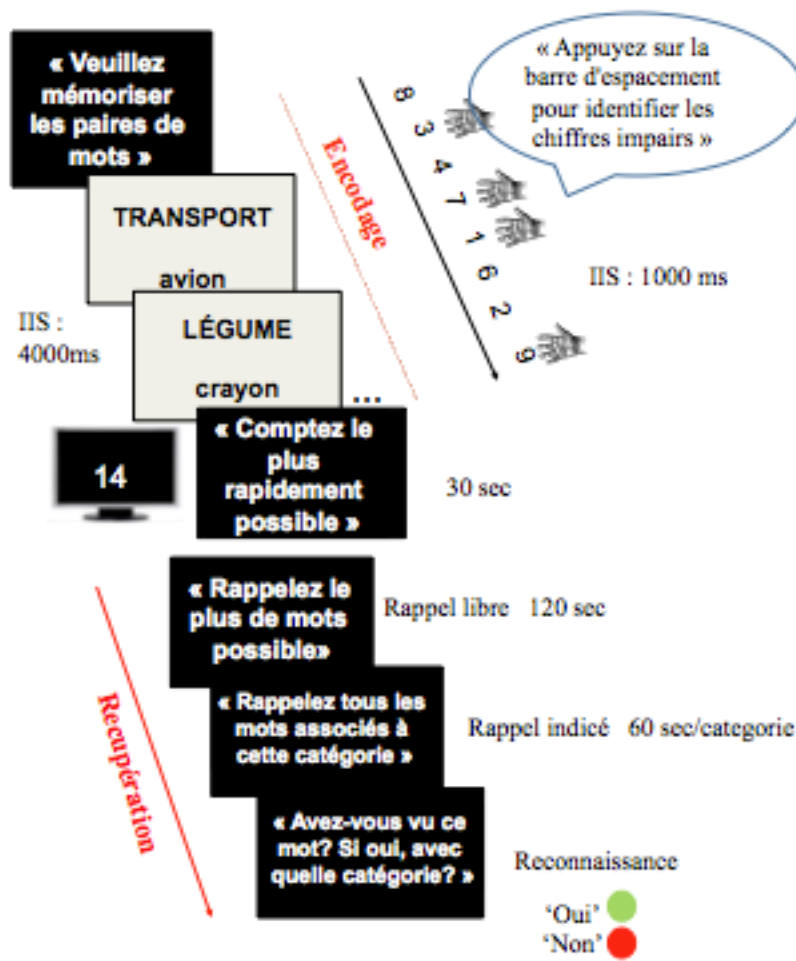
Lorsque l'encodage est effectué en attention divisée, la tâche secondaire consiste à appuyer sur la barre d'espacement de l'ordinateur dès qu'un chiffre impair a été entendu. Il est indiqué aux participants de diviser leur attention entre les deux tâches, car ces deux résultats sont analysés de façon égalitaire. Préalablement, une tâche de monitoring a été effectuée pour s'assurer que les participants connaissent les chiffres impairs et maîtrisent la tâche secondaire.

Deux listes différentes de mots ont été utilisées, pour éviter l'apprentissage entre la première et la deuxième séance. De plus, quatre versions différentes de chaque liste de mots

ont été utilisées, dans lesquelles l'ordre de présentation des paires de mots est différent. Les participants y ont été assignés aléatoirement de façon à contrebalancer les conditions de présentation de la tâche de mémoire.

Il est à noter que la tâche originale de Blanchet et al. (2009) comprenait quatre catégories sémantiques et 32 paires de mots. La présente tâche a été réduite à 24 paires de mots et trois catégories sémantiques afin de tenir compte du vieillissement normal et de la réduction de la performance en mémoire épisodique.

Figure 4. Illustration du paradigme de mémoire épisodique.



7.4.3 Échelles sur les habitudes de vie

La réalisation des habitudes de vie a été évaluée à l'aide du questionnaire de la Mesure des Habitudes de Vie (MHAVIE; Fougeryollas & Noreau, 1998). Cet outil, basé sur le modèle du MDH-PPH 2, décompose les habitudes de vie en activités simples et complexes. Le profil de situations potentielles de handicap peut être identifié chez le répondant. Pour chacune des habitudes de vie citées, le participant doit indiquer le degré de difficulté dans la réalisation, le type d'aide requis à la réalisation, ainsi que son niveau de satisfaction en lien avec le degré de réalisation. Tous les participants ont complété le questionnaire, ainsi qu'un de leur proche, afin d'avoir une vision extérieure aux difficultés pouvant être vécues par l'individu. Il importe de noter qu'une version abrégée de la MHAVIE a été utilisée pour la présente thèse. En effet, seuls les items de la vie quotidienne jugés comme étant les plus complexes, c'est-à-dire ceux jugés comme requérant plusieurs opérations cognitives, ont été conservés, comme les items relevant de : préparation d'un repas; condition physique; condition mentale; soins de santé; communication orale et corporelle; télécommunication; responsabilités financières; consommation; éducation; occupation rémunérée; occupation non rémunérée.

Le Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle (SMAF; Hébert, Carrier & Bilodeau, 1998) a également été utilisé. Bien que corrélé aux résultats de la MHAVIE, le SMAF évalue un nombre plus restreint de fonctions, couvrant les activités de la vie quotidienne, la mobilité, la communication, les fonctions mentales et les tâches domestiques. De plus, la MHAVIE sert à mesurer les habitudes de vie et les rôles sociaux

plus complexes que celles du SMAF, ce dernier évaluant l'autonomie sur la base des critères du CIF (OMS, 1990).

Pour évaluer l'impact du TCCL sur la mémoire au quotidien, le Questionnaire d'Auto-évaluation de la Mémoire (QAM; Van der Linden, Wijns, Von Frenkell, Coyette & Seron, 1989) a été utilisé. Il permet aux participants de documenter les oublis aux quotidiens, tel qu'observé dans les loisirs, les conversations, l'utilisation d'objets, les lieux, la vie personnelle et les actualités. Une version de ce questionnaire a été complétée par un proche du participant.

7.5 Procédure

Lors de la prise de contact avec les participants, un questionnaire de recrutement était utilisé pour recueillir les données socio-démographiques de ceux-ci. L'échelle ischémique de Hachinski était administrée à ce moment. Les participants retenus étaient invités à une première rencontre durant laquelle un formulaire de consentement était signé. La tâche de mémoire épisodique en attention pleine était administrée lors de cette première rencontre, ainsi qu'une première partie de la batterie d'évaluation neuropsychologique. À la fin de la rencontre, les questionnaires devaient être complétés par le participant et un proche étaient remis, afin d'être complétés pour la seconde rencontre. Celle-ci avait lieu une semaine après la première rencontre. Les questionnaires étaient récupérés à la seconde rencontre et la tâche de mémoire épisodique en attention divisée était réalisée. La batterie d'évaluation neuropsychologique était également terminée. Ces deux rencontres avaient une durée approximative de deux heures, comprenant une pause. Afin de couvrir les frais de déplacement, 15\$ était remis à la fin de chacune des rencontres.

Tous les participants ont été rencontrés en matinée, car les personnes âgées sont plus performantes cognitivement à ce moment (Martin, Buffington, Welsh-Bohmer & Brandt, 2008). Les rencontres ont eu lieu au Centre Interdisciplinaire de Recherche en Réadaptation et Intégration Sociale (CIRRS) de l'Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec, ainsi qu'à l'Institut de réadaptation de Montréal Gingras-Lindsay (IRMGL). Un local d'évaluation calme, ne présentant pas de distractions était réservé pour les évaluations.

CHAPITRE 8. ARTICLE 1 : EPISODIC MEMORY IN RELATION TO ATTENTIONAL AND EXECUTIVE CONTROL PROCESSES FOLLOWING A MILD TRAUMATIC BRAIN INJURY IN OLDER ADULTS.

Episodic memory in relation to attentional and executive control processes following a mild traumatic brain injury in older adults

BOLDUC, F.¹, MCKERRAL, M.², GÉLINAS, I.³ PÉPIN, M.¹ & BLANCHET, S.¹

¹ School of Psychology, Université Laval, and Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation and Social Integration (CIRRIS) - Institut de réadaptation en déficience physique de Québec (IRDPQ), Quebec City (QC), Canada

² Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation of Greater Montreal - Centre de Réadaptation Lucie-Bruneau, and Department of Psychology, Université de Montréal, Montreal (QC), Canada

³ Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation of Greater Montreal – Jewish Rehabilitation Hospital, and School of Physical & Occupational Therapy, McGill University, Montreal (QC), Canada.

Corresponding author: Sophie Blanchet, Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation and Social Integration (CIRRIS) - Institut de réadaptation en déficience physique de Québec (IRDPQ), 525, boul. Hamel, Québec (Québec) G1M 2S8 Canada. E-mail: sophie.blanchet@rea.ulaval.ca

8.1 Abstract

Older adults have an increased risk of sustaining a mild traumatic brain injury (MTBI). The most frequent complaints following MTBI concern episodic memory and attention. Age-related effects on episodic memory are well established. The impact of the MTBI on these

processes may be combined with previously demonstrated effects of normal aging. In the current study, the objective was to examine how a MTBI sustained in older adults over a year prior impacts the executive control processes involved in episodic memory, as well as attentional processes. Twenty-seven older adults who sustained a MTBI between 1 and 6 years prior, and 27 matched controls participated at this study. An experimental memory paradigm manipulating the attention level [Full Attention (FA), Divided Attention (DA)] and the semantic link between the word pairs (semantically related, semantically unrelated) during learning, as well as the recall modes (free, cued, recognition), was administered. Results showed that older individuals with MTBI have a different learning curve than controls on free recall trials in the experimental memory paradigm. Older individuals with MTBI also had a greater percent decline of recalled words from divided attention to full attention for semantically unrelated words in cued recall mode than controls. Finally, older individuals with MTBI benefited less than controls from the cues in cued recall mode. These findings are related to a subtle executive dysfunction affecting episodic memory performance. This is the first study that demonstrated a greater associative deficit following a MTBI than in normal aging. It remains to be investigated how a MTBI in older adults causes functional limitations.

Keywords: Mild traumatic brain injury; episodic memory; aging; associative deficit; attention.

8.2 Introduction

The incidence of mild traumatic brain injury (MTBI) follows a bimodal distribution, with a first peak of incidence occurring in young adults 15 to 24 years of age, and a secondary peak in the elderly, particularly among individuals over 70 years of age (Kraus, Peek-Asa

& McArthur, 2000). Due to the demographic aging of the world's population, the incidence of traumatic brain injuries in the elderly increases exponentially. The majority of young adults who have sustained a MTBI fully recover their daily life functioning. However, some complaints can persist a few months or even years after the injury occurs (e.g. Binder, Rohling, Larrabee, 1997; Blanchet, Paradis-Giroux, Pépin & McKerral, 2009; Dikmen, McLean, Temkin, 1986). The most frequent complaints concern deficits in memory and attention abilities, which can contribute to difficulties reported in daily activities (e.g. Bruce & Echemendia, 2003).

Episodic memory refers to the ability to remember specific past events in their temporal and spatial context. It involves three different stages: encoding, storage and retrieval (Tulving, 1983). These different stages involve not only episodic memory processes, but also attentional and executive processes. The efficiency of encoding depends on the availability of attentional resources, as well as the ability to distribute them according to a specific goal (Anderson, Craik & Naveh-Benjamin, 1998). The allocation of attentional resources during encoding is under the conscious control of the executive control process (e.g. Guez & Naveh-Benjamin, 2006). The availability of attentional resources in encoding can be investigated using memory tasks performed under divided attention conditions during this stage (e.g. Anderson et al., 1998; Blanchet et al., 2009; Mangels, Craik, Levine, Schwartz & Stuss, 2002). In a divided attention situation, the executive control system allows the coordination of attentional resource allocation between two concurrent tasks (Anderson et al., 1998; Craik, Govoni, Naveh-Benjamin & Anderson, 1996). Moreover, it is well known that encoding in divided attention (DA) interferes with the use of efficient strategies, and consequently decreases subsequent memory performance (e.g. Naveh-Benjamin, Guez & Marom, 2003). Notably, a secondary task especially interferes with the

efficient use of semantic or organizational strategies in encoding (Anderson et al., 1998; Iidaka, Anderson, Kapur, Cabeza, Craik, 2000).

Retrieval in episodic memory requires an increased involvement of executive control processes when fewer environmental supports are provided during recall (Naveh-Benjamin & Guez, 2000). Free recall requires the self-initiation of strategy and recruits more executive control processes than recall modes offering greater environmental supports like cued recall or recognition (Naveh-Benjamin & Guez, 2000). In young, healthy individuals, the detrimental effects of a secondary task are more pronounced in encoding than in retrieval (Fernandes, Craik, Bialystok & Kreuger, 2007) whatever the recall mode (i.e. free recall, cued recall, and recognition). Thus, an interfering task directly alters the quality of the encoding processes (e.g. Craik et al., 1996; Fernandes et al., 2007; Naveh-Benjamin, Craik, Gavrilesco & Anderson, 2000; Naveh-Benjamin, Guez & Marom, 2003; Naveh-Benjamin, Craik, Guez & Kreuger, 2005; Schmitter-Edmecombe & Woo, 2007). Episodic memory and memory-related processes (i.e. executive and attentional processes) are the cognitive functions which are most vulnerable to MTBI as well as aging effects.

MTBI remains a controversial issue in the scientific and clinical communities, because of the variable presence of long-term subtle cognitive sequelae. However, several authors have referred to the MTBI as a “silent epidemic” (e.g. Ruff, 2011). During the acute phase of the MTBI, it is well established that multiple physical, emotional, and cognitive symptoms can be observed (e.g. Banville, Villemure & Nolin, 2008). Generally, young individuals assessed with standardized tests three months after MTBI are found not to suffer from disorders of episodic memory (e.g. Binder, Rohling & Larrabee, 1997; Blanchet et al., 2009). However, some people continue to complain about their memory more than three months after their injury (Dikmen, Machamer & Temkin, 2001). The

previous findings are based on studies where episodic memory was assessed in FA condition. In contrast, Mangels et al. (2002) found impaired memory performance in free recall in young adults with MTBI when they memorized pairs of pictorial stimuli under a DA condition. In 2009, Blanchet et al. also found similar results for verbal stimuli, which do not benefit from dual coding as pictorial stimuli do. Performances were impaired in young adults who sustained a MTBI, regardless of recall mode (i.e., free recall, cued recall and recognition), as compared to matched young adults. In both prior studies, the authors concluded that the impaired memory performance after encoding under DA conditions was secondary to a dysfunction of executive control. These results are consistent with other investigations showing that young adults with MTBI present impairments in various DA tasks (Cicerone, 1996).

In contrast to these deficits, patients perform normally on tasks soliciting more basic attentional processes. Sustained attention allows for the maintenance of consistent behavioural responses over time during a continuous task. Selective attention refers to the ability to attend to specific items despite the presence of distracting stimuli. Sustained attention and selective attention were reported to be preserved following a MTBI in young adults (Blanchet et al., 2009; Cicerone, 1996). The MTBI might therefore cause a decrease in the availability of attentional resources, and consequently, a decrease in available cognitive reserves for processing tasks in DA situations.

It has been reported that elderly individuals with MTBI may suffer from cognitive deterioration of variable severity. Initially, in a sample of 44 individuals older than 50 years of age, Mazzuchi et al. (1992) dissociated sub-groups on the basis of the intellectual quotient (IQ) measured by the Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised (WAIS-R). Approximately 10 months after the onset of the MTBI, 8 adults had an IQ close to their

premorbid level. However, 4 adults exhibited mild deterioration, 12 had moderate deterioration, and 13 demonstrated severe deterioration. Finally, 7 patients had evolved to dementia. These results suggest that a MTBI occurring in elderly individuals may induce severe cognitive deficits. In contrast, Goldstein et al. (2001) reported preserved verbal episodic memory, attention and executive functions in elderly persons with MTBI. According to Goldstein and Levin (2001), it is the presence of cerebral alterations that determines the existence of cognitive deficits in elderly persons with MTBI. Those who had cerebral abnormalities, evidenced by magnetic resonance imaging or tomodesitometry, performed worse on the tasks assessing verbal memory, attention, and executive functions than individuals without cerebral abnormalities. However, it is important to underscore that these neuropsychological tests were administered 1 to 2 months after the onset of MTBI. At this stage, the process of spontaneous neural recovery was not completed, as it can continue for 3 to 6 months, and occasionally up to 12 months, after the MTBI (Bigler, 2004). However, Rapoport et al. (2008) did not detect higher rates of mild cognitive impairment or dementia in individuals over 50 who had sustained a MTBI more than 2 years prior. Nevertheless, as emphasized by the authors, the standardized neuropsychological tests that they used [Mattis Dementia Rating Scale (DRS); Mini-Mental State Examination (MMSE); WAIS-III digit span and digit symbol sub-tests; logical memory of both stories from the Wechsler Memory Scale-III (WMS-III); California Verbal Learning Test (CVLT); delayed recall from Rey-Osterrieth Complex Figure Test (RCFT); Boston Naming Test; Controlled Oral Word Association Test (COWAT) and the Wisconsin Card Sorting Test (WCST)] may not have been very sensitive to deficits in the most challenging cognitive conditions. Further symptoms may be discovered in elderly

individuals with MTBI using tests more sensitive to ‘frontal-subcortical’ dysfunctions (Rapoport et al., 2008).

Episodic memory is among the cognitive functions which are the most vulnerable to the effects of normal aging (Luo & Craik, 2008; Nilsson, 2003). According to the theory of decline in attentional resources, this decline is associated with normal aging (e.g. Blanchet et al., 2006; Luo & Craik, 2008). This decline could impact the encoding processes that require the most attentional resources. Because of the age-related decline in attentional resources, older individuals can be less capable of using efficient memory strategies in divided attention conditions to improve their memory performance (Luo & Craik, 2008). Naveh-Benjamin (2000) also proposed that age-related memory decline could be explained by an associative deficit hypothesis. According to this hypothesis, the detrimental effects of DA during encoding are due to a disruption of the mechanism responsible of the association of different components of an episode into a coherent unit (Naveh-Benjamin, 2000). When attention is divided during encoding, participants have to alternate attention between the primary and secondary tasks in order to process them. Thus, the encoding is periodically interrupted and participants may be unable to bind together different components of the episode to encode. The impact of the MTBI on these processes may be combined with previously demonstrated effects of normal aging.

In the current study, we investigated how a MTBI that occurred during aging impacts memory performance in relation to attentional and executive control processes. We hypothesized that after encoding under DA, older adults who sustained a MTBI should have performed worse than older adult controls. In addition, older adults with a MTBI were expected to recall fewer semantically unrelated words than related words due to an executive dysfunction impacting the use of verbal elaboration strategies for unrelated

words. Because both DA encoding and unrelated word pairs recruit executive control processes, older adults with a MTBI may suffer from greater memory deficits after DA encoding of unrelated word pairs as compared to matched controls. In addition, the performances of older adults with MTBI were expected to be worse in recall modes requiring a greater level of executive control, such as free recall and cued recall modes. In contrast, both groups were expected to have similar memory performance after encoding under FA, regardless of recall mode. A secondary goal was to assess the impact of MTBI in older individuals on more basic attentional processes (i.e. sustained and selective attention). Attentional processes could be affected secondarily to a dysfunction of the executive control system, due to a difficulty with the allocation and maintenance of attentional focus.

8.3 Method

8.3.1 Participants

The protocol was administered to 27 older adults who had sustained a MTBI between the ages of 55 and 80 years old and also to 27 healthy control individuals. The MTBI had to have occurred one to six years before participation in the study to ensure that spontaneous neural recovery was completed (Dikmen et al., 2001). Control individuals were matched to these subjects based on gender, age, educational level and handedness. All participants had to be native French speakers and to report normal or corrected-to-normal vision and audition. Demographic and clinical characteristics of participants are shown in Table 8.1 and Table 8.2, respectively.

Insert Table 8.1 and Table 8.2 here

Older adults with a MTBI were recruited at the *Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec* (IRD PQ), at the *Centre Hospitalier Affilié – Hospital Enfant-Jésus* at Quebec City, and at the *Centre de Réadaptation Lucie-Bruneau* at Montreal City. MTBI had to meet the diagnostic criteria recommended by the WHO MTBI Task Force (Carroll et al., 2004). In accordance with these criteria, a TBI was considered to be of mild severity if it was accompanied by (1) one or several of the following criteria: loss of consciousness for 30 minutes or less, post-traumatic amnesia for fewer than 24 hours, confusion or disorientation, and/or transitory neurological abnormalities such focal signal, seizure, and intracranial injuries not requiring surgery; (2) a score equal to or greater than 13/15 on the Glasgow Coma Scale, approximately 30 minutes following the accident or later on arrival at healthcare services. Clinical symptoms had to be unrelated to consumption of drugs, alcohol, medication or other problems (i.e. language difficulties, concomitant medical conditions, psychological trauma), nor related to treatments for other injuries (i.e., intubation or facial injuries). Participants had not sustained a penetrating injury. The presence of brain abnormalities following a MTBI was documented by reports of acute Computerized Tomography (CT) scans and/or Magnetic Resonance Imaging (MRI) conducted immediately following the injury at the medical center. The presence of abnormalities is documented in Table 8.2.

Exclusion criteria included the presence or antecedent of psychiatric disorders, cerebrovascular disorders, neurological disorders (e.g., stroke), a score greater than 10/30 indicating symptomatic depression at the Geriatric Depressions Scale (GDS; Bourque, Blanchard, & Vézina, 1990), alcoholism or general anaesthesia in the previous 6 months. Control adults were also excluded if they had sustained a previous TBI and individuals with MTBI were excluded if they suffered from another head injury. Participants were excluded

if they obtained a score above cut-off (i.e. 4) on the Hachinski Ischemic Scale (HIS; Hachinski et al., 1975) to prevent the potential impact of vascular risk factors. Finally, none of the participants were taking benzodiazepines, antipsychotics, or antidepressant treatments known to interfere with cognition. All participants gave their written consent before beginning the study. In agreement with the Declaration of Helsinki, the project was approved by the respective ethical committees of each medical care institute from which patients were recruited (*Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec, Centre Hospitalier Affilié - Hospital Infant-Jésus, Centre de Réadaptation Lucie-Bruneau*).

A battery of standardized neuropsychological tests was administered for all participants (see Table 8.3). The administration of these tests to the control group allowed the exclusion of older adults who had mild cognitive impairment (MCI; Petersen, 2004; Petersen et al. 1999). Episodic memory in the auditory-verbal and visual modalities was respectively assessed by the Rey Auditory-Verbal Learning Test (RAVLT; Schmidt, 1996) and the Immediate and Delayed Visual Reproduction of the Wechsler Memory Scale-III (WMS-III; Wechsler, 2001). Working memory was assessed with the Digit Span (WMS-III; Wechsler, 2001), the Brown-Peterson Paradigm (BPP; Belleville et al., 1992) and the Spatial Span (WMS-III; Wechsler, 2001). Executive functions were documented with the Trail Making Test of the Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS; Delis, Kaplan & Kramer, 2001). The Victoria Stroop Test (VST; Troyer, Leach & Strauss, 2006) was used to assess inhibition. Visuo-spatial abilities were assessed with a copy of the Rey-Osterrieth Complex Figure (ROCF; Rey, 1996). The Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE; Jorm, 1994) and the Vocabulary and Information sub-tests of the WAIS-III (Wechsler, 1997) were used to estimate the level of premorbid intellectual functioning. Finally, depression and anxiety were assessed respectively with the French

validated version of the Geriatric Depression Scale (GDS; Bourque, Blanchard & Vézina, 1990) and the State-Trait Anxiety Inventory (STAI; Spielberg, 1983). Older individuals having sustained a MTBI did not differ from controls, except for the 20-second delay on the Brown-Peterson Paradigm, and the delayed recall of the Visual Reproduction sub-test of the WMS-III (see Table 8.3). When comparing older adults with MTBI and a positive neuroimaging result with older adults with MTBI and a negative neuroimaging result, older individuals with a positive brain imaging result obtained a lower score on the 20-second delay than both older adults with MTBI and a negative imaging result ($t(23) = 2.48, p = .021$) and controls ($t(40) = -3.11, p = .002$).

Insert Table 8.3 here

8.3.2 Material and procedure

The protocol included the experimental paradigm and the neuropsychological standardized tests. It was administered in two separate sessions spaced 1 week apart. Each session took place in a quiet room and lasted approximately 2 hours. The experimental memory paradigm, inspired by that of Blanchet et al. (2009), was administered at the beginning of each of two sessions.

8.3.2.1 Experimental paradigm of episodic memory

The experimental paradigm ran on a computer with E-Prime software. Participants were seated about 60 centimeters (23.62 inches) in front of the screen of a computer.

The memory paradigm is illustrated in Figure 8.1. It manipulated attentional load and semantic congruency between the pairs of category-targets during encoding, as well as the recall modes during recall (free recall, cued recall, and recognition). The paradigm consisted of the learning of word pairs through two encoding conditions. In the Full Attention (FA) encoding condition, participants were required to memorize word pairs

without any other concurrent tasks. In the Divided Attention (DA) condition, they were asked to memorize word pairs while performing a secondary task. For each condition, word pairs were displayed successively in the center of the screen for 4000 ms each, with an inter-stimulus interval lasting 1000 ms. For each encoding condition, 24 word pairs were presented, and each pair was comprised of a category associated with a target-word. Categories were written in capital letters and target-words in lowercase letters. For each condition, each target-word was associated with one of the 3 categories, and there were thus 8 target-words per category. Of the 24 word pairs, 12 were semantically-related (e.g. CLOTHING-pants) and the other pairs were semantically unrelated (e.g. VEGETABLE-car). The pairs of words were shown in a pseudo-randomised order, ensuring that 3 pairs of related words or unrelated words could not be displayed successively.

Insert Figure 8.1 here

During the DA encoding condition, a digit monitoring task was administered concomitantly. It consisted of listening to digits between 1 and 9 which were produced by loudspeakers connected to the computer. Half of the digits were odd, the other half were even. They were presented randomly, and separated by a 2-second interval. Each time the participant heard an odd number, he had to press the space bar on the keyboard. Prior to the administration of the digit monitoring task during the DA encoding condition, a practice was conducted using a short version of the digit monitoring task which was conducted alone, to ensure that participants were familiarized with this task. In this practice phase, participants listened to 40 digits for which they had to obtain 80% correct answers before performing the DA encoding condition.

During encoding under DA, participants were orally instructed to memorize pairs of words while pressing the spacebar each time they heard an odd number. They were also instructed

to divide their attention equally between the two tasks because the performance on each task was considered. The instructions to memorize word pairs while performing a digit monitoring task also appeared on the screen.

For each encoding condition, each list of pairs was presented 3 times. After each of these presentations, participants had to count forward for 30 seconds from a number displayed on the screen, in order to prevent a recency effect. Then, participants performed an immediate free recall task in which they were asked to orally repeat all target-words as well as they could remember. Following the third immediate free recall, a cued recall was performed using category labels as cues shown for 60 seconds each; participants had to recall and list as many target-words associated with a given category as possible. Finally, during the recognition mode, all the target-words were presented one by one on the screen, mixed with an equal number of distracters that were semantically related or unrelated to the categories. Participants were asked to indicate verbally whether they had seen the target-word previously. If the answer was positive, participants had to specify the category to which the targets belonged using a sheet listing the categories to participants.

For both FA and DA encoding conditions, the lists of pairs were different. The words were matched for frequency and imageability valence (Desrochers & Bergeron, 2000). Lists were counterbalanced across participants and conditions.

8.3.2.2 Assessment of basic attentional processes

Selective and sustained attention was assessed using the Computerized Attentional Processes Test (CAPT; Pépin, Laporte & Loranger, 2006) and the Continuous Performance Test (CPT; Conners, 1995). Two CAPT sub-tests were administered in the visual modality: The *visual sustained attention sub-test* consists of detecting the presence of irregularities in the motion of a dot over a set of circles; the *selective attention sub-test*

consists of detecting a flag-target among a set of 9 flags. The CAPT offers high validity and reliability. It has been standardized in French, English and Spanish and administered to nearly 1400 individuals from the province of Quebec, English Canada, France and Mexico (Pépin, Loranger & Laporte, 2006). The correct responses index corresponds to the number of points garnered for each correct answer (2 or 3 points for the sustained and selective attention test, respectively), with response time subtracted (to a maximum of 2 or 3 seconds for the sustained and selective attention test, respectively). Thus, a low index indicates a deficit in sustained or selective attention.

The Continuous Performance Test (CPT; Conners, 1995) was initially developed by Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransome, and Beck (1956). This test requires participants to respond on the keyboard when a letter appears on a screen, with the exception of the letter 'X'. Omissions and a longer reaction time at the end of the task both reflect deficits in sustained attention and vigilance (Halperin, Wolf, Greenblatt & Young, 1991). This test has high test-retest validity (Rosvold et al., 1956).

8.4 Data analyses

For the experimental memory paradigm, analyses were conducted on different response indices obtained at free recall, cued recall and recognition. Since the pairs of words were encoded either in FA or in DA, the target-words were dissociated according to the attentional load and the semantic link between the target-words and category (Related; Unrelated) during encoding and the recall modes (Free recall; Cued recall). In addition, in recognition, several indices were used. The Hit-Hit index corresponds to target-words that were correctly recognized and associated to the correct category. The Hit-Miss index corresponds to the target-words that were successfully recognized, but associated to a

wrong category. A false alarm was classified as a distracter that was wrongly identified as having been seen previously during the learning phase.

A percent decline index was also calculated to study how encoding under DA decreases subsequent memory performance relative to FA. The percent decline was calculated by dividing the number of words recalled in FA by the number of words in DA for each recall modes (i.e., total free recall, cued recall and Hit-Hit recognition indices).

In the monitoring task performed during DA encoding, correct responses corresponded to the odd numbers correctly identified by participants. If an even number was wrongly identified as an odd number, a false alarm was scored.

Analyses of variance (ANOVA) were performed on the response indices obtained from the experimental paradigm. Significant interactions were examined using Tukey's HSD test necessary when post-hoc analyses are based on a priori hypotheses. When both groups were compared on a single response (e.g. questionnaire data, digit monitoring task), Student *t*-tests for independent samples were applied. In reference to Milliken and Johnson (1984), Bonferroni corrections were not applied since post-hoc analyses were based on *a priori* hypotheses. For all statistical analyses, the significance level was set at $p < 0.05$.

Finally, to verify whether a positive brain imaging result may impact cognitive functioning, older adults with MTBI and positive neuroimaging findings were compared with older adults with MTBI and negative neuroimaging findings in all analyses. Thus, between-subject variables of the analyses included a sub-group of 10 older adults with a positive brain imaging result, a sub-group of 13 individuals with a negative brain imaging result, and a group of 27 controls. As brain imaging data were not available for 4 individuals from the MTBI group, those participants were not included in any sub-group.

8.5 Results

8.5.1 Experimental memory paradigm

Numbers of recalled words by recall mode are illustrated in Table 8.6.

Insert Table 8.6 here

8.5.1.1 Learning curve. To investigate the learning curve based on the three successive immediate free recalls, an ANOVA was conducted with Attentional load (FA; DA), Semantic link (Related; Unrelated) and Immediate Free Recall Trials (Trial 1; Trial 2; Trial 3) as within-subject factors and Groups (MTBI; Controls) as a between-subject factor. Main effects were observed for Attentional load ($F(1, 52) = 84.20, p = .001$), Semantic link ($F(1, 52) = 419.51, p = .001$) and Free recall Trials ($F(2, 104) = 283.10, p = .001$). The interaction between Trials and Groups was significant ($F(2, 104) = 4.41, p = .015$). Post-hoc analysis showed that older individuals with MTBI obtained lower memory performance scores at both the second and third immediate free recall trials than controls ($p = 0.001$ for both). The Attentional load, Semantic link and Group interaction reached a significant level ($F(1, 52) = 4.15, p = .047$). Post-hoc analysis indicated that after encoding under FA, older individuals with MTBI recalled fewer semantically unrelated words than controls ($p = .013$), but there was no group difference for related words. In contrast, following DA encoding, older individuals with MTBI recalled marginally fewer unrelated words and significantly fewer related words than controls ($p = .052$ and $p = .001$, respectively). The interaction between Attentional load, Semantic link and Free recall Trials was also significant ($F(2, 104) = 8.13, p = .001$). No other interactions or main effects were significant.

To investigate how brain abnormalities impact the learning curve, an ANOVA was conducted with Attentional load (FA; DA), Semantic link (Related; Unrelated) and

Immediate Free Recall Trials (Trial 1; Trial 2; Trial 3) as within-subject factors and Groups (MTBI with positive neuroimaging; MTBI with negative neuroimaging; Controls) as a between-subject factor. The interaction between Free Recall Trials and Groups was significant ($F(4, 22.12) = 2.58, p = .042$). Post-hoc analysis showed that sub-groups of older individuals with MTBI did not differ, but both sub-groups obtained lower memory performance scores on both the second and third immediate free recall trials than controls ($p = 0.001$ for both).

8.5.1.2 Free and Cued recall mode indices. An ANOVA was conducted with Attentional load (FA; DA), Semantic link (Related; Unrelated) and Recall mode (Free; Cued) as within-subject factors and Group (MTBI; Control) as a between-subject factor. Significant main effects were obtained for Attentional load ($F(1, 52) = 104.85, p = .001$), Semantic link ($F(1, 52) = 665.17, p = .001$) and Recall mode ($F(1, 52) = 41.9, p = .001$), and Group variables ($F(1, 52) = 8.68, p = .005$). A significant interaction was observed between Recall modes and Groups ($F(1, 52) = 5.52, p = .023$). Post-hoc analysis showed that for both older individuals with MTBI and controls, the number of recalled words was higher in cued recall than in free recall ($t(26) = -3.14, p = .004$; and $t(26) = -5.85, p = .001$, respectively). However, as illustrated by Figure 8.2, individuals with MTBI benefited less from the cueing in cued recall mode than controls. An interaction between Semantic link and Recall mode was also observed ($F(1, 52) = 124.23, p = .001$). There were no other significant interactions.

When including MTBI sub-groups as a between-subjects variable, a significant interaction was observed between Attentional load and Sub-group variables ($F(1, 25) = 8.26, p = .008$). Post-hoc analysis showed that individuals with MTBI and a positive neuroimaging result recalled fewer words after encoding under FA than both individuals with a negative

neuroimaging result ($t(25) = -3.46, p = .002$) and controls ($t(35) = 3.64, p = .001$). No other interactions with the Sub-group variable and no Sub-Group main effects were significant.

Insert Figure 8.2 here

8.5.2.3 Recognition indices. An ANOVA was conducted with Attentional load (FA; DA), Semantic link (Related; Unrelated) and Recognition indices (Hit-Hit; Hit-Miss; False alarms) as a within-subjects and Group (MTBI; Control) as a between-subject factor. Several main effects were significant: Semantic link ($F(1, 52) = 64.88, p = .001$), Attentional load ($F(1, 52) = 5.47, p = .023$) and Recognition indices ($F(2, 104) = 429.89, p = .001$). A significant interaction was also observed between Recognition indices and Group ($F(2, 104) = 4.19, p = .018$). This interaction is illustrated in Figure 8.3. Post-hoc analysis showed a tendency demonstrating that older individuals with MTBI seem to achieve lower Hit-Hit scores than controls ($p = .069$), but there was no group difference for False alarms and Hit-Miss scores. Interactions were also significant between Semantic link and Attentional load ($F(1, 52) = 9.03, p = .004$), Semantic link and Recognition indices ($F(2, 104) = 289.73, p = .001$), Attentional load and Recognition indices ($F(2, 104) = 18.29, p = .001$), and between Semantic link, Attentional load and Recognition indices ($F(2, 104) = 4.24, p = .017$). No other interaction was significant.

When including the Sub-group variable (MTBI with a positive neuroimaging result, MTBI with a negative neuroimaging result, Controls) as a between-subject variable, a significant interaction was observed between Recognition indices and Sub-group variables ($F(4, 24.43) = 4.03, p = .004$). Post-hoc analysis showed that the older individuals with MTBI and a positive neuroimaging had fewer Hit-Hit results than controls ($t(35) = 4.05, p =$

.001). Those MTBI subjects also had a lower performance for Hit-Hit than those with negative neuroimaging findings ($t(25) = -2.76, p = .011$).

Insert Figure 8.3 here

8.5.3 Percent decline from full attention condition

Table 8.7 represented the percent decline by recall modes. An ANOVA was conducted on the percent decline data, with Semantic link (Related; Unrelated) and Recall modes (Free recall; Cued recall; Hit-Hit) as within-subjects and Group (MTBI, Control) as between-subject factors. A significant interaction was detected between Semantic link, Recall modes and Groups ($F(2, 5353.08) = 3.63, p = .03$). Post-hoc analyses indicated that older individuals with MTBI had a greater percent decline from FA for semantically unrelated words in cued recall mode than controls ($p = .019$), but this group difference did not reach significance in the free recall or recognition modes. For related word pairs, groups did not differ for any recall modes.

When including older adults with MTBI with positive neuroimaging results, older adults with negative neuroimaging results, and matched controls as a between-subject variable, no significant interactions with this variable were observed.

Insert Table 8.7 here

8.5.4 Performance at the monitoring digit task

As illustrated in Table 8.4, neither group differed significantly for any response index obtained during the monitoring task, i.e. for the total score of the three monitoring task presentations during encoding, on the correct responses, correct rejections, false alarms and omissions indices.

Insert Table 4 here

In order to verify whether the groups differ in terms of the strategy used during DA encoding, reaction times for odd number detection during the monitoring task (i.e. correct detections) were compared for the three presentations of the pairs of words. As shown in Table 8.4, the groups did not differ in terms of reaction time for correct detections in the three successive presentations of word pairs.

To examine if the groups differ at the monitoring task during learning, an ANOVA was performed with Correct responses (Trial 1; 2; 3) as a within-subjects factor and Group (MTBI; Control) as a between-subjects factor, as well as an ANOVA with Reaction times (Trials 1; 2; 3) as within-subjects, and Group (MTBI; Control) as between-subjects factors. No significant interactions or effects were found.

When including older adults with MTBI with positive neuroimaging results, those with negative neuroimaging results and matched controls as a between-subjects variable in this ANOVA, no interaction or main effect with this Sub-groups variable was significant.

8.5.4.1 Performance obtained at the tests of selective and sustained attention

As indicated in Table 8.5, older individuals with MTBI obtained an overall lower score and higher omission scores on the *visual sustained attention sub-test* of the CAPT than controls. No differences were found for any response indices of the *visual selective attention sub-test* of the CAPT or of the CPT. In fact, the sub-group of older adults with MTBI and positive brain findings had a lower score on the overall score and committed higher omissions on the *visual sustained attention sub-test* of the CAPT than both the sub-group of older adults with MTBI and negative brain findings ($t(39) = -2.7, p = .01$ and $t(39) = 2.35, p = .024$, respectively) and controls ($t(34) = 2.24, p = .03$ and $t(34) = -2.78, p = .009$, respectively).

Insert Table 8.5 here

8.6 Discussion

The objective of the study was to investigate how a MTBI sustained during late adulthood impacts memory performance in relation to attentional and executive control processes. Overall, the results we obtained from the experimental memory paradigm demonstrate that older individuals with MTBI have a different learning curve than controls. In addition, these individuals were less capable of using cueing in cued recall mode. Analyses on tests assessing more basic attentional processes demonstrated that older individuals with MTBI performed worse than control individuals only in sustained attention tests in the visual modality. These main findings are discussed in more depth below.

The data we obtained from the learning phase of our experimental memory paradigm indicate that older individuals with MTBI recalled fewer words in the second and third immediate free recall trials as compared to controls, but the MTBI group performed as well as the controls on the first recall trial. These findings were observed for all individuals with MTBI regardless whether they had negative or positive brain findings. Our older individuals with MTBI may therefore benefit less from the repeated presentation of items during learning as compared to control individuals without MTBI. In contrast, in a study with younger adults at least 6 months after a MTBI (mean age of 34.53 years), Geary, Kraus, Pliskin and Little (2010) found they performed worse only on the first of five immediate free recalls on the California Verbal Learning Test-Second Edition (CVLT-II). This result suggests a deficit in the initial acquisition of material. In addition, their patients had a slower overall rate of learning across the five trials without differences in the subsequent free recalls, but an equivalent performance relative to controls on the total words learned for those five trials. In both the Geary et al. (2010) study and the present study, the learning curve for individuals with MTBI is observed to be different from that of

controls, but this result is more pronounced in our sample, with significant differences in the second and third free recall. There are two ways to interpret our results relative to Geary et al.'s. From a methodological point of view, our experimental memory paradigm required more cognitive resources because of the higher number of words to memorize and the length of lists (24 pairs) as compared to the CLVT-II that used 16 single words. Moreover, our older adults with MTBI showed the same pattern of learning as controls on the RAVLT, which we used as a standardized episodic memory test; this last test requires subjects to memorize 15 unrelated words during 5 successive presentations. A possible cognitive explanation for this divergence from the results of Geary et al. (2010) could be that it is due to a less efficient application of semantic clustering in the first trial of the CVLT. In contrast, in our experimental paradigm, semantic clustering is not required. However, Geary et al. (2010) did not conduct cluster analysis to demonstrate if their groups differ on the use of semantic clustering. So it cannot be ruled out that, in their study, individuals with MTBI could not use semantic clustering as efficiently as controls during the first trial of the CVLT.

After learning under the FA condition, older individuals with MTBI recalled fewer semantically unrelated words. After learning under the DA condition, older individuals with MTBI recalled marginally fewer unrelated words overall, as well as fewer semantically related words. This difficulty recalling unrelated words in free recall conditions may indicate that older adults with MTBI have difficulty spontaneously using elaborative strategies between pairs of unrelated words in order to improve their memorisation. This difficulty is present even in the encoding condition which allows the participant to give his/her full attention to the execution of the task and the implementation of encoding strategies (i.e., a full attention situation). Our result can be explained in light of

the associative deficit hypothesis of Naveh-Benjamin (2000), which stipulates an age-related difficulty with applying associative strategies for linking components into a coherent unit (e.g. two words into a pair). Our findings indicate that this associative deficit seems to be more pronounced after a MTBI in elderly individuals than in normal aging. This associative deficit is observed not only in encoding but also in retrieval. Indeed, our study shows that both older individuals with MTBI and controls benefited from the cueing, but older individuals with MTBI benefited to a lower extent than controls from cueing in the cued recall mode. Older people who have sustained a MTBI therefore appear less likely to benefit from cueing to enhance their subsequent memory performance. A possible explanation for this is that older individuals with MTBI have difficulty spontaneously engaging elaborative strategies for linking words together in order to promote better encoding and subsequently improve memory performance. In addition, older individuals with MTBI tend to recognize fewer Hit-Hit indexes in recognition tasks than controls, regardless of the semantic link and attention during the encoding condition. This finding demonstrates a difficulty with remembering the unit which includes the target-word and the category. Overall, these results support an associative deficit observed following the MTBI. In presence of the secondary task, older individuals with MTBI showed a greater percent decline for semantically unrelated words in cued recall than controls. This means that the impact of the secondary task performed in the DA encoding was greater in older adults with MTBI than in controls. Due to the absence of a semantic link between the target-word and the category (semantically unrelated), it is more difficult to link those two words into a unit to encode under divided attention in older adults with MTBI. Fernandes and Grady (2008) found that learning words presented auditorily in DA during encoding reduced the subsequent recall in both young and older adults, but mostly in older adults who were more

sensitive to the interference. In normal aging, the detrimental effects of DA during encoding are due to a disruption of the mechanism responsible of the association of different components of an episode into a coherent unit (Naveh-Benjamin, 2000). To our knowledge, this is the first study to indicate that these detrimental effects are accentuated in older adults who have sustained a MTBI.

In the present study, a sub-group of older adults with MTBI had positive neuroimaging findings (10 of 27 participants). It would be expected that this sub-group would show lower memory performance in the experimental memory paradigm, since individuals with positive neuroimaging findings have been shown to suffer from greater cognitive impairments than individuals with negative neuroimaging findings (e.g., Zhou et al., 2013). However, as compared to older individuals with negative brain imaging findings, older individuals with positive brain imaging findings have slightly more pronounced deficits. Particularly, they have a global deficit in the number of recalled words under FA compared to MTBI patients with negative neuroimaging findings and controls. This result demonstrated that subtle executive dysfunctions affect those MTBI individuals even in conditions that are supposed to be easier (i.e. in a FA situation which permits encoding in full attention conditions). Moreover, MTBI patients with positive neuroimaging findings had a lower performance on the Hit-Hit index than those with negative neuroimaging findings and controls. Again, this result supports the idea of an associative deficit, which may be exacerbated by a MTBI occurring in aging, and may likely be more pronounced when neuroimaging results are positive. In addition, MTBI individuals with positive neuroimaging findings obtained lower scores on the 20 second delay on the Brown-Peterson Paradigm. Overall, this suggests a greater executive dysfunction in older adults with MTBI and a positive brain imaging result, although the difference is subtle. Overall,

this finding leads to a major concern in the clinical care and scientific literature on MTBI. Actually, it is known that the conventional structural neuroimaging techniques used in healthcare services cannot take functional neuronal changes into account. However, recent research using a variety of new techniques, such as Proton Spectroscopy, advanced diffusion techniques, and functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), demonstrate post-concussive microstructural, metabolic, and functional changes in the brain (Zhou et al., 2013). On a sample of 28 adults who sustained a MTBI one year prior and who did not have a positive neuroimaging result on their neurological routine care exam, Zhou and colleagues (2013) revealed the presence of a global brain atrophy and a white matter atrophy, particularly in the anterior part of the cingulum and the cingulate gyrus isthmus, as well as in the precuneal gray matter. In our study, we suggest that those brain changes observed several months after a MTBI onset, can lead to a subtle executive dysfunction.

The groups did not differ on the monitoring task, for neither accuracy nor reaction times. The associative deficit observed in our older adults with MTBI cannot be explained by a prioritization of the monitoring task over word-pair learning, since older adults with MTBI performed the digit monitoring task as well as controls. However, the possibility that the monitoring task does not impact the episodic memory processes cannot be ruled out. In fact, the monitoring task may overload the cognitive capacity of both groups, but to a greater extent for older adults with MTBI, as indicated by the percent decline from divided attention.

The performance of older individuals with MTBI on the standardized neuropsychological tests did not differ from that of the controls. Their global cognitive functioning as assessed by the DRS and the MMSE is lower than that of controls, without reaching the cut-off for dementia or mild cognitive impairment. Despite this difference on the global score of the

DRS, none of the scales (i.e. initiation/perseveration, attention, construction, conceptualisation, memory) differed between groups. Using the same test, Rapoport et al. (2008) did not report such differences. However, this slight difference on the DRS remains within clinical normal range. Overall, the performance observed on the other neuropsychological tests is in concordance with other studies (Goldstein, Levin, Goldman, Clark & Altonen, 2001; Rapoport et al., 2008) where impaired cognitive functions were not observed in older adults with mild to moderate TBI one and two years after the TBI. In the study of Rapoport et al. (2008), standardized neuropsychological tests were used to assess episodic memory and other cognitive functions in FA [i.e. *Logical Memory* total delayed recall of both stories of the WMS-III, the CVLT and the Rey-Osterrieth Complex Figure test]. These tests may have lacked the sensitivity required to detect subtle executive dysfunction occurring long after the MTBI onset (i.e. between 1 and 5 years in our study). Because of its sensitivity to subtle executive control dysfunction, our paradigm can demonstrate that memory performance can be affected after a MTBI in aging populations, even several months after the MTBI onset. Such memory paradigm, which assess encoding under FA or DA and manipulate the semantic links, may be standardized for clinical assessments of subtle memory impairments induced by a concomitant secondary task.

In contrast, older individuals with MTBI obtained lower scores in the delayed recall of the Visual Reproduction sub-test of the Wechsler Memory Scale-III as compared to controls. This divergence between performance on tests assessing episodic memory in the auditivo-verbal modality (i.e., RAVLT) and visuo-spatial modality (Visual Reproduction sub-test, MEM-3) may be explained by the nature of the material. Items in the Visual Reproduction sub-test use abstract images (i.e. without significant geometrical shapes) that limit the possibility of linking the figure to pre-existing material in semantic memory and thus of

deploying verbal strategy. In a cognitive perspective, it is known that representative pictures activate more representations in semantic memory and allow the formation of strongest memory trace (e.g. Tsirka et al., 2010; McBride & Doshier, 2002). In contrast, non-representative visual stimuli such as abstract images or pictorial stimuli recruit fewer verbal processing resources; they are typically associated with a lower recall performance than significant (or representative) pictorial material or auditive-verbal material (e.g. Bellhouse-King & Standing, 2007; Golby et al., 2001; Lezak, Howieson & Loring, 2004). Our results are in concordance with those of Tsirka et al. (2010) who observed a reduced performance on memory tasks using complex and abstract stimuli a few days after a MTBI in young adults. Our study showed that this effect persists for a few months or even years after the MTBI onset in older adults. Moreover, as reported by Busch et al. (2005), non-verbal memory may involve higher levels of executive functioning than verbal memory tasks. In our study, older adults with MTBI demonstrated a subtle executive dysfunction that could affect their performance on the delayed recall portion of the Visual Reproduction sub-test of the Wechsler Memory Scale-III.

Tests assessing more basic attentional processes (CAPT and CPT) demonstrated that older individuals with MTBI performed worse than control individuals only in sustained attention tests in the visual modality. Older adults with MTBI performed worse on the CAPT, but not on the CPT. This last discrepancy can be explained on the basis of the nature of these tasks. The CAPT's *visual sustained attention sub-test* consists of detecting the presence of irregularities in the motion of a dot over a set of circles, in a constant rhythm, without using any verbal stimuli. In contrast, the CPT uses verbal stimuli (letters), which are presented with a varying rhythm (1; 2; 4 seconds between letters). It could be proposed that the non-verbal material, as used in the CAPT, is harder to process for older adults with MTBI, as

observed on the Visual Reproduction sub-test of the Wechsler Memory Scale-III. MTBI individuals with positive neuroimaging findings had a pronouncedly lower score on the *visual sustained attention sub-test* of the CAPT and more omissions than both older individuals with negative neuroimaging findings and controls. This difference suggests that the highest impairment of sustained attention for non-verbal material when MTBI occurred in aging is accompanied by positive neuroimaging findings.

One concern which must be raised regards the notion of fatigue, which is considered to be frequent in individuals who sustained a MTBI (e.g. Johansson, Berglund & Rönnbäck, 2009). In order to prevent the fatigue effect on memory performance in the experimental memory paradigm, the paradigm was administered at the beginning of each testing session. Moreover, the lack of significant group differences in the neuropsychological tests indicate that individuals with MTBI were not under the effect of fatigue. In further studies, it may be interesting to assess the relationship between subjective feelings of fatigue and cognitive performance.

To our knowledge, this is the first study to observe such an important associative deficit in older adults following a MTBI. Our results underscore the importance of considering the executive component of memory encoding, which is necessary to encode information into a coherent unit. These results raise the possibility of developing and proposing cognitive remediation for older adults who have sustained a MTBI, in order to improve their episodic memory functioning even several months after the injury.

8.7 Limitations

This study may be criticized for finding a significant group difference on both the DRS and the MMSE scales, which may indicate that groups basically differed on their global

neuropsychological functioning. However, these differences on both scales remain within normal range and are lower than 1 point on the MMSE. In addition, groups did not differ on subscales of the DRS. Groups did not differ on standardized neuropsychological tests assessing cognitive functioning more precisely than the DRS or MMSE (except for the Visual Reproduction test). However, even if these differences did not reach the clinical cut-off, it cannot be ruled out that older adults experienced a subtly lower global cognitive functioning after the occurrence of a MTBI. The meaning of this decline may be elucidated only with sensitive tests assessing specific cognitive components affected in this population, such as those evidenced by our experimental memory paradigm.

Another concern is the cognitive demand of the experimental memory paradigm. It could be argued that the two concurring tasks used in the encoding condition under DA are not equally demanding. However, instructions for the encoding condition under DA require an effective allocation of attentional resources between the concurring tasks, even if the concurrent encoding condition may be considered an effortful situation. This allocation of attentional resources is under the control of executive control processes, which are generally considered to be altered following a MTBI. Despite the fact that the two tasks appear uneven in terms of cognitive demand, or in terms of recruiting different cognitive functions, the general goal when dividing attention during learning is to reduce the amount of attentional resources allocated to encoding. It is well established that the associative deficit hypothesis proposed by Naveh-Benjamin (2000) can be viewed as a consequence of reducing the available processing resources. This results in an integration of units which bind together in episodic memory (Craik, 2005). Thus, the inequality of both concurring tasks is not a major concern when investigating the impact of divided attention on memory performance.

8.8 Conclusion

Older adults with MTBI appear to be sensitive to interference during learning. They also seem to be less capable of using cueing for recalling previously learned words. These findings could be due to a subtle executive dysfunction that may affect the ability to form and retrieve links between memorized information. To our knowledge, we are the first to demonstrate an association deficit, which interferes with the encoding of information in older adults after a MTBI. Our findings may explain the memory and attentional complaints in the daily lives of older individuals who have sustained a MTBI. The impact of these subtle cognitive changes in older adults with MTBI on functional activities in everyday life will be considered in a further study.

Acknowledgements: We thank Véronique Beauséjour and Annie Chouinard Mauzeroll for their assistance in recruitment and protocol administration. Martine Simard is also thanked for reviewing the manuscript. Finally, this work was supported by the Traumatology Research Consortium Program of the Fonds de Recherche du Québec - Santé (PI: Sophie Blanchet).

8.9 References

- Anderson, N. D., Craik, F. I. M., & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: 1. Evidence from divided attention costs. *Psychology and Aging, 13*, 405-423. doi: 10.1037/0882-7974.13.3.405
- Baddeley, A. (2000). Short-term and working memory. Dans E. Tulving & F.I.M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 77-92). New-York, NY : Oxford University Press, Inc.
- Banville, F., Villemure, R., & Nolin, P. (2008). Le traumatisme craniocérébral léger : Une vue d'ensemble. Dans F. Banville & P. Nolin (Eds.), *Épidémie silencieuse : Le traumatisme craniocérébral léger – Symptômes et traitement* (pp. 7-25). Québec, QC : Collection santé et société.
- Belleville, S., Chatelois, J., Fontaine, F., & Peretz, I. (2002). Mémoire: Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire pour Mac et PC. Montreal: Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal.
- Bigler, E. D. (2004). Neuropsychological results and neuropathological findings at autopsy in a case of mild traumatic brain injury. *Journal of International Neuropsychological Society, 10(5)*, 794-806. doi : 10.1017/S1355617704105146
- Binder, L. M., Rohling, M. L., & Larrabee, G. J. (1997). A review of mild head trauma. Part I: Meta-analytic review of neuropsychological studies. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology, 19*, 421–431. doi: 10.1080/01688639708403870
- Blanchet, S., Paradis-Giroux, A.A., Pépin, M., & McKerral, M. (2009) Impact of divided attention during verbal learning in young adults following mild traumatic brain injury. *Brain Injury, 23(2)*, 111-122. doi:10.1080/02699050802649688

- Bourque, P., Blanchard, L., & Vézina, J. (1990). Étude psychométrique de l'Échelle de dépression gériatrique. *Revue Canadienne du Vieillissement*, *9*, 348-355. doi : 10.1017/S0714980800007467
- Bruce, J. M., & Echemendia, R. J. (2003). Delayed-onset deficits in verbal encoding strategies among patients with mild traumatic brain injury. *Neuropsychology*, *17*, 622–629. doi: 10.1037/0894-4105.17.4.622
- Busch, R. M., Booth, J. E., McBride, A., Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Duchnick, J. J. (2005). The role of executive functioning in verbal and visual memory. *Neuropsychology*, *19*, 171-180. doi: 10.1037/0894-4105.19.2.171
- Carroll, L. J., Cassidy, J. D., Peloso, P. M., Borg, J., von Holst, H., Holm, L., Paniak, C., & Pépin, M. (2004). Prognosis for mild traumatic brain injury: Results of the WHO collaborating centre task force on mild traumatic brain injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *43*, 84-105. doi: 10.1080/16501960410023859
- Cicerone, K. D. (1996). Attention deficits and dual task demands after mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, *10*, 79-89. doi : 10.1080/026990596124566
- Conners, C. K, Multi-Health Systems Staff, editors. Conner's continuous performance test. Toronto: MHS; 1995.
- Craik, F. I. M. (2005). Remembering items and their contexts: Effects of ageing and divided attention. In H. D. Zimmer, A. Mecklinger & U. Lindenberger (Eds.), *Handbook of binding and memory: Perspectives from cognitive neuroscience* (pp. 571–594). New York: Oxford University Press.
- Craik, F. I. M., Govoni, R., Naveh-Benjamin, M., & Anderson, N. D. (1996). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory. *Journal of*

Experimental Psychology: General, 125, 159-180. doi:
10.1037/00963445.125.2.159

Delis, D., Kaplan, E., and Kramer, J. (2001) *Delis-Kaplan Executive Function System* The Psychological Corporation, San Antonio, TX.

Desrochers, A., & Bergeron, M. (2000). Valeur de fréquence subjective et d'imagerie pour un échantillon de 1,916 substantifs de la langue Française. *Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 54, 274-325. doi : 10.1037/h0087347

Dikmen, S., Machamer, J., & Temkin, N. (2001). Mild head injury: Facts and arCAPTcts. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23, 729–738. doi: 10.1076/jcen.23.6.729.1019

Fernandes, M. A., Craik, F., Bialystok, E., & Kreuger, S. (2007). Effects of bilingualism, aging, and semantic relatedness on memory under divided attention. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 61, 128-141. doi: 10.1037/cjep2007014

Frencham, K. A. R., Fox, A. M., & Mayberry, M. T. (2005). Neuropsychological studies of mild traumatic brain injury: A meta-analytic review of research since 1995. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 334–351. doi : 10.1080/13803390490520328

Goldstein, F. C., & Levin, H. S. (2001). Cognitive outcome after mild and moderate traumatic brain injury in older adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(6), 739-53. doi : 10.1076/jcen.23.6.739.1028

Guez, J., & Naveh-Benjamin, M. (2006). Divided attention at encoding and retrieval for once- and thrice-presented items: A micro-level analysis of attentional costs. *The European Journal of Cognitive Psychology*, 18, 874-898. Doi : 10.1080/09541440500485854

- Hachinski, V. C., Iliff, L. D., Zilhka, E., Du, B. G., McAllister, V. L., Marshall, J., Russell, R. W., & Symon, L. (1975). Cerebral blood flow in dementia. *Archives of Neurology*, 32, 632-637.
- Halperin, J. M., Wolf, L. E., Greenblatt, E. R., & Young, J. G. (1991). Subtype analysis of commission errors on the continuous performance test in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 207-217. doi : 10.1080/87565649109540488
- Iidaka, T., Anderson, N. D., Kapur, S., Cabeza, R., & Craik FI. (2000). The effect of divided attention on encoding and retrieval in episodic memory revealed by positron emission tomography. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 12(2), 267-280. doi : 10.1162/089892900562093
- Johansson, B., Berglund, P., & Rönnbäck, L. (2009). Mental fatigue and impaired information processing after mild and moderate brain injury. *Brain injury*, 23, 1027-1040. Doi:10.3109/02699050903421099
- Jorm, A. F. (1994). A short form of the Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE) : Development and cross-validation. *Psychological Medicine*, 24, 145-53. Doi : 10.1017/S003329170002691X
- King, N., Crawford, S., Wenden, F., Moss, N., & Wade, D. (1995). The Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire: A measure of symptoms commonly experienced after head injury and its reliability. *Journal of Neurology*, 242, 587-592. doi: 10.1007/BF00868811
- Kraus, J.F., Peek-Asa, C., & McArthur, D. (2000) The independent effect of gender on outcomes following traumatic brain injury: a preliminary investigation. *Neurosurgical focus*, e5-e5. Retrieved from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16906701>

- Luo, L., & Craik, F. I. M. (2008). Aging and memory: A cognitive approach. *Canadian Journal of Psychiatry, 53*, 346-353.
- Mangels, J. A., Craik, F. I., Levine, B., Schwartz, M. L., & Stuss, D. T. (2002). Effects of divided attention on episodic memory in chronic traumatic brain injury: a function of severity and strategy. *Neuropsychologia, 40*, 2369-2385. doi : 10.1016/S0028-3932(02)00084-2
- Mazzuchi, A., Cattelani, R., Missale, G., Gugliotta, M., Brianti, R., & Parma, M. (1992). Head-injured subjects aged over 50 years : correlations between variables of trauma and neuropsychological follow-up. *Journal of Neurology, 239*, 256-260. doi : 10.1007/BF00810347
- Milliken, G.A., Johnson, D.E., 1984. Analysis of messy data. Designed experiments, Vol. 1. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Moscato, B. S., Trevisan, M., & Willer, B. S. (1994). The prevalence of traumatic brain injury and co-occurring disabilities in a national household survey of adults. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 6*, 134-142. Retrieved from <http://neuro.psychiatryonline.org/article.aspx?volume=6&page=134>
- 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. doi: 10.1037/0278-7393.26.5.1170
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I., Gavrilesco, D., & Anderson, N. D. (2000). Asymmetry between encoding and retrieval processes: evidence from divided attention and a calibration analysis. *Memory and Cognition, 28(6)*, 965-976. doi : 10.3758/BF03209344

- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I. M., Guez, J., & Kreuger, S. (2005). Divided attention in younger and older adults: Effects of strategy and relatedness on memory performance and secondary task costs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*, 520–537. doi: 10.1037/0278-3933.31.3.520
- Naveh-Benjamin, M., & Guez Y. (2000). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes: Assessment of attentional costs and a componential analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26*, 1461-1482. doi: 10.1037//0278-7393.26.6.1461
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., & Marom, M. (2003). The effects of divided attention at encoding on item and associative memory. *Memory & Cognition*, *31*, 1021-1035. doi: 10.3758/BF03196123
- Nilsson, L. G. (2003). Memory function in normal aging. *Acta Neurologica Scandinavia*, *107*, 7–13.
- Pépin, M., M., Laporte, P., & Loranger, M. (2006). *Test informatisé des fonctions attentionnelles (CAPT 1.0)*. Québec : Le réseau Psychotech.
- Perlstein, W. M., Cole, M. A., Demery, J. A., Seignourel, P. J., Dixit, N. K., Larson, M. J., & al. (2004). Parametric manipulation of working memory load in traumatic brain injury : Behavioral and neural correlates. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *10*, 724–741. doi : 10.1017/S1355617704105110
- Petersen, R. C. (2004). Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *Journal of International Medicine*, *256*(3), 183-94. doi: 10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome. *Arch Neurol.* *56*(3), 303-308.

- Rapoport, M. J., Wolf, U., Herrman, N., Kiss, A., Shammi, P., Reis, M., Phillips, A., & Feinstein, A. (2008). Traumatic brain injury, apolipoprotein E-e4, and cognition in older adults : A two-year longitudinal study. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 20, 68-73.
- Rey, A. (1960). *Manuel du Test de copie et de reproduction de mémoire de figures géométriques complexes*. Paris : Éditions Centre de psychologie appliquée.
- Rosvold, H. E., Mirsky, A. F., Sarason, I., Bransome, E. B., & Beck, L. H. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*, 20, 343–350. doi : 10.1037/h0043220
- Ruff, R. M. (2011). Mild traumatic brain injury and neural recovery: rethinking the debate. *NeuroRehabilitation*, 28(3), 167-80. doi : 10.3233/NRE-2011-0646
- Schmidt, M. (1996). *Rey Auditory Verbal Learning Test. A Handbook*. Western Psychological Services, Los Angeles.
- Schmitter-Edgecombe, M., & Woo, E. (2007). Effects of age and divided attention on memory components derived for the category exemplar generation task. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn*, 14, 274-300. doi: 10.1080/13825580600748708
- Spielberger, C. D. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Palo Alto : Consulting Psychologist Press.
- Troyer, A. K., Leach, L., & Strauss, E. (2006). Aging and response inhibition : Normative data for the Victoria Stroop Test. *Neuropsychology, Development and Cognition. Section B Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13, 20-35. doi : 10.1080/138255890968187

Tulving, E. (Eds.) (1983). *Elements of Episodic Memory*. New-York: Oxford University Press.

Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Belanger, H. G. (2005). Long-term neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*, 228–236. doi : 10.1017/S1355617705050289

Wechsler, D. A. (1997). MEM-III: Échelle Clinique de Mémoire de Wechsler. Paris : Les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.

Wechsler, D. A. (1997). Wechsler Adult Intelligence Scale-III , New York: Psychological Corporation.

Zhou, Y., Kieran, A., Kenul, D., Ge, Y., Rath, J., Reaume, J., Grossman, R. I., & Lui, Y. W. (2013). Mild traumatic brain injury: Longitudinal regional brain volume changes. *Radiology*, *267*, 880-890.

Table 8.1.

Demographic characteristics for both groups.

	MTBI	Controls	<i>P</i> -value
Gender	18M, 9F	18M, 9F	
Handedness	3L, 24R	3L, 24R	
Age (years)	64.07 (4.51)	64 (4.41)	0.95
Education (years)	14.78 (3.61)	13.56 (4.379)	0.27
GDS	5.7 (5.54)	3.07 (2.35)	0.03
STAI - state	31.58 (8.01)	28.07 (7.09)	0.17
STAI - trait	36.59 (7.95)	33.37 (8.5)	0.16

L: Left; R: Right; M: Male; F: Female; GDS: Geriatric Depression Scale; STAI: State-Trait Anxiety Inventory

Table 8.2.

Clinical characteristics of older individuals with MTBI.

MTBI individuals n°	TBI cause	GCS score /15	PTA duration	Loss of consciousness	CT-scan or MRI finding	Time since injury (months)
1	Car RTA	14	N/A	10 min	Left hemisphere	12
2	Roof fall	15	A few min	N/A	N/A	13
3	Ice fall	15	A few min	Few min	Right parietal	15
4	Fall	13	N/A	N/A	Left occipital, cerebellar	45
5	Car RTA	15	No	No	Right frontal-basal	18
6	ATV fall	15	2 hours	Few min	N/A	40
7	Motorcycle RTA	15	A few min	N/A	-	20
8	Motorcycle RTA	15	No	2 min	-	20
9	Car RTA	15	12 hours	No	-	31
10	Garage frame hit	15	A few min	Few min	N/A	37
11	Motorcycle RTA	15	A few min	No	-	22
12	Bike fall	15	A few min	10 min	-	22
13	Roof fall	N/A	15 min	No	-	27
14	Staircase fall	13	N/A	N/A	N/A	18
15	Car RTA	14	30 min	3 min	-	28
16	Pedestrian-bike collision	15	A few min	Few min	-	27
17	Fall	15	45	20	-	23
18	Ice fall	15	N/A	N/A	-	15
19	Car RTA	14	No	No	Right frontal	58
20	Pedestrian RTA	15	< 10 min	Few min	-	48
21	Car RTA	14	23 hours	Few min	-	67
22	Fall	14	A few sec	Few sec	Right parietal and frontal	34
23	Staircase fall	14	A few hours	15 min	Left temporal	48
24	Container Fall (10 feet)	14	No	LOC lenght N/A	Frontoparietal and temporal	25
25	Bike RTA	15	A few min	15 min	Bifrontal	24
26	Fall	14	A few hours	5 min	Left frontoparietal	38
27	Fall	13	45 min	Few sec	-	56

RTA: Road Traffic Accident; ATV: All-Terrain Vehicle; GCS: Glasgow Coma Scale; PTA : Post-Traumatic Amnesia; CT : Computerized Tomography; MRI : Magnetic Resonance Imaging; LOC: Loss Of Consciousness; N/A : Not Available.

Table 8.3.

Means and standard deviations of neuropsychological tests for both groups.

Neuropsychological tests	MTBI	Controls	P-value
Mattis Dementia Rating Scale (DRS; /144)	139.67 (3.82)	141.89 (2.5)	0.02
Mini-Mental State Evaluation (MMSE; /30)	28.59 (1.65)	29.33 (0.92)	0.05
Rey Auditory-Verbal Learning Test (RAVLT)			
Total 5 immediate recall-List A (/75)	47.33 (10.26)	49.07 (8.58)	0.50
Distracter-List B (/15)	5.56 (2.19)	5.48 (1.76)	0.89
Immediate free recall-List A (/15)	9.15 (3.75)	9.52 (2.49)	0.67
Delayed free recall-List A (/15)	8.78 (3.62)	9.81 (2.35)	0.22
Recognition (/15)	13.67 (1.33)	13.67 (1.98)	1.00
Visual Reproduction (WMS-III)			
Immediate free recall (/104)	76.11 (14.61)	81.04 (12.81)	0.19
Delayed free recall (/104)	50.33 (21.85)	63.33 (16.84)	0.02
Victoria Stroop test			
Dots (sec)	14.32 (3.64)	13.49 (2.42)	0.33
Words (sec)	18.99 (5.2)	17.09 (2.98)	0.11
Interference (sec)	32.56 (9.67)	28.62 (5.03)	0.69
Trail Making Test (TMT; D-KEFS)			
Number sequencing	44.36 (14.6)	42.02 (18.07)	0.61
Letter sequencing	49.83 (19.28)	45.89 (19.92)	0.48
Number-letter sequencing	101.29 (31.25)	104.70 (44.52)	0.75
Brown-Peterson Paradigm (BPP)			
0 sec delay	8.92 (0.86)	8.81 (0.63)	0.60
10 sec delay	6.76 (1.79)	7.5 (1.27)	0.09
20 sec delay	5.72 (1.95)	6.92 (1.67)	0.02
30 sec delay	5.04 (2.37)	5.73 (2.22)	0.29
Digit Span (WMS-III)			
Forward	9.57 (2.79)	10.13 (2.14)	0.46
Backward	6.24 (2.49)	7.22 (2.32)	0.18
Spatial Span (WMS-III)			
Forward	7.86 (1.62)	7.91 (1.59)	0.91
Backward	6.71 (2.19)	7.78 (1.95)	0.10
Rey Osterrieth Complex Figure-Copy (/36)	30.21 (4.29)	31.8 (2.92)	0.16
Boston Naming Test (/15)	14.29 (1.01)	14.43 (0.9)	0.61
Vocabulary subtest of WAIS-III (/70)	56.93 (9.01)	59.63 (6.39)	0.21
Information subtest of WAIS-III (/29)	19.33 (4.96)	21.37 (3.35)	0.08

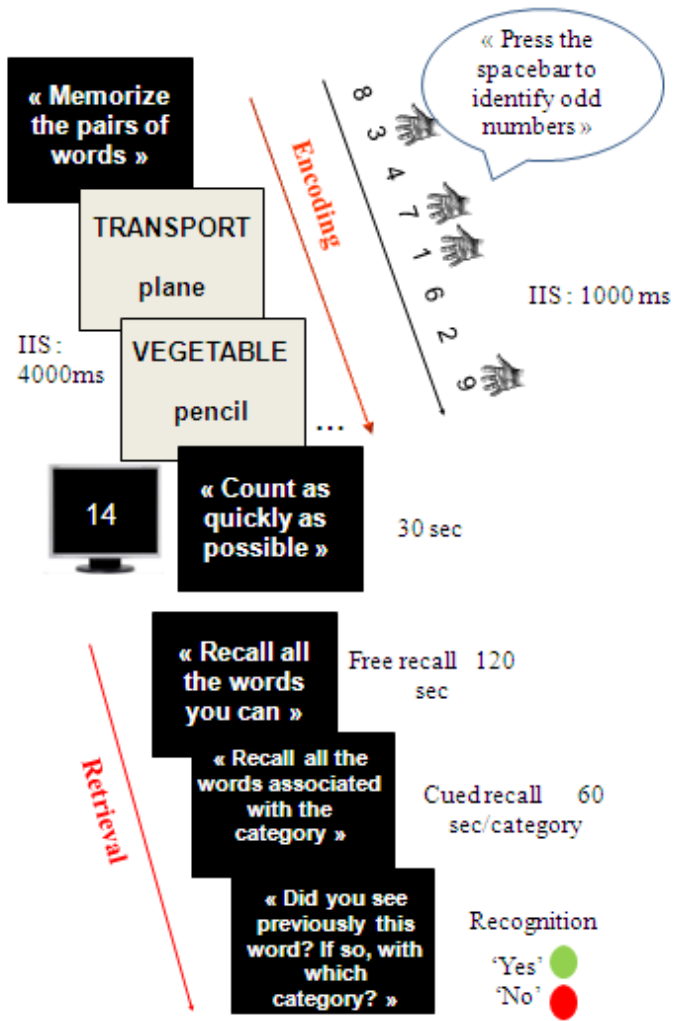


Fig. 8.1. Illustration of the experimental memory paradigm.

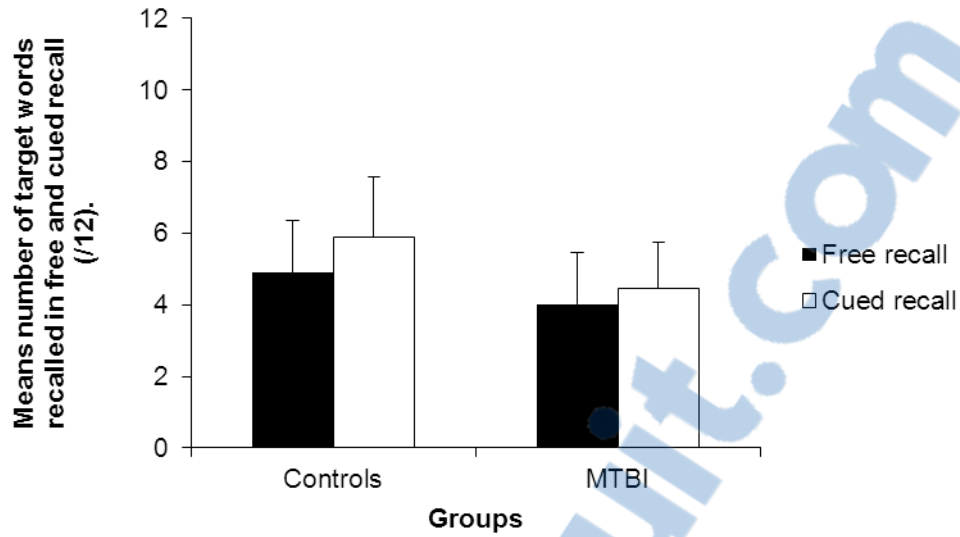


Fig. 8.2. Illustration of the interaction between the Recall modes and the Group variables. The Figure shows that older individuals with MTBI benefited lesser from the cueing in cued recall mode than controls did.

Rapport-Gratuit.com

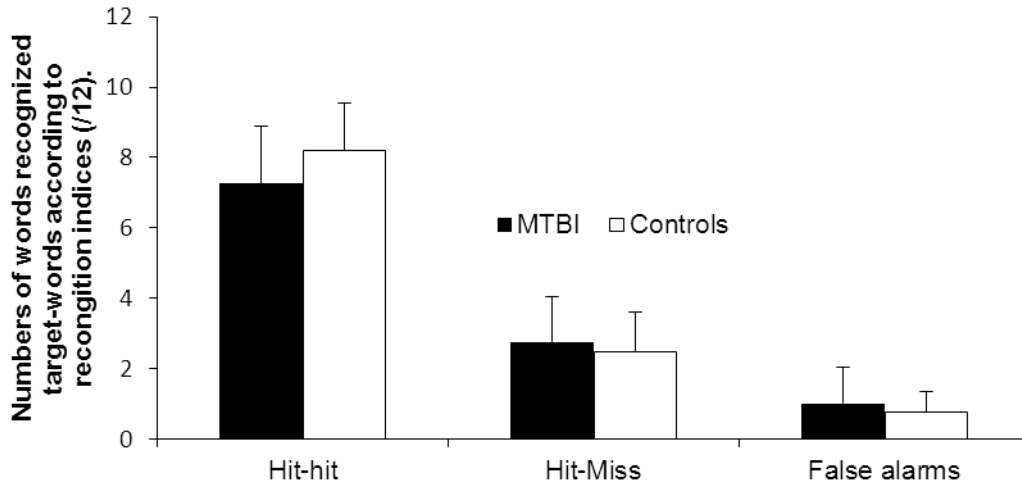


Fig. 8.3. Illustration of the interaction between the Recognition indices and the Groups. The number of target-words recognized is presented according to the recognition indices for both older individuals with MTBI and controls.

Table 8.4. Means and standard deviations obtained at the monitoring task performed in divided attention condition for both groups.

	MTBI	Controls	<i>P</i> -value
Correct responses (/144)*	126.11 (11.22)	129.74 (15.07)	0.32
Correct rejections (/144)*	132.81 (5.73)	133.89 (8.58)	0.59
False alarms (/144)*	11.19 (5.73)	10.04 (8.31)	0.56
Omissions (/144)*	17.89 (11.22)	14.33 (15.04)	0.33
Reaction times for correct detections (ms)			
First presentation	1334.40 (78.59)	1302.36 (92.64)	0.18
Second presentation	1374.18 (88.09)	1338.11 (93.86)	0.15
Third presentation	1324.97 (71)	1324.41 (83.43)	0.98

ms = milliseconds; * = Sum of the three presentations of the pair of words whatever the semantic relationship between the words of pairs.

Table 8.5.

Means and standard deviations for both older individuals with MTBI and controls on the Continuous Performance Test (CPT) and Computerized Attentional Processes Test (CAPT).

Attention tests	MTBI	Controls	P-value
CAPT			
Visual sustained attention sub-test			
Total score	27.25 (4.79)	30.7 (3.56)	0.01
Omissions	1.26 (1.29)	0.44 (0.71)	0.01
Commissions	2.93 (4.21)	1.6 (2.63)	0.18
Visual selective attention sub-test			
Total score	28.76 (12.08)	33.53 (9.43)	0.12
Omissions	3.63 (4.27)	1.84 (2.91)	0.08
Commissions	2.7 (8.86)	0.8 (1.08)	0.29
CPT			
Omissions	4.15 (5.27)	2.89 (4.27)	0.34
Commissions	12.48 (6.96)	12.93 (7.02)	0.82
Variability	8.03 (2.87)	9.27 (12.86)	0.63
Perseveration	0.63 (1.47)	0.63 (0.88)	1.00

Table 8.6.

Means and standard deviations obtained at the experimental memory paradigm for both groups.

	MTBI		Controls	
	FA	DA	FA	DA
Free recall				
Trial 1 - Total (/24)	6.81 (3.69)	2.89 (1.78)	7.15 (3.36)	4.59 (2.52)
SR (/12)	5.44 (2.68)	2.37 (1.5)	5.00 (2.15)	3.78 (2.1)
SU (/12)	1.37 (1.55)	.52 (.7)	2.07 (1.86)	.81 (.88)
Trial 2 - Total (/24)	10.11 (4.56)	6.11 (2.38)	12.04 (3.88)	8.41 (3.2)
SR (/12)	6.85 (2.73)	4.7 (1.66)	7.48 (1.91)	6.19 (2.35)
SU (/12)	3.26 (2.46)	1.41 (1.19)	4.56 (2.55)	2.22 (1.45)
Trial 3 - Total (/24)	12.96 (4.49)	8.44 (3.59)	15.15 (3.95)	11.48 (3.66)
SR (/12)	7.81 (2.2)	6 (1.96)	8.81 (2.22)	7.41 (2.39)
SU (/12)	5.15 (2.78)	2.44 (2.04)	6.33 (2.62)	4.07 (1.98)
Cued recall				
SR (/12)	8.44 (2.36)	6.78 (1.91)	9.78 (1.81)	7.81 (2.57)
SU (/12)	2.11 (2.15)	.56 (.93)	3.81 (3.03)	2.11 (1.85)
Recognition				
Hit-Hit				
SR (/12)	10.78 (2.15)	9.96 (2.03)	11.11 (1.4)	10.56 (1.7)
SU (/12)	5.33 (2.77)	2.96 (1.95)	6.56 (2.65)	4.63 (2.75)
Hit-Miss				
SR (/12)	.48 (1.6)	.41 (1.39)	.37 (1.36)	.41 (.8)
SU (/12)	5.11 (2.58)	5.04 (2.39)	4.15 (2.61)	5 (2.62)
False alarms				
SR (/12)	1.26 (1.51)	2.22 (2.47)	1.11 (1.25)	1.56 (1.81)
SU (/12)	.04 (.19)	.52 (1.05)	.15 (.46)	.22 (.51)

SR: Semantically Related; SU: Semantically Unrelated; FA: Full Attention; DA: Divided Attention

Table 8.7.

Means and standard deviations of the percent decline for FA to DA at the experimental memory paradigm for both groups.

	MTBI	Controls
Percent decline		
Free recall		
SR	28.61 (26.18)	15.22 (28.52)
SU	41.21 (49.86)	37.46 (39.42)
Cued recall		
SR	15.43 (28.28)	20.38 (20.66)
SU	62.3 (48.9)	23.88 (61.2)
Hit-Hit		
SR	6.44 (16.37)	3.44 (21.12)
SU	26.04 (84.51)	22.65 (49.87)

SR: Semantically Related; SU: Semantically Unrelated

CHAPITRE 9. ARTICLE 2 : FUNCTIONAL IMPACTS OF MILD TRAUMATIC BRAIN
INJURY SUSTAINED IN OLDER ADULTS

Functional impacts of mild traumatic brain injury sustained in older adults

BOLDUC, F.¹, MCKERRAL, M.², GÉLINAS, I.³ PÉPIN, M. ¹ & BLANCHET, S.¹

¹School of Psychology, Université Laval, and Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation and Social Integration (CIRRI) - Institut de réadaptation en déficience physique de Québec (IRDPQ), Quebec City, Canada

²Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation of Greater Montreal - Centre de Réadaptation Lucie-Bruneau, and Department of Psychology, Université de Montréal, Québec, Canada

³School of Physical & Occupational Therapy, McGill University, Montreal, Quebec, Canada.

9.1 Abstract

We recently demonstrated that MTBI occurring in aging adults is associated with subtle cognitive changes (Bolduc et al., in preparation). It is therefore important to examine the impacts of MTBI on the functioning of older adults in their everyday lives. In the present study, 27 older adults who sustained a MTBI 1 to 6 years prior were matched with 27 controls based on age and education level. They completed questionnaires evaluating their functional level, their physical activity level and their cognitive, functional and memory-related complaints in daily life. The results demonstrated that MTBI is associated with functional limitations, particularly a reduction of physical activity and paid/volunteer employment. Our conclusions demonstrate the importance of developing a thorough understanding of the profile of older adults with MTBI and how a MTBI affects them.

Introduction

Several studies revealed that, following a traumatic brain injury (TBI), victims are less integrated into their communities (e.g. Dijkers, 2004; Kalpakijan, Lam, Toussaint & Merbitz, 2004; Stalnacke, 2007) and report a lower level of life satisfaction (McCauley, Boake, Levin, Contant & Song, 2001) than individuals without TBI. The more severe is the TBI, greater are the impacts to social functioning over 6 months post-injury (Temkin, Corrigan, Dikmen & Machamer, 2009). Moreover, moderate to severe TBI is associated with, among others, a lower social functioning and a decrease in social relations. In contrast, Temkin, Corrigan, Dikmen and Machamer (2009) did not find a relationship between a Mild Traumatic Brain Injury (MTBI) and a reduction in social functioning, social relations, independent living, and employment. In addition, few authors have investigated the long-term functional status of young adults with MTBI, and research investigating the effects of MTBI on older adults is less common. Recently, Sveen, Ostenjo, Laxe and Soberg (2013) conducted a focus group study to collect data regarding disability and functioning among adults aged 18-55 who had sustained a MTBI approximately 4 to 11 months prior. The most frequent complaints concerned cognitive functioning and its consequences for daily functioning and living. The five most frequently reported issues concerned carrying out daily routines; employment/work; looking after one's health; social relationships with friends; and handling stress and other psychological demands. This study highlights the importance of considering the link between cognitive functioning and the life habits of individuals, even after a TBI of mild severity.

More recently, Ponsford, Cameron, Fitzgerald, Grant and Mikočka-Walus (2011) investigated the functional outcomes of MTBI in young adults. From one week to three months following the MTBI, the majority of the participants were employed, but still

reported ongoing memory and concentration problems which affected their daily activities. Stalnacke, Elgh and Sojka (2007) demonstrated that young adults seeking consultation for cognitive complaints caused by a MTBI one year prior experienced a greater level of disability and lower life satisfaction than young adults who did not seek consultation for cognitive problems. Primarily, participants reported a lowered “ability to enjoy previous leisure activities” and said they were “finding work more tiring” after the injury. Thus, the profile of young individuals who sustained a MTBI pointed to the presence of mild functional impacts that diminished over time following the TBI onset. In older adults with MTBI, more research is required to better understand how a MTBI can impact daily living.

In addition to the effects of normal aging processes on cognition (e.g. Bopp & Verhaeghen, 2005; Luo & Craik, 2008; Treitz, Heyder & Daum, 2007) which can lead to functional difficulties (Lee, Kim, Lee, Han & Kim, 2005), it is important to focus on the possible concomitant effects of MTBI on older adults. The existing literature rarely considers both the functional effects of MTBI in older adults and the long-term consequences of that MTBI on their everyday lives and social participation. Greater knowledge of that dynamic could help researchers and clinicians to better understand how MTBI victims develop adaptation strategies and how health care institutions could provide more accurate support. Until now, few studies have investigated the impact on life habits several months after a MTBI sustained in older adults.

Although older adults seem to have more difficulties following severe TBI and to exhibit poorer functioning and higher mortality rates (Rapoport & Feinstein, 2001), this relationship is less established in MTBI patients. Rapoport and Feinstein (2001) compared young adults and older adults outcomes in the first month following a MTBI. The authors demonstrated that the elderly group had a better outcome in psychosocial functioning than

younger patients. Rapoport and Feinstein (2001) explained that this result can be due to a difference in status between groups. Younger adults have different post-injury demands than older adults, such as returning to work and family, which could increase psychosocial dysfunction. Inversely, Susman et al. (2002) demonstrated that elderly patients, despite a low degree of TBI severity, have a worse functional outcome at discharge than younger adults, and are more dependent. Mosenthal et al. (2004) compared adults 18 to 64 years of age with people aged 65 and over, more than 6 months after a TBI, based on their level of functional independence. In the majority of cases, patients were diagnosed with a MTBI and met with researchers after receiving rehabilitation services. Mosenthal and colleagues (2004) reported that the majority of older adults who suffered MTBI were able to live independently 6 months after the injury. Indeed, during this period, a significant change was reported based on the Functional Independence Measure (FIM). Despite these developments, older adults who suffered MTBI still required more care for their injury and had a slower rate of recovery than younger adults. The research of Mosenthal et al. (2004) seems therefore to demonstrate a good functional recovery following MTBI in the elderly, but they recover significantly less successfully than younger adults do. This last conclusion underlines the importance of investigating functional outcomes in a sensitive way, particularly those which require significant cognitive resources following a MTBI. In a recent publication, Bolduc et al. (in preparation) demonstrated that a subtle cognitive dysfunction could impact memory performance in older adults even several months after the onset of a MTBI. Considering these subtle cognitive changes, functional impacts affecting complex daily life habits could be observed.

In addition to functional consequences of the MTBI in daily life, Stulemeijer et al. (2006) reported that adults aged 18 to 60 experienced limitations in their ability to perform

physical activities 6 months after a MTBI. These limitations were related to post-concussion symptoms such as fatigue. Few studies in the TBI literature mentioned such results, and it appears important to document the possible physical activity limitations in older adults following a MTBI. Physical activity can be a major source of leisure for older adults, and is frequently recommended to prevent cardiovascular pathologies (Bullo et al., 2011) and dementia (e.g. Yaffe & Hoang, 2013) in aging.

In the present study, functional limitations were considered according to the Human Development Model - Disability Creation Process (HDM-DCP; Fougeyrollas, 2010) illustrated in Figure 9.1. This model conceptualizes social participation using the notion of life habits. HDM-DCP defines life habits as daily activities and social roles that are valued by an individual or in his sociocultural context depending on his individual characteristics (e.g. age, sex, sociocultural identity, etc.). In the HDM-DCP, social participation refers to the total accomplishment of life habits, resulting from the interaction between personal factors (impairments, disabilities and other personal characteristics) and environmental factors (facilitators and obstacles). A disabling situation occurs when a life habit cannot be performed. A Disabling situation, or reduced accomplishment of life habits, results from the interaction between personal factors (i.e. impairments, disabilities and other personal characteristics) and environmental factors (facilitators and obstacles). Thus, a MTBI is a factor that can affect social participation. Life habits can be divided into two categories: daily activities and social roles.

For the current study, we decided to include only the more complex life habits the LIFE-H Assessment tool (Fougeyrollas, Noreau, Dion & Lepage, 1998), which require more cognitive resources from individuals. There is a continuing debate over the existence of cognitive dysfunctions after 3 months following a MTBI, even in older adults. However,

in a recent study we demonstrated that 27 older adults with MTBI sustained between 1 and 6 years prior continued to exhibit subtle executive dysfunctions that affected their performance on tasks involving episodic memory processes. This impairment was observed on the basis of a more sensitive task than those typical of standardized neuropsychological tests widely used in clinical setting (Bolduc et al., in preparation). Considering the results we obtained in that study, we hypothesized that functional limitations could be present in everyday life, especially affecting more complex tasks. According to the HDM-DCP, an interaction between the diminution in the abilities of an individual (e.g. cognitive decline) and environmental factors can affect the realisation of life habits. Thus, because of the cognitive decline associated with normal aging and the subtle executive dysfunction following MTBI, older adults' participation in daily activities can be diminished.

The first objective of the present study was to investigate if sustaining a MTBI as an older adult interferes with the performance of the most complex daily life habits. We hypothesized that complex life habits should be reported as being more difficult by older adults with MTBI than by controls. To prevent an over- or under-estimation of their difficulty (Snell, Siegert, Hay-Smith & Surgenor, 2011), a close relative of each participant was asked to complete few questionnaires investigating their perception of the participant's realisation of life habits and their memory-related complaints in everyday life. We expected that close relatives would confirm the patients' difficulties with life habits as well as their memory-related complaints. The second objective of the study was to investigate if the MTBI interferes with the realisation of physical activities. We hypothesized that older adults with MTBI would have more difficulty with physical activity than controls.

9.2 Method

Participants

Twenty-seven older adults who sustained a MTBI between the ages of 55 and 80 and 27 healthy control individuals were included. The MTBI had to have occurred at least 1 to 6 years prior to the study. Control individuals were matched with older adults who sustained a MTBI according to gender, age, education level and handedness. All participants were native French speakers. Demographic characteristics of participants are shown in Table 9.1.

Older adults with MTBI met the diagnostic criteria of the WHO MTBI Task Force (Carroll et al., 2004). MTBI must be accompanied by (1) one or several of the following criteria: loss of consciousness for 30 minutes or less, post-traumatic amnesia for fewer than 24 hours, confusion or disorientation, and/or transitory neurological abnormalities such as focal signal, seizure, and intracranial injuries not requiring surgery; (2) a score equal to or greater than 13/15 on the Glasgow Coma Scale, approximately 30 minutes following the accident or later, on arrival at healthcare services. Clinical symptoms had to be unrelated to consumption of drugs, alcohol, medication or other problems (i.e. language difficulties, concomitant medical conditions, psychological trauma, treatments for other injuries). Participants had not sustained a penetrating injury.

Exclusion criteria included the presence or antecedent of psychiatric disorders, cerebrovascular disorders, neurological disorders, a symptomatic depression measured using the Geriatric Depression Scale (GDS; Bourque, Blanchard, & Vézina, 1990), alcoholism or general anaesthesia administered in the preceding 6 months. Control participants were excluded if they had sustained a previous TBI. Moreover, the presence of vascular risk factors was controlled, based on a score above cut-off on the Hachinski

Ischemic Scale (HIS; Hachinski et al., 1975), to avoid any potential effects of vascular cognitive impairment. None of the participants were taking medication known to interfere with cognition (e.g. benzodiazepines, antipsychotics, or antidepressant treatments).

Materials and procedure

Each participant was met twice, and sessions were spaced at least one week apart. Participants completed questionnaires assessing the life habits realisation (i.e. social participation), functional autonomy, physical activity realisation, memory and cognitive complaints throughout everyday life. A neuropsychological assessment was also administered - the findings obtained from those assessments have been reported in another publication (Bolduc et al., in preparation).

Social participation was investigated using the most complex daily life habits of the LIFE-H Assessment tool (Fougeyrollas, Noreau, Dion & Lepage, 1998). This questionnaire is based on the HDM-DCP conceptual model. The items on the questionnaire which correspond with the most complex life habits are the following: preparing a meal; physical fitness; mental well-being; healthcare; verbal and signed communication; telecommunication; financial responsibilities; consuming goods and services; education; paid employment and volunteer employment. The LIFE-H is an instrument that allows the investigation of the social consequences of impairments and disabilities. The LIFE-H scale has been tested successfully for various types of validity (content, convergent, discriminant) and reliability (intra- and inter-rater, internal consistency) among people with a disability (Noreau, Fougeyrollas & Vincent, 2002; Noreau et al., 2004). The potential profile of disability can be identified on the basis of the LIFE-H. For each life habit mentioned, each participant must indicate their level of accomplishment and the type of

assistance required to achieve it, as well as their level of satisfaction in relation to the degree of realization.

Participants met in the laboratory and completed the LIFE-H together with the examiner. To obtain data on another person's perception of the possible difficulties met by each participant in his/her everyday life, we asked a relative of each participant in both groups to complete these scales as well.

The Functional Autonomy Measurement System (SMAF; Hébert, Carrier, & Bilodeau, 1988) was also used to evaluate functional autonomy following the MTBI. Questions concerned the various categories of ADL related to personal environment (hygiene, dressing, eating, healthcare), home environment (meals, maintenance) and community environment (use of services, transportation, financial management, time management). Each question lead to sub-scores. This scale has a high degree of internal consistency, an excellent inter-rater reliability and a high test-retest reliability (Dumont, Gervais, Fougeyrollas, & Bertrand, 2004; 2005; Desrosiers, Noreau & Rochette, 1995). Each function of the SMAF was completed by the examiner after a semi-structured interview. For each function, the examiner used a five-level scale with a score of 0 indicating complete autonomy; -0.5, autonomy with difficulty; -1 indicating that the participant requires surveillance or stimulation; -2 indicating that the participant requires help; and -3 indicating the total dependence of the participant.

To verify if the MTBI sustained in the elderly participants had an impact on their realisation of physical activities, the Physical Activity Scale for the Elderly (PASE; Washburn, Smith, Jette & Janney, 1993) was administered. The PASE is a brief instrument designed to assess physical activity in older individuals over a 1-week time period. The PASE is a questionnaire investigating the quantity and the realisation level of physical

activity commonly engaged in by older adults in their everyday lives. Participation in leisure activities, including walking outside, as well as light, moderate, and strenuous sport, recreation and muscle strengthening were recorded as never, seldom (1–2 days/wk), sometimes (3–4 days/week), and often (5–7 days/week). Duration was categorized as less than 1 hour, between 1 and 2 hours, 2–4 hours, or more than 4 hours. Paid or unpaid work, excluding work that mostly involves being seated, was recorded in terms of total hours per week. Participation in housework (light and heavy), lawn work/yard care, home repair, outdoor gardening, and caring for others are recorded as yes/no answers (Washburn, McAuley, Katula, Mihalko, & Boileau, 1999).

To investigate the memory issues experienced by participants in their everyday lives, the Self-Evaluation Memory Questionnaire (QAM; Van der Linden, Winjs, Von Frenkell, Coyette & Seron, 1987) was administered to participants and a close relative of each participant to record their perceptions of the participants' memory functioning. The participants' tendencies to forget about Conversations, Books and movies, Distracters, People, Use of objects, Political and social events, Places, Actions to execute, Personal events, and General questions are all investigated using the QAM. The reliability and validity of this test have also been demonstrated (Van der Linden, Winjs, Von Frenkell, Coyette & Seron, 1987). For external validity, the QAM has been correlated ($r = -.52, p < .001$) with the California Verbal Learning Test (CVLT; Delis et al, 1987). This correlation indicates that lower scores on the CVLT correspond to more serious complaints on the QAM (Van der Linden, Philippot, & Heinen, 1997).

Post-concussion symptoms were documented using the Rivermead Post-Concussion Symptoms Questionnaire (RPCSQ; King, Crawford, Wenden, Moss & Wade, 1995). The RPCSQ consists in 16 of the most commonly encountered post-concussion symptoms such

as headache, dizziness, nausea and/or vomiting, noise sensitivity, sleep disturbance, fatigue, etc. Participants rated the extent to which these symptoms were problematic over the previous 24 hours compared with the pre-morbid levels, using a rating scale with values from 0-4, ranging from not problematic at all to a severe problem. The RPCSQ has been shown to offer high reliability and validity values (King, Crawford, Wenden, Moss & Wade, 1995).

The Oxford Questionnaire Version capabilities and habits (King, Crawford, Wenden, Moss, & Wade, 1997) from the Oxford Head Injury Service was administered. Like the RPCSQ, the Oxford questionnaire uses a rating scale with values from 0-4, from 'no problem at all' to 'severe problem'. Items investigated life habits such as having a conversation with one or two persons, participation in leisure activities, participation in social activities, maintaining past levels of performance at work or school, etc. For both the RPCSQ and Oxford scale, participants in the control group completed a modified version of the questionnaire, without any reference to a previous TBI.

9.3 Data analyses

To analyze the impact of MTBI in older individuals on their everyday activities, we compared each patient and control's response obtained on the Life-H and ADL Profile tests, the PASE questionnaire, the Self-Evaluation Memory Questionnaire, and the RPCSQ and Oxford scales by conducting a two-tailed independent samples Student *t*. Furthermore, to compare the participants 'and close relatives' perception of both daily life and memory functioning, we compared patients' response indices with those of their respective relatives. For all statistical analyses, the significance level was set at $p < 0.05$.

9.4 Results

Table 9.1 presents clinical and demographic characteristics of both groups. The groups differ on the total score of the MDRS, a measure of global cognitive functioning. However, participants of both groups were above the cut-off score, indicating good cognitive functioning.

Functional difficulties

Table 9.3 presents the results of each complex daily life habits category for both groups on the LIFE-H. Significant group differences for specific sub-items of global categories illustrated in Table 9.3 and significant group differences for level of satisfaction are presented in the text. Older adults with MTBI mentioned they participate in specifically less indoor and outdoor physical activity than controls [($t(19.61) = 2.79, p = .011$; ($t(21.87) = 2.34, p = .029$, respectively)]. In addition, they reported a lower level of satisfaction associated with a reduction of these indoor and outdoor physical activities [($t(18.49) = -3.09, p = .006, \eta^2 = .24$; ($t(34) = -2.39, p = .023, \eta^2 = .14$, respectively)].

In the Mental well-being category, older adults with MTBI mentioned they were involved in fewer relaxation activities, with a lower level of satisfaction than controls for this item [($t(21) = 2.49, p = .021$; ($t(25.89) = -2.65, p = .013, \eta^2 = .16$ respectively)]. A significant difference was found in the education category, specifically in the note-taking item which was also associated with a lower level of satisfaction in older adults with MTBI than in controls [($t(16) = 2.17, p = .046$ ($t(26) = -2.15, p = .041, \eta^2 = .16$ respectively)]. The other categories (meal preparation, health care, oral and signed communication, financial responsibilities, consuming goods and services, paid and volunteer employment) did not differ between groups.

The relatives of older adults with MTBI did not corroborate the functional difficulties reported by the MTBI group for either the level of realisation or of satisfaction in any category, nor in sub-items of the complex daily life habits.

As shown in Table 9.3, older adults with MTBI obtained a lower score on the category investigating mental functions in the SMAF. The groups did not differ for any other categories of the SMAF.

Physical activities

Table 9.4 shows the results for both groups in the PASE. Older adults with MTBI reported a significantly lower level of walking outside and a lower level of paid/unpaid employment than controls. Differences in the other domains did not reach the level of significance.

Cognitive complaints following MTBI

On the basis of the RPCSQ and the Oxford questionnaires, as shown in Table 9.5, older adults with MTBI reported more cognitive and everyday life complaints as a consequence of the MTBI. As mentioned previously, the control group completed a modified version of the RPCSQ and the Oxford questionnaire, which was only different in that it did not include any reference to a previous TBI.

Older adults with MTBI reported more fatigue, irritability, memory loss or forgetfulness and decreased concentration on the RPCSQ.

As reported in Table 9.5, the performance of each daily life activity investigated by the Oxford questionnaire was reported as lower by the older adults with MTBI as compared to controls, except for the ability to cope with family demands and other changes.

Memory complaints

As shown in Table 9.6, older individuals with MTBI reported more memory problems in their daily activities as assessed by the Self-Evaluation Memory Questionnaire (QAM) than controls. Particularly, they expressed more complaints of impairments for “Conversations”, “Books and movies” and “Political and social events” than control individuals.

Table 9.7 and Table 9.8 illustrates the close relative’s responses on the QAM. The close relatives of older adults with MTBI noticed more problems with “Political and social events”, “Places” and “General questions”. As shown in Table 9.8, no difference was observed between the judgement of the controls and their close relatives, except for the “General questions”.

9.5 Discussion

The objective of the study was to verify if a MTBI sustained in older adulthood interfered with functioning in daily life. Overall, our results demonstrate that older individuals with MTBI experienced cognitive and functional issues, as well as lower levels of realisation and satisfaction when completing some complex daily life habits and physical activities, as compared to controls. They also emitted memory complaints in everyday life which were reported as more severe by participants than by their close relatives. These main findings are discussed in more details below.

Based on the Human Development Model - Disability Creation Process (HDM-DCP; Fougeyrollas, 2010), complex life habits were investigated using the LIFE-H. The physical fitness levels of older adults with MTBI were lower than those of controls, as demonstrated by lower levels of realisation of indoor and outdoor physical activities. Social participation in physical activity may thus change following a MTBI, in comparison to their

premorbid level, as confirmed by the lower level of satisfaction reported by older adults with MTBI. They could be unsatisfied with their participation in physical fitness activities due to the fact that they observe a change in fitness compared to premorbid levels. Similar findings have been reported on the level of realisation in relaxation activities. A possible explanation for this is that older adults with MTBI experience lowered self-confidence levels because of their difficulties in certain aspects of daily life following the MTBI. It is also possible that the planning necessary to perform physical activities is too high for older adults with MTBI, who subsequently choose to reduce their realisation in physical fitness activities, which in turn negatively impacts their satisfaction levels. Another possible explanation is that the fatigue and decreased concentration complaints expressed by older adults with MTBI on the RPCSQ contributed to limitations in their physical fitness. The observations on the LIFE-H for physical fitness are partially confirmed by the PASE data, in which older adults with MTBI reported walking outside less than controls. To our knowledge, no previous studies highlight similar results regarding physical activity in older adults who sustained a MTBI.

Surprisingly, older adults with MTBI did not report more difficulties than the control group with several complex daily life habits which are highly demanding in terms of cognitive resources, such as meal preparation, healthcare, financial responsibilities, and paid/unpaid work. However, in the educational category of the LIFE-H, older adults with MTBI reported taking fewer notes than controls. In contrast with the responses obtained from the LIFE-H test, older adults with MTBI mentioned lower levels of employment in paid/unpaid work on the PASE. This last result may be explained by the type of questionnaire used in the investigation of functional outcomes. The LIFE-H investigates the level of accomplishment of a life habit, the type of assistance required to achieve it and the

level of satisfaction in relation to the degree of realization. The PASE, which is used in the evaluation of physical activity, is a tool that serves to quantify the activities performed by older adults (e.g. the number of hours for a particular activity). The difference in evaluation method could lead to this contradictory result. Older adults with MTBI possibly diminished their time spent on paid/unpaid work without reporting difficulty in the realisation of that work. They also obtained a lower score in the category investigating mental functions on the SMAF, which could contribute to the explanation of the result obtained at the LIFE-H and the PASE.

Other functional limitations are also observed several months after the MTBI compared to controls, such as those reported on the Oxford Questionnaire - Capabilities and habits version. The performance of everyday household activities, the ability to participate in normal social activities and the ability to take pleasure in prior leisure activities were all considered problematic for older individuals with MTBI. These results contrasts with those of Temkin et al. (2009), who were unable to highlight a relationship between a MTBI and a reduction in social functioning, social relations and independent living. This study was conducted with younger adults than the present study. Moreover, the items of the Oxford questionnaire that were the most problematic in our patients' sample were the ability to maintain previous performance levels in work/study and endurance or fatigue levels while completing work/study. These complaints can potentially be related to the higher level of fatigue, memory loss/forgetfulness and decreased concentration expressed on the RPCSQ. The majority of older adults with MTBI reported having more problems in the realisation of work or study; this may be related to subtle cognitive dysfunction, as we observed in a previous study conducted on the same sample (Bolduc et al., in preparation). In a young group (18-55 years old) of individuals who had sustained a

MTBI, Sveen, Ostenjo, Laxe and Soberg (2013) also reported cognitive dysfunction affecting daily life functioning. As in our study, those participants mentioned difficulty carrying out daily routines and employment/work. Our findings indicate that these socio-professional difficulties thus seem to persist in older adults who have sustained a MTBI. Overall, these functional limitations may restrict social participation.

Older adults with MTBI expressed cognitive complaints, even many months or years following a MTBI, such as those reported in the RPCSQ and the QAM. These results are in agreement with several studies reporting that cognitive complaints persist beyond the acute phase of the MTBI when occurring in young adults (e.g. Binder, Rohling, Larrabee, 1997; Dikmen, McLean, Temkin, 1986; Blanchet et al., 2009) and older adults (Rapoport et al., 2006). According to Bruce and Echemendia (2003), the most frequent cognitive complaints following a MTBI concern memory and attention abilities, which can contribute to the difficulties reported in completing daily activities. In our sample, fatigue, irritability, memory loss/forgetfulness and decreased concentration were the issues most frequently reported as problematic. Memory problems in everyday life are often reported in young adults as a major concern immediately following their MTBI (Bruce and Echemendia, 2003) or even many months after their MTBI onset (Blanchet et al., 2009). In the present study, older individuals with MTBI reported more memory problems in their daily activities than controls as assessed by the QAM. Particularly, they had more complaints about impairments for the “Conversation”, “Books and movies” and “Political and social events” categories than control individuals. However, when comparing the scores of older adults with MTBI and their close relatives on the QAM, a slightly different profile is obtained. The close relatives did not corroborate 2 of the 3 complaints of older adults with MTBI, and moreover, they noticed 2 other spheres affected in the participants' everyday

lives. Like the older adults with MTBI, they mentioned more problems remembering “Political and social events”, but noticed memory problems for “Places” and “General questions” in daily life. In comparison to the MTBI group, it appears that control individuals showed differences between their own evaluation of their memory and the evaluation of their relatives. The most important finding on the QAM is that close relatives observed that older adults with MTBI had difficulty with remembering some information in their daily lives.

For the control group, only the “General questions” section of the QAM differed significantly between participants and their close relatives, who estimated lower memory function for the control group. This difference between the evaluation of participants and their relatives on the QAM for both groups could demonstrate that older adults with MTBI experience more difficulty with memory function in everyday life. It may be possible that functional limitations are present following the MTBI, in addition to the effects of normal aging. This result underlines the possible cumulative effect on memory function of MTBI and normal aging. As underlined by Desrosiers, Noreau and Rochette (2004), a normal decline in life habits realisation is usually observed in the elderly, but our study shows that it is accentuated by the onset of a MTBI.

9.6 Conclusion

The results of this study demonstrated the presence of functional limitations several months after the occurrence of a MTBI in older adults. None of our participants with MTBI were in litigation, but they reported cognitive, functional and memory-related complaints. The performance of physical activities and of paid/unpaid work seems to be particularly problematic following a MTBI in older adults. It is important to underline that the older

adults in the MTBI group all lived independently at the time of the study. None of them had physical or cognitive limitations that could interfere with their independence in everyday life. This small change in functioning can be a source of preoccupation for older adults, which can result in a reduction in social participation.

9.7 References

- Banville, F., Villemure, R., & Nolin, P. (2008). Le traumatisme craniocérébral léger : Une vue d'ensemble. Dans F. Banville & P. Nolin (Eds.), *Épidémie silencieuse : Le traumatisme craniocérébral léger – Symptômes et traitement* (pp. 7-25). Québec, QC : Collection santé et société.
- Blanchet, S., Paradis-Giroux, A.A., Pépin, M., & McKerral, M. (2009) Impact of divided attention during verbal learning in young adults following mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, 23(2), 111-122. doi:10.1080/02699050802649688
- Blanchet, S., Belleville, S., & Peretz, I. (2006). Episodic encoding in normal aging : Attentional resources hypothesis extended to musical material. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13, 490-502. doi:10.1080/13825580500428492
- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 60, 223–233. doi: 10.1093/geronb/60.5.P223
- Bourque, P., Blanchard, L., & Vézina, J. (1990). Étude psychométrique de l'Échelle de dépression gériatrique. *Revue Canadienne du Vieillissement*, 9, 348-355. doi : 10.1017/S0714980800007467

- Bruce, J. M., & Echemendia, R. J. (2003). Delayed-onset deficits in verbal encoding strategies among patients with mild traumatic brain injury. *Neuropsychology, 17*, 622–629. doi: 10.1037/0894-4105.17.4.622
- Bullo, M. et al. (2011). Association between a healthy lifestyle and general obesity and abdominal obesity in an elderly population at high cardiovascular risk. *Prev Med, 53*, 155-161. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.06.008
- Carroll, L. J., Cassidy, J. D., Peloso, P. M., Borg, J., von Holst, H., Holm, L., Paniak, C., & Pépin, M. (2004). Prognosis for mild traumatic brain injury: Results of the WHO collaborating centre task force on mild traumatic brain injury. *Journal of Rehabilitation Medicine, 43*, 84-105. doi: 10.1080/16501960410023859
- Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. Dans F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities : Mechanisms and performances* (pp. 409-422). Amsterdam, North-Holland.
- Craik, F. I. M., & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: the role of attentional resources. Dans F. I. M. Craik & Trehub (Eds.), *Aging and cognitive Processes*. New-York.
- Craik, F. I. M., & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 13*, 474-479. doi: 10.1037/0278-7393.13.3.474
- Desrosiers, J., Noreau, L., & Rochette, A. (2004). Social participation of older adults in Quebec. *Aging Clinical and Experimental Research, 16*, 406-412.
- Dijkers, M. P. (2004). Quality of life after traumatic brain injury: A review of research approaches and findings. *Arch Phys Med Rehabil, 85*, 21-35. doi: 10.1016/j.apmr.2003.08.119

- Dikmen, S., Machamer, J., & Temkin, N. (2001). Mild head injury: Facts and artifacts. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *23*, 729–738. doi: 10.1076/jcen.23.6.729.1019
- Dumont, C., Gervais, M., Fougeryrollas, P., & Bertrand, R. (2004). Toward an explanatory model of social participation for adults with traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma and Rehabilitation*, *19*, 431-444. doi:10.1597/1545-1569
- Fougeryrollas, P., Noreau, L., Dion, S. A., & Lepage, C. (1998) La mesure des habitudes de vie : instrument général détaillé : (MHAVIE 3.0). Réseau international sur le processus de production du handicap, 1998. - 29 p.
- Frencham, K. A. R., Fox, A. M., & Mayberry, M. T. (2005). Neuropsychological studies of mild traumatic brain injury: A meta-analytic review of research since 1995. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *27*, 334–351. doi : 10.1080/13803390490520328
- Goldstein, F. C., Levin, H. S., Goldman, W. P., Clark, A. N., & Altonen, T. K. (2001). Cognitive and neurobehavioural functioning after mild versus moderate traumatic brain injury in older adults. *Journal of International Neuropsychological Society*, *7*, 373-383. doi: 10.1017/S1355617701733115
- Hachinski, V. C., Iliff, L. D., Zilhka, E., Du, B. G., McAllister, V. L., Marshall, J., Russell, R. W., & Symon, L. (1975). Cerebral blood flow in dementia. *Archives of Neurology*, *32*, 632-637.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *108*, 356-388.

- Hébert, R., Carrier, R., & Bilodeau, A. (1988). The functional autonomy measurement system (SMAF) : Description and validation of an instrument for the measurement of handicaps. *Age Ageing, 17*, 293-302. doi:10.1186/1471-2318-7-2
- Kalpakjian, C. Z., Lam, C. S., Toussaint, L. L., & Merbitz, N. K. (2004). Describing quality of life and psychosocial outcomes after traumatic brain injury. *Am J Phys Med Rehabil, 83*, 255-265. doi: 10.1097/01.PHM.0000118033.07952.8C
- King, N., Crawford, S., Wenden, F., Moss, N., & Wade, D. (1995). The Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire: A measure of symptoms commonly experienced after head injury and its reliability. *Journal of Neurology, 242*, 587-592. doi: 10.1007/BF00868811
- King N, Crawford S, Wenden F, Moss N, Wade D. Interventions and service need following mild and moderate head injury: the Oxford Head Injury Service. *Clin Rehab. 11*, 13-27.
- Leblanc, J., de Guise, E., Gosselin, N., & Feysz, M. (2006). Aging effects on functional outcome of traumatic brain injury patients in acute care. *Brain Injury, 20*, 779-790.
- Lee, Y., Kim, J. H., Lee, K. J., Han, G., & Kim, J. L. (2005). Association of cognitive status with functional limitation and disability in older adults. *Aging Clin Exp Res. 17*, 20-28.
- Luo, L., & Craik, F. I. M. (2008). Aging and memory: A cognitive approach. *Canadian Journal of Psychiatry, 53*, 346-353.
- Mazzuchi, A., Cattelani, R., Missale, G., Gugliotta, M., Brianti, R., & Parma, M. (1992). Head-injured subjects aged over 50 years : correlations between variables of trauma and neuropsychological follow-up. *Journal of Neurology, 239*, 256-260. doi : 10.1007/BF00810347

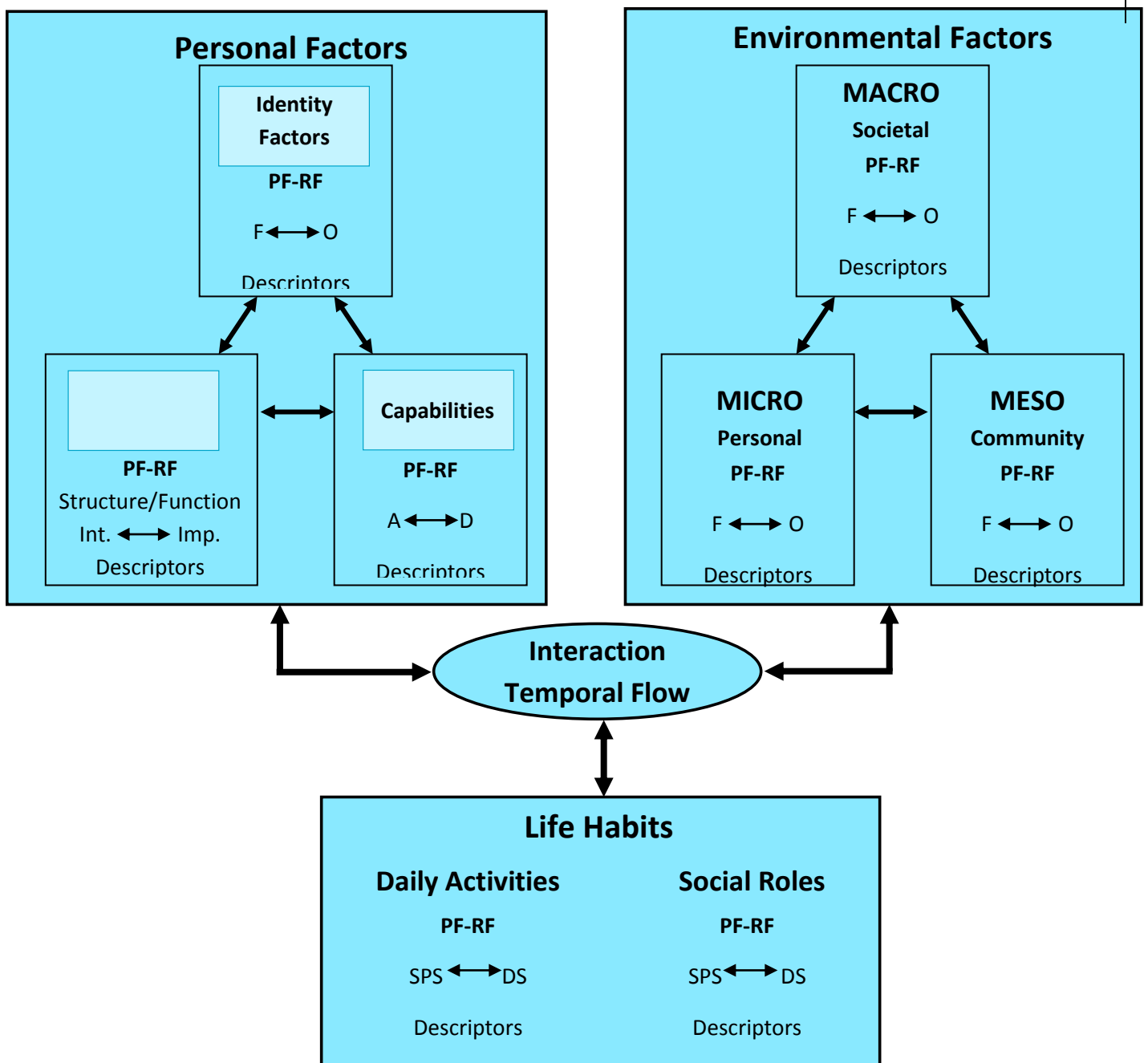
- McCauley, S. R., Boake, C., Levin, H. S., Contant, C. F. & Song, J. X. (2001). Postconcussional disorder following mild to moderate traumatic brain injury: anxiety, depression, and social support as risk factors and comorbidities. *J Clin Exp Neuropsychol*, 23, 792-808. doi: 10.1076/jcen.23.6.792.1016
- Mosenthal, A. C., Livingston, D. H., Lavery, R. F., Knudson, M. M., Lee, S., Morabito, D., Manley, G. T., Nathens, A., Jurkovich, G., Hoyt, D. B., & Coimbra, R. (2004). The effect of age on functional outcome in mild traumatic brain injury : 6-month report of a prospective multicenter trial. *The Journal of Trauma Injury, Infection, and Critical Care*, 56i, 1042-1048.
- 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. doi: 10.1037//0278-7393.26.5.1170
- Noreau, L., Desrosiers, J., Robichaud, L., Fougeryrollas, P., Rochette, A., Viscogliosi, C. (2004). Measuring social participation: Reliability of the LIFE-H in older adults with disabilities. *Disability and Rehabilitation: An International, Multidisciplinary Journal*, 26, 346-352.
- Noreau, L., Fougeryrollas, P., Vincent, C. (2002). The LIFE-H: Assessment of the quality of social participation. *Technology and Disability*, 14, 113-118.
- Paré, N. & Rabin, L., Fogel, J., & Pepin, M. (2009). Mild traumatic brain injury and its sequelae: Progression of divided attention deficits. *Neuropsychological Rehabilitation*, 19, 110 - 137. doi: 10.1080/09602010802106486

- Pépin, M., Dumont, C., & Hopps, S. (2000). Relationship between cognitive capabilities and social participation among people with traumatic brain injury. *Brain Injury, 14*, 563-572. doi:10.1080/026990500120466
- Perlstein, W. M., Cole, M. A., Demery, J. A., Seignourel, P. J., Dixit, N. K., Larson, M. J., & al. (2004). Parametric manipulation of working memory load in traumatic brain injury : Behavioral and neural correlates. *Journal of the International Neuropsychological Society, 10*, 724–741. doi : 10.1017/S1355617704105110
- Ponsford, J., Cameron, P., Fitzgerald, M., Grant, M., & Mikočka-Waus, A. (2011). Long-term outcomes after uncomplicated mild traumatic brain injury: A comparison with trauma controls. *Journal of Neurotrauma, 28*, 937-946. doi: 10.1089/neu.2010.1516
- Rapoport, M. J., & Feinstein, A. (2001). Age functioning after mild traumatic brain injury : The acute picture. *Brain Injury, 15*, 857-864. doi: 10.1080/02699050110065303
- Rapoport, M. J., Herrmann, N., Shammi, P., Kiss, A., Phillips, A., & Feinstein, A. (2006). Outcome after traumatic brain injury sustained in older adulthood : A one-year longitudinal study. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 14*, 456-465. doi:10.1097/01.JGP.0000199339.79689.8a
- Rapoport, M. J., Wolf, U., Herrman, N., Kiss, A., Shammi, P., Reis, M., Phillips, A., & Feinstein, A. (2008). Traumatic brain injury, apolipoprotein E-e4, and cognition in older adults : A two-year longitudinal study. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 20*, 68-73.
- Snell, D. L., Siegert, R. J., Hay-Smith, E. J., & Surgenor, L. J. (2011). Associations between illness perceptions, coping styles and outcome after mild traumatic brain injury: preliminary results from a cohort study. *Brain Injury, 25*, 1126-1138. doi: 10.3109/02699052.2011.607786

- Stalnacke, B-M.. (2007). Community integration, social support and life satisfaction in relation to symptoms 3 years after mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, 21, 933-942. doi: 10.1080/02699050701553189
- Stalnacke, B-M., Elgh, E., & Sojka, P. (2007). One-year follow-up of mild traumatic brain injury: Cognition, disability and life satisfaction of patients seeking consultation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39, 405-411. doi: 10.2340/16501977-0057
- Stulemeijer, M., van der Werf, S., Bleijenberg, G., Biert, J., Brauer, J., & Vos P. E. (2006). Recovery from mild traumatic brain injury: A focus on fatigue. *Journal of Neurol*, 253, 1041-1047. doi: 10.1007/s00415-06-0156-5
- Susman, M., DiRusso, S., Sullivan, T., Risucci, D., Nealon, P., Cuff, S., & Benzil, D. (2002). Traumatic brain injury in the elderly : Increased mortality and worse functional outcome at discharge despite lower injury severity. *Journal of Traumatology*, 53, 219-224. doi: 10.1097/01TA.0000024249.40070.BD
- Sveen, U., Ostenjo, S., Laxe, S. and Soberg, S. L. (2013). Problems in functioning after a mild traumatic brain injury within the ICF framework: the patient perspective using focus groups. *Disabil Rehabil*, 35, 749-757. doi: 10.3109/09638288.2012.707741
- Temkin, N. R., Corrigan, J. D., Dikmen, S. S., & Machamer, J. (2009). Social functioning after traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 24, 460-467. doi: 10.1097/HTR.0b013e3181c13413
- Testa, J. A., Malec, J. F., Moessner, A. M., & Brown, A. W. (2005). Outcome after traumatic brain injury : Effects of aging on recovery. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation*, 86, 1815-1823. doi:10.1016/j.apmr.2005.03.010

- Treitz, F., Heyder, K., & Daum, I. (2007). Differential course of executive control changes during normal aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 14*, 370-393. doi: 10.1080/13825580600678442
- Van der Linden, M., Wijns, C., Von Frenkell, R., Coyette, G., & Seron, X. (1989). Un questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire (QAM). Bruxelles : Editest.
- Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Belanger, H. G. (2005). Long-term neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society, 11*, 228–236. doi : 10.1017/S1355617705050289
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Physical ctivity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *Journal of Clinical Epidemiology, 46*, 153-162. doi : 10.1016/0895-4356(93)90053-4
- Yaffe, K., & Hoang, T. (2013). Nonpharmacologic treatment and prevention strategies for dementia. *Continuum, 19*, 372-381. doi : 10.1212/01.CON.0000429178.14354.67.

Figure 9.1
**Human Development Model
 and Disability Creation Process (HDM-DCP 2)**
 (Fougeyrollas, 2010)



Legend :
 PF-RF : Protective Factor – Risk Factor
 F ↔ O : Facilitator ↔ Obstacle
 Int. ↔ Imp.: Integrity ↔ Impairment
 A ↔ D : Ability ↔ Disability
 SPS ↔ DS : Social participation situation ↔ Disabling situation

Table 9.1. *Demographical characteristics for both groups*

	MTBI	Contols	<i>p</i> -value
Age (years)	64.07 (4.51)	64 (4.41)	.952
Education (years)	13.56 (4.379)	14.78 (3.61)	.268
Gender	18M; 9F	18M; 9F	
Handedness	3L; 24R	3L; 24R	
Time since injury (months)	30.78 (14.84)	N/A	
Glascow Coma Scale	14.46 (0.71)	N/A	
MDRS (/144)	139.67 (3.82)	141.89 (2.5)	0.02

L: left; R: Right; M: male; F: female; MDRS: Mattis Dementia Rating Scale.

Table 9.2. Means and (standard-deviation) obtained at the LIFE-H for older adults with MTBI and controls.

LIFE-H	Controls	MTBI	<i>p</i>	η^2	95% CI
Meal preparation	9.91 (.21)	9.82 (.38)	.352	.02	[-0.11, 0.29]
Physical fitness	9.79 (.67)	8.38 (2.37)	.018	.15	[0.32, 2.5]
Mental well-being	9.87 (.42)	9.60 (.80)	.165	.05	[-0.12, 0.66]
Health care	10.00 (.00)	9.33 (2.02)	.156	.06	[-0.2, 1.54]
Oral and sign communication	9.85 (.71)	9.37 (1.93)	.278	.03	[-0.4, 1.37]
Telecommunication	9.85 (.71)	10.00 (.00)	.329	.02	[-0.45, 0.15]
Financial responsibilities	9.87 (.45)	9.68 (1.26)	.514	.003	[-0.39, 0.76]
Consuming goods and services	10.00 (.00)	9.52 (1.89)	.233	.03	[-0.33, 1.3]
Education	10.00 (.00)	9.41 (1.12)	.046	.12	[0.02, 1.16]
Paid employment	10.00 (.00)	9.41 (1.12)	.363	.12	[-0.17, 0.91]
Volunteer employment	10.00 (.00)	8.89 (2.96)	.220	.13	[-0.3, 2.53]

Table 9.3. Means and (standard-deviation) obtained at the SMAF for older adults with MTBI and controls.

	Controls	MTBI	<i>P</i>	η^2	95% CI
SMAF					
Activities of daily living	.00 (.00)	.00 (.00)	-	-	-
Mobility	.00 (.00)	-.06 (.22)	.185	.04	[-0.02, 0.14]
Communication	.00 (.00)	.00 (.00)	-	-	-
Mental functions	-.07 (.27)	-.38 (.6)	.025	.1	[0.05, 0.56]
Domestical chores	.00 (.00)	-.10 (.41)	.233	.03	[-0.06, 0.26]

Table 9.4. Means and (standard-deviation) obtained at the PASE for older adults with MTBI and controls.

	Controls	MTBI	<i>p</i>	η^2	95% CI
PASE					
Seated activities	2.89 (.46)	2.9 (.3)	.927	.00	[-0.27, 0.3]
Walking outside	2.74 (.45)	2 (.95)	.007	.18	[-1.37, -0.11]
Light SRA	.68 (1)	.58 (1.16)	.799	.002	[-0.95, 0.75]
Moderate SRA	.47 (.7)	.33 (.89)	.627	.007	[-0.77, 0.49]
Heavy SRA	.42 (.83)	.45 (.52)	.906	.00	[-0.48, 0.54]
Muscle strenght/endurance	.79 (1.13)	.5 (.8)	.448	.02	[-1.0, 0.42]
Light housework	.95 (.23)	.92 (.29)	.745	.003	[-0.24, 0.18]
Heavy housework	.95 (.23)	.92 (.29)	.745	.003	[-0.240, 0.18,]
Home repairs	.16 (.37)	.42 (.51)	.149	.08	[-0.07, 0.59]
Lawn work	.58 (.51)	.67 (.49)	.639	.001	[-0.29, 0.47]
Gardening	.37 (.5)	.08 (.29)	.052	.1	[-0.61, 0.04]
Caring for others	.42 (.51)	.25 (.45)	.349	.03	[-0.53, 0.19]
Paid/unpaid work	.53 (.51)	.17 (.39)	.035	.13	[-0.71, -0.01]

SRA: sport and recreational activities.

Table 9.5. Means and (standard-deviation) obtained at the RPCSQ and Oxford questionnaires for older adults with MTBI and controls.

	MTBI	Controls	<i>p</i>	η^2	95% CI
RPCQS					
Headaches	.3 (.72)	.37 (.69)	.701	.003	[-0.31, 0.46]
Other pain	1 (1)	.44 (.75)	.025	.09	[-1.04, -0.07]
Dizziness/vertigo	.52 (.7)	.11 (.32)	.009	.13	[-0.02, -0.11]
Nausea/vomiting	0 (0)	0 (0)	-	-	-
Sensitivity to noise	.33 (.88)	.3 (.72)	.313	.00	[-0.47, 0.4]
Sleep problem	.78 (.97)	.52 (.89)	.31	.02	[-0.77, 0.25]
Fatigue	1 (.83)	.59 (.57)	.041	.08	[-0.8, -0.02]
Irritability	.96 (.9)	.37 (.56)	.006	.14	[-1.00, -0.18]
Feelings of depression	.3 (.54)	.15 (.46)	.282	.02	[-0.42, 0.13]
Feelings of frustration/impatience	.7 (.72)	.48 (.58)	.219	.03	[-0.58, 0.14]
Memory loss/forgetfulness	1 (.88)	.44 (.58)	.008	.13	[-0.96, -0.15]
Decreased concentration	1.04 (.94)	.56 (.58)	.028	.09	[-0.91, -0.06]
Slowing of thought	.67 (.78)	.33 (.48)	.066	.06	[-0.69, 0.02]
Vision problems	.15 (.53)	.22 (.51)	.603	.01	[0.14, -0.21]
Other difficulties	.33 (.82)	.07 (.38)	.150	.04	[0.18, -0.61]
TOTAL SCORE	9.07 (6.22)	4.81 (4.45)	.006	.14	[1.47, -7.22]
Oxford					
Participate in a conversation with 1 person	.3 (.61)	.04 (.19)	.043	.08	[-0.51, -0.01]
Participate in a conversation with 2 persons	.37 (.69)	.07 (.27)	.045	.08	[-0.58, -0.01]
Performance in everyday households activities	.78 (.97)	.15 (.36)	.003	.16	[-1.03, -0.23]
Ability to participate in normal social activities	.7 (.87)	.15 (.36)	.004	.15	[-0.92, -0.19]
Ability to take pleasure in prior leisure	1.04 (1.13)	.11 (.42)	.001	.24	[-1.39, -0.46]
Ability to maintain past performance work/study	.96 (1.02)	.41 (.57)	.018	.11	[-1.01, -0.1]
Endurance and fatigue level in work/study	1.22 (1.05)	.56 (.58)	.006	.14	[-1.13, -0.2]
Previous relationship with friends	.44 (.58)	.15 (.36)	.029	.09	[-0.56, -0.03]
Relationship with partner	.81 (.92)	.33 (.78)	.044	.08	[-0.95, -0.13]
Ability to cope with family demands	.52 (.64)	.41 (.75)	.561	.01	[-0.49, 0.27]
Other changes	.3 (.78)	.04 (.19)	.102	.05	[-0.57, 0.05]
TOTAL SCORE	7.44 (6.35)	2.41 (3.23)	.001	.21	[-7.79, -2.29]

Table 9.6. Means and (standard-deviation) obtained at the QAM for older adults with MTBI and controls.

QAM	Controls	MTBI	<i>P</i>	η^2	95% CI
Conversations	9.22 (2.85)	13.21 (5.74)	.004	.17	[1.48, 6.49]
Books and movies	6.7 (2.45)	9.29 (5.03)	.029	.1	[-.40, 4.77]
Distracters	14 (4.67)	16.96 (6.24)	.06	.07	[-0.19, 6.11]
People	12.33 (2.99)	14.33 (5.31)	.112	.05	[-0.39, 4.39]
Use of objects	3.85 (1.46)	4.88 (2.35)	.073	.07	[-0.06, 2.11]
Political and social events	8.44 (2.62)	10.75 (4.17)	.025	.1	[-.30, 4.31]
Places	8.63 (2.75)	10.79 (5.44)	.088	.06	[-0.22, 4.55]
Actions to execute	10.81 (3.08)	12.96 (4.97)	.076	.07	[-0.16, 4.44]
Personal events	10.07 (3.01)	11.79 (4.88)	.145	.05	[-0.54, 3.97]
General questions	40.78 (8.56)	47.54 (15.83)	.071	.07	[-0.29, 13.82]

Table 9.7. Means and (standard-deviation) obtained at the QAM for older adults with MTBI and their close relatives.

QAM	MTBI	Relatives	<i>P</i>	η^2	95% CI
Conversations	13.21 (5.74)	10.63 (3.64)	.081	.07	[-0.48, 5.63]
Books and movies	9.29 (5.03)	7.38 (4.01)	.170	.05	[-0.81, 4.63]
Distracters	16.96 (6.24)	14.42 (4.83)	.153	.05	[-0.88, 5.95]
People	14.33 (5.31)	11.71 (5.11)	.100	.06	[-0.52, 5.75]
Use of objects	4.88 (2.35)	4.05 (1.78)	.213	.04	[-0.45, 2.09]
Political and social events	10.75 (4.17)	7.76 (3.42)	.013	.15	[0.7, 5.27]
Places	10.79 (5.44)	7.21 (2.55)	.007	.15	[0.85, 6.32]
Actions to execute	12.96 (4.97)	10.9 (3.92)	.135	.06	[-0.63, 4.73]
Personal events	11.79 (4.88)	9.79 (3.69)	.133	.05	[-0.73, 4.73]
General questions	47.54 (15.83)	34.84 (14.16)	.009	.16	[3.44, 21.96]

Table 9.8. Means and (standard-deviation) obtained at the QAM for controls and their close relatives.

QAM	Controls	Relatives	<i>p</i>
Conversations	9.22 (2.85)	9.78 (2.71)	.517
Books and movies	6.7 (2.45)	6 (2.15)	.309
Distracters	14 (4.67)	13.5 (4.34)	.720
People	12.33 (2.99)	10.9 (3.39)	.131
Use of objects	3.85 (1.46)	4.17 (2.48)	.632
Political and social events	8.44 (2.62)	7.35 (2.18)	.136
Places	8.63 (2.75)	9.28 (3.88)	.515
Actions to execute	10.81 (3.08)	9.75 (3.11)	.249
Personal events	10.07 (3.01)	9.67 (3.74)	.689
General questions	40.78 (8.56)	32.68 (11.03)	.008

Rapport-Gratuit.com

CHAPITRE 10 – DISCUSSION ET CONCLUSION

10.1 Discussion des résultats en fonction des objectifs généraux de la thèse.

Il est généralement accepté que la majorité des jeunes adultes qui sont victimes d'un TCCL ont une récupération cognitive et fonctionnelle dans les trois mois suivant la survenue du TCCL. Cependant, malgré cette apparente récupération complète, des plaintes cognitives non objectivées par les évaluations neuropsychologiques standardisées sont émises, et ce, même plusieurs mois après la survenue du TCCL. Ces plaintes concernent le plus fréquemment l'attention, la mémoire, la planification et la vitesse de traitement de l'information (e.g. Blanchet et al., 2009 ; Bruce & Echemendia, 2003 ; Frencham et al., 2005 ; Paré et al., 2009 ; Perlstein et al., 2004 ; Vanderploeg et al., 2005).

En plus de cette controverse chez les jeunes adultes, les quelques études sur les effets du TCCL chez les personnes âgées ne procurent pas un consensus. Pourtant, cette population est plus à risque de subir ce type d'atteinte neurologique (Rapoport et al., 2003). Certains auteurs soutiennent que les personnes âgées ayant subi un TCCL ont un fonctionnement cognitif normal (Goldstein et al., 2001; Rapoport et al., 2006; Rapoport et al., 2008). Au contraire, Mazzuchi et ses collaborateurs (1992) mentionnent un pronostic cognitif défavorable, lequel pourrait même être associé à un risque accru d'évolution vers une démence.

Comme les effets combinés du vieillissement normal et du TCCL sur la mémoire épisodique et des processus connexes (i.e. attention, système de contrôle exécutif) sont peu connus et sont controversés au sein de la littérature scientifique, la présente thèse doctorale s'est intéressée aux impacts cognitifs et fonctionnels à long terme d'un TCCL survenu chez les personnes âgées.

Vingt-sept personnes âgées entre 55 et 80 ans ayant subi un TCCL entre 1 et 6 ans auparavant et 27 personnes âgées contrôles, appariées selon l'âge, le genre et le niveau de scolarité, ont participé aux deux études de ce projet. Précisément, le premier objectif de cette recherche a été d'évaluer l'impact d'un TCCL survenu chez les personnes âgées sur les performances mnésiques, en lien avec le système de contrôle exécutif et les processus attentionnels. Pour y répondre, un paradigme de mémoire épisodique avec des paires de mots, manipulant le niveau d'attention (pleine, divisée) et la congruence sémantique entre les mots des paires (liés sémantiquement, non liés sémantiquement) lors de la phase d'apprentissage, a été administré. Le mode de rappel a aussi été manipulé (libre, indicé et reconnaissance). La tâche secondaire utilisée en attention divisée consistait à appuyer sur une touche d'ordinateur dès qu'un chiffre impair était entendu, pendant l'encodage des paires de mots. Une évaluation neuropsychologique standardisée a également été effectuée.

Le second objectif a été d'évaluer si la présence d'un TCCL chez les personnes âgées interfère avec la réalisation des habitudes de vie et la pratique d'activités physiques. Dans ce but, le niveau de fonctionnalité au quotidien a été examiné à l'aide d'items de l'outil de Mesure des Habitudes de Vie (MHAVIE) et l'échelle du Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle (SMAF). Le niveau de réalisation d'activités physiques a été évaluée par le questionnaire Physical Activity Scale for the Elderly (PASE). La plainte mnésique au quotidien a été évaluée par le Questionnaire d'Auto-Évaluation de la Mémoire (QAM). Un proche de chacun des participants a complété également la MHAVIE et le QAM, afin d'obtenir leur perception sur le niveau de fonctionnement de la personne ayant eu un TCCL.

Cette thèse présente plusieurs innovations et avantages par rapport à la littérature portant sur les effets du TCCL chez les personnes âgées. La grande originalité de l'objectif

Il est d'avoir utilisé un paradigme suffisamment sensible pour objectiver les effets du TCCL survenu chez la personne âgée, tandis que le second objectif se distingue en s'intéressant pour la première fois aux effets du TCCL à la fois sur les activités quotidiennes et les activités physiques. Cette étude se distingue aussi sur le plan méthodologique par l'administration d'une évaluation neuropsychologique standardisée complète; une évaluation fonctionnelle incluant la perception d'un proche; l'inclusion d'un groupe contrôle apparié selon plusieurs critères; l'investigation d'un possible déclin cognitif présent avant le TCC afin de ne pas inclure de participant présentant un trouble cognitif léger ou une autre pathologie neurologique affectant le fonctionnement cognitif. De plus, l'exclusion de participants ayant un trouble cognitif léger reflète la rigueur des critères de sélection de cette étude.

Globalement, le premier article présenté dans cette thèse révèle que les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent une difficulté d'apprentissage plus grande que le groupe contrôle au paradigme de mémoire, ainsi qu'une moindre capacité à utiliser l'indilage lors du rappel indicé. Les difficultés observées à ce paradigme pourraient s'expliquer à la lumière de l'hypothèse du déficit associatif, proposé par Naveh-Benjamin (2000). Cette hypothèse fait état de difficultés à associer des éléments entre eux en mémoire épisodique, affectant ainsi l'encodage et la récupération. Le second article de cette thèse montre que ce même groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL présente des plaintes cognitives et fonctionnelles, en plus de réaliser moins d'activités d'habitudes de vie complexes et moins d'activités physiques que le groupe contrôle.

Dans les sections suivantes, les résultats de cette thèse seront discutés en fonction des deux objectifs du projet de recherche, ainsi que des hypothèses qui y étaient associées.

10.2 Premier objectif : Impacts mnésiques, exécutifs et attentionnels du TCCL

Le tableau 10.1 présente un rappel du premier objectif de cette thèse et des différentes hypothèses émises en fonction de celui-ci. Le premier objectif traitant principalement des résultats aux épreuves cognitives, une emphase particulière sera portée sur la compréhension des résultats à la lumière de certaines théories permettant de les expliquer.

Tableau 10.1 *Rappel du premier objectif et des hypothèses associées.*

<p>OBJECTIF 1</p> <p>Évaluer si la présence d'un TCCL peut affecter les performances mnésiques et attentionnelles, entre 1 an et 6 ans après un TCCL survenu chez des personnes âgées.</p>	<p>Hypothèse 1.1 – Suite à un encodage en attention pleine, les deux groupes ne différeront pas sur le nombre de mots-cibles rappelés, peu importe le mode de rappel (i.e. libre, indicé, reconnaissance) au paradigme de mémoire épisodique.</p> <p>Hypothèse 1.2 – Il est attendu que suite à un encodage en attention divisée, les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent des performances mnésiques plus faibles que le groupe contrôle lors du rappel libre, du rappel indicé et de la reconnaissance au paradigme de mémoire épisodique.</p> <p>Hypothèse 1.3 – Les personnes âgées ayant subi un TCCL auront plus de difficultés à mettre en place des stratégies de catégorisation sémantique que les personnes âgées contrôles.</p> <p>Hypothèse 1.4 - Les déficits devraient être plus marqués suite à un encodage en attention divisée pour les items non liés sémantiquement car cette condition est celle sollicitant davantage les processus de contrôle exécutif.</p> <p>Hypothèse 1.5 – À la batterie d'évaluation standardisée, le groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL présentera des performances équivalentes à celles du groupe contrôle, à l'exception des tâches sollicitant le système de contrôle exécutif.</p>
---	--

10.2.1 Discussion des résultats au paradigme de mémoire épisodique

Les performances obtenues au paradigme de mémoire épisodique suite à un encodage en AP confirment l'hypothèse 1.1. En effet, les analyses statistiques effectuées ne révèlent aucune différence significative entre le nombre de mots-cibles rappelés suite à un encodage en AP quels que soient les modes de rappel. Globalement, ces résultats concordent avec l'étude de Blanchet et ses collaborateurs (2009), qui n'ont obtenu aucune différence significative au RL, au RI et à la reconnaissance suite à un encodage en AP chez de jeunes adultes ayant subi un TCCL. Il est à noter que le paradigme utilisé par ces derniers chercheurs était similaire à celui ayant servi à la présente étude, mais comportait davantage de paires de mots, en plus d'une catégorie sémantique supplémentaire.

Cependant, ces résultats doivent être nuancés. Tel que démontré dans le premier article de cette thèse, les personnes âgées ayant subi un TCCL rappellent moins de mots-cibles non liés sémantiquement pour tous les essais de RL que le groupe contrôle, suite à un encodage en AP. Cette différence n'est toutefois pas présente pour les mots-cibles liés sémantiquement. Il importe de mentionner que le sous-groupe de participants ayant subi un TCCL avec une imagerie cérébrale positive n'ont pas obtenu de performance plus faible que ceux ayant une imagerie négative et les contrôles. En revanche, chez de jeunes adultes ayant subi un TCCL, l'étude de Blanchet et al. (2009) ne montre pas d'effet du lien sémantique sur les performances mnésiques après un encodage en AP. La différence observée entre ces deux études quant aux mots-cibles non liés sémantiquement laisse croire que les mécanismes requis pour l'encodage et la récupération de mots en mémoire épisodique pourraient différer au cours du vieillissement. Le recours à des stratégies d'encodage et de récupération en mémoire épisodique dépend du fonctionnement du système de contrôle exécutif (e.g. Craik, 1983; Craik et al., 1996; Naveh-Benjamin et al.,

2000; 2003; Tulving, 1983). Ainsi, l'encodage et la récupération de mots-cibles non liés sémantiquement à la catégorie au sein de paires de mots sollicite davantage les processus exécutifs que les paires de mots liées sémantiquement. En effet, lorsque deux mots non liés sémantiquement doivent être mémorisés, une stratégie associative doit être initiée, afin de former un lien entre ces deux unités d'information (Naveh-Benjamin, 2000), rendant en conséquence l'encodage plus efficace et facilitant la récupération ultérieure. Selon l'hypothèse du déficit associatif (Naveh-Benjamin, 2000), le vieillissement normal s'accompagnerait d'une relative incapacité des personnes âgées à former et à récupérer des liens entre des unités d'information, ce qui expliquerait les difficultés d'encodage et de récupération. Les résultats présentés dans l'article 1 démontrent que le déficit associatif serait exacerbé par la présence d'un TCCL, même plusieurs mois après sa survenue.

Afin de vérifier l'impact de la tâche secondaire lors de l'encodage, le pourcentage de déclin a été calculé entre le nombre de mots rappelés en AP et de ceux rappelés en AD, pour les deux groupes. Tel que démontré dans l'article 1, les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent un pourcentage de déclin plus élevé pour les mots non liés sémantiquement, mais uniquement en RI. En revanche, aucune différence n'était significative pour le RL et la reconnaissance, ainsi que pour tous les modes de rappel pour les mots liés sémantiquement. Le fait que les groupes ne diffèrent que pour le rappel indicé de mots liés sémantiquement permet de confirmer, bien que partiellement, l'hypothèse 1.2. En effet, ces résultats démontrent que l'impact de la tâche secondaire est plus important chez le groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL. L'absence de lien sémantique entre ces paires de mots limite davantage l'encodage du mot-cible avec la catégorie sémantique. La nature du paradigme de mémoire épisodique permet d'expliquer ce phénomène. Lors de l'encodage en AD, le système de contrôle exécutif est davantage sollicité, limitant le

recours aux stratégies d'encodage efficaces, telle que l'élaboration verbale. Il peut donc être avancé que le TCCL affecte le système de contrôle exécutif, ayant par conséquent un impact sur la mise en place de stratégies en encodage et en récupération. Notons que le sous-groupe de patients ayant une imagerie cérébrale positive n'a pas différé du sous-groupe de participants avec une imagerie négative, suggérant ce précédent effet n'est pas imputable à des lésions cérébrales.

Par ailleurs, pour tous les essais en RL, les personnes âgées ayant subi un TCCL rappellent moins de mots-cibles non liés sémantiquement encodés en AP que les contrôles. Après un encodage en AD, les personnes âgées ayant subi un TCCL tendent aussi à rappeler légèrement moins de mots non liés sémantiquement que le groupe contrôle. Les participants du groupe TCCL ont quant à eux rappelé moins de mots liés sémantiquement lors de l'encodage en AD. L'ensemble de ces résultats ne diffère pas selon la présence ou l'absence d'atteinte neurologique à l'imagerie cérébrale. Malgré la subtilité de cette différence pour les mots non liés sémantiquement, ces résultats confirmeraient que même plusieurs mois après un TCCL, les personnes âgées présentent des difficultés plus élevées à engager spontanément des stratégies d'élaboration verbale entre des items non liés, afin d'optimiser l'encodage et la récupération. Il est d'autant plus surprenant qu'un écart plus grand soit observé entre le groupe contrôle et le groupe ayant subi un TCCL pour les mots liés sémantiquement. En effet, comme il est plus simple de mémoriser un mot-cible à une catégorie lorsqu'ils possèdent un lien sémantique, une moins grande sollicitation des mécanismes exécutifs est requise, de par une moins grande nécessité à engager des stratégies élaboratives. Ces derniers résultats peuvent s'expliquer sur la base de la théorie du déficit associatif proposée par Naveh-Benjamin (2000). Le déficit associatif pourrait être davantage prononcé après un TCCL que chez les personnes âgées normales. Cette difficulté

observée pour le rappel de mots liés sémantiquement suite à un encodage en AD soulève un questionnement quant au recours à des stratégies de catégorisation sémantique durant le paradigme de mémoire épisodique (hypothèse 1.3). À titre de rappel, 24 paires de mots devaient être mémorisées, dont 12 étaient liées sémantiquement, lors de la tâche de mémoire. Les analyses effectuées sur le recours à des stratégies sémantiques, consistant à évaluer le nombre de mots-cibles liés sémantiquement successivement rappelés, révèlent que les groupes ne diffèrent pas sur ce type de stratégie, invalidant ainsi l'hypothèse 1.3. Le fait que le recours à ce type de stratégie ne diffère pas entre les groupes permet de soutenir le fait que les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent des difficultés au sein du système de contrôle exécutif, affectant principalement l'encodage et la récupération des mots-cibles.

10.2.2 Déficit associatif suite à un TCCL chez les personnes âgées

Appuyant un déficit associatif exacerbé par l'occurrence d'un TCCL, les données découlant du RI au paradigme de mémoire épisodique s'avèrent pertinentes. En plus d'observer un rappel plus faible au RI pour les personnes âgées ayant subi un TCCL, la présente thèse permet de constater que ce même groupe profite moins des indices fournies au RI que le groupe contrôle. Il est bien connu que l'indixage offre un support favorisant davantage la récupération que le RL (e.g. Naveh-Benjamin & Guez, 2000; Tulving, 1983). Toutefois, l'indixage semble être moins bénéfique, même plusieurs mois après un TCCL. Ce résultat supporte l'idée selon laquelle les personnes âgées ayant subi un TCCL ont de la difficulté à engager des stratégies permettant de lier efficacement le mot-cible à la catégorie sémantique. Cette observation rejoint les résultats de l'article 1 selon lesquels les personnes âgées ayant subi un TCCL tendent à reconnaître moins de mots-cibles en les liant correctement à la bonne catégorie sémantique (i.e. Hit-Hit en reconnaissance) que le groupe

contrôle durant la reconnaissance, et ce, peu importe le lien sémantique et la condition d'attention lors de l'encodage. Ultimement, ceci démontre la principale difficulté suivant un TCCL chez les personnes âgées, soit la moindre capacité à se rappeler et à utiliser l'association d'un mot-cible avec sa catégorie, référant ainsi au déficit associatif proposé par Naveh-Benjamin (2000).

Il est également important de considérer les résultats de l'imagerie cérébrale des victimes d'un TCCL pour aborder ce dernier résultat. En effet, dans l'échantillon utilisé au sein de la présente thèse, les personnes âgées ayant une imagerie cérébrale positive obtiennent une performance plus faible en reconnaissance (Hit-Hit) que les contrôles et que les personnes âgées ayant une imagerie cérébrale négative. Il s'avère donc possible que le déficit associatif soit d'autant plus grand lorsque des atteintes cérébrales sont objectivées à l'imagerie. Il importe toutefois de rappeler que le sous-groupe ayant une imagerie positive ne semble pas présenter de difficulté plus marquée à utiliser l'indiçage au RI que ceux ayant une imagerie cérébrale négative. Ce dernier point permettrait d'affirmer que les différences entre les participants ayant une imagerie positive et ceux ayant une imagerie négative ne pourraient n'être que marginales.

Des recherches futures devraient s'attarder à mieux comprendre les mécanismes exacts permettant d'expliquer les différences entre des individus ayant un TCCL selon que leur imagerie cérébrale soit positive ou négative. Notons d'ailleurs que l'imagerie cérébrale structurale classiquement utilisée dans les examens routiniers peut ne pas déceler des anomalies fonctionnelles suite au TCCL (Dupuis, Johnston, Lavoie, Lepore et Lassonde, 2000), ce qui pourrait expliquer dans notre étude l'absence de différences cognitives selon l'objectivation d'anomalies structurales chez les personnes âgées avec un TCCL.

10.2.3 Atteinte du système de contrôle exécutif

La courbe d'apprentissage obtenue au RL du paradigme de mémoire épisodique se doit également d'être soulevée. En effet, les personnes âgées ayant subi un TCCL ont obtenu des performances plus faibles au second et troisième essai de RL, sans diverger des contrôles au premier essai de rappel libre. De même, les sous-groupes ayant une imagerie positive et négative ne diffèrent pas entre eux. Tel que présenté au sein de l'article 1, cette distinction met en lumière une possible difficulté à profiter de la répétition du matériel durant l'apprentissage. De façon surprenante, alors qu'un subtil déficit du système de contrôle exécutif est proposé, l'apprentissage initial (i.e. premier RL) tend à démontrer une mémoire de travail préservée chez le groupe ayant subi un TCCL, malgré l'importante contribution des fonctions exécutives à la mémoire de travail (e.g. Baddeley, Chincotta & Adlam, 2001; Baddeley, Hitch & Allen, 2009; McCabe, Roediger, McDaniel, Balota & Hambrick, 2010). Alors que Blanchet et al. (2009) et Geary et al. (2010) ont démontré la présence d'une atteinte de la mémoire de travail chez de jeunes adultes ayant subi un TCCL, il est possible de stipuler que les résultats observés dans la présente recherche proviennent d'un effet de l'âge. En effet, les jeunes adultes pourraient avoir une mémoire de travail moins bien préservée que les personnes âgées suivant un TCCL. Même s'il est bien connu que le vieillissement normal affecte la mémoire de travail, il peut être avancé que les effets du vieillissement et du TCCL seraient moins importants sur la mémoire de travail que la seule présence d'un TCCL chez le jeune adulte.

10.2.4 Sensibilité de la batterie d'évaluation neuropsychologique standardisée

Le résultat discuté précédemment permet d'aborder l'hypothèse 1.5, qui est partiellement confirmée. Cette hypothèse stipule le relatif manque de sensibilité des tests neuropsychologiques standardisés au subtil déficit du système de contrôle exécutif.

Globalement, les performances du groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL et du groupe contrôle ne divergent pas à l'évaluation neuropsychologique standardisée, ce qui concorde avec d'autres études (Goldstein, Levin, Goldman, Clark & Altonen, 2001; Rapoport et al., 2008). En revanche, dans la présente recherche, une fragilité du système de contrôle exécutif est observée, en raison d'une performance plus faible du groupe TCCL au rappel de 20 secondes du paradigme de Brown-Peterson, concordant avec les subtiles difficultés du système de contrôle exécutif. Le sous-groupe ayant obtenu un résultat positif à l'imagerie cérébrale ont démontré une performance plus faible que ceux ayant une imagerie négative à cet unique délai du paradigme de Brown-Peterson. De plus, une différence entre les groupes est également observée au rappel différé du sous-test de *Reproduction visuelle* de la WMS-III, évaluant la mémoire épisodique visuelle à l'aide de matériel visuel abstrait, pour lequel les participants ayant subi un TCCL ont moins bien performé. Cette divergence obtenue entre les groupes peut encore une fois s'expliquer sur la base d'une atteinte du système de contrôle exécutif. Les formes utilisées dans ce test, étant abstraites, limitent la possibilité de lier les formes à du matériel présent dans la mémoire sémantique, et ainsi diminuent la possibilité de recourir à des stratégies d'élaborations verbales (Busch et al., 2005). Ainsi, malgré le peu de différence entre les deux groupes aux tests neuropsychologiques standardisés, ceux-ci appuient la présence d'un déficit, pour le moins subtil, du système de contrôle exécutif pouvant affecter l'encodage et la récupération en mémoire épisodique.

10.2.5 Considération sur les résultats à l'imagerie cérébrale suite à un TCCL

Dans l'ensemble, les résultats présentés dans cette thèse démontrent que le sous-groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL et ayant une imagerie cérébrale positive possède un profil cognitif semblable à ceux ayant une imagerie cérébrale négative. Par

contre, selon certains résultats telle que la reconnaissance au paradigme expérimental (i.e. Hit-Hit), il peut être constaté que le déficit associatif est légèrement accentué. Ceci peut s'expliquer par une atteinte plus grande du système de contrôle exécutif, telle que démontrée par des performances plus faibles lors du paradigme de Brown-Peterson.

Le sous-groupe ayant une imagerie cérébrale positive présente également un déficit global en mémoire. En effet, ce sous-groupe rappelle moins de mots suite à un encodage en AP tous les modes de rappel confondus. Pourtant cette condition devrait être plus facilement réussie que la condition en AD. Au sein de la littérature scientifique, il a été démontré par Zhou et al. (2013) que lorsque l'imagerie cérébrale est positive, davantage d'atteintes cognitives sont présentes en comparaison à des patients ayant une imagerie cérébrale négative. Ces derniers résultats, en considérant l'étude de Zhou et al. (2013) mènent à une réflexion quant aux techniques d'imagerie cérébrale généralement utilisées dans le système de santé actuellement. Alors qu'il est connu que, suite à un TCCL, des changements microstructuraux, métaboliques et fonctionnels sont observés grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (fMRI), les techniques utilisées au Québec ne permettent pas de telles mesures. Ainsi, il est possible dans le système médical actuel qu'aucune atteinte cérébrale ne soit observée chez les victimes d'un TCCL, alors que le recours à d'autres techniques d'imagerie pourrait démontrer la présence de modifications au sein des cerveaux. Il est, par conséquent, légitime de se demander si les victimes d'un TCCL ayant une imagerie cérébrale négative d'après les techniques actuellement utilisées, ne représentent pas une même entité clinique que ceux ayant une imagerie positive. Il pourrait être pensé qu'un continuum de sévérité pourrait être présent, allant d'atteintes cérébrales subtiles et difficilement identifiables sur la base des techniques actuelles, jusqu'à la présence d'atteintes cérébrales clairement définies avec des IRM structurales. En

fonction de la sévérité des atteintes cérébrales, l'importance d'une évaluation neuropsychologique plus sensible que les évaluations classiques standardisées prend toute son importance. Ainsi, une évaluation plus précise du profil cognitif pourrait être recherchée avec des épreuves cognitives plus sensibles, permettant par la suite une meilleure prise en charge de cette clientèle.

10.2.6 Contribution éventuelle de l'humeur et du profil prémorbide aux atteintes cognitives

Les résultats discutés en lien avec le premier objectif permettent de mettre en lumière certaines atteintes cognitives, et ce, plusieurs mois suite à un TCCL survenu chez la personne âgée. Il importe de souligner que ces atteintes sont d'une nature subtile, et qu'elles ne sont pas facilement objectivées par les épreuves neuropsychologiques classiques. Cependant, en considérant les plaintes cognitives fréquemment émises suite à un TCCL, la subtilité des atteintes se doit d'être davantage considérée. Tel que précisé précédemment, ces plaintes concernent l'attention, la mémoire épisodique, la planification et la vitesse de traitement de l'information (e.g. Blanchet et al., 2009 ; Bruce & Echemendia, 2003 ; Frencham et al., 2005 ; Paré et al., 2009 ; Perlstein et al., 2004 ; Vanderploeg et al., 2005). Ces fonctions cognitives, et en particulier la mémoire épisodique, sollicitent le système de contrôle exécutif, dont la présente étude a démontré son atteinte, expliquant en conséquence certaines plaintes.

Cependant, comme les plaintes émises ne sont que rarement objectivées, il peut être émise l'hypothèse que d'autres processus pourraient mieux les expliquer, tels que des difficultés d'adaptation, des symptômes dépressifs ou tout autres facteurs psychologiques (e.g. King, 2003). La subtilité des atteintes observées ajoute une importante nuance et contribue à la controverse portant sur la présence ou l'absence d'impacts cognitifs à long terme suivant un TCCL. En effet, cette subtilité, non détectée par les épreuves classiques,

pourrait être davantage perçue par les victimes du TCCL, qui remarqueraient de légers changements dans leur fonctionnement quotidien, tout en demeurant fonctionnel. Tous les participants rencontrés dans le cadre de ce projet de recherche ont complété une courte anamnèse dès le début du projet de recherche, afin de connaître leurs occupations avant et après la survenue du TCCL. Aucun d'eux ne rapportait de changements occupationnels après le TCCL. Sur le plan de l'humeur, le Tableau 1 du premier article présente les scores obtenus par les deux groupes à une échelle de dépression (GDS) et à l'inventaire d'anxiété (IASTA). Ces derniers résultats permettent d'écarter l'hypothèse d'une contribution de l'humeur au profil cognitif des personnes âgées ayant subi un TCCL. En effet, bien que le groupe TCCL ait obtenu un score total moyen à la GDS légèrement supérieur au groupe contrôle, ce score est demeuré inférieur au seuil décisionnel d'une dépression selon le questionnaire. De plus, en fonction des critères d'exclusion, tout individu présentant un résultat suggérant la présence d'une dépression au GDS était exclu du projet de recherche. Finalement, l'anxiété à la fois situationnelle et de trait, telle que mesurée au IASTA, ne divergeait pas entre les groupes. Ainsi, à la fois l'anxiété et la présence d'une dépression ne permettent pas d'expliquer les subtiles atteintes cognitives du TCCL.

Il est également bien connu que le TCCL survient plus fréquemment chez les jeunes adultes et chez les personnes âgées (e.g. Rapoport et al., 2003). De manière générale, le risque de chute est plus élevé chez les personnes âgées, contribuant à augmenter l'occurrence du TCCL. Il importe de mentionner que la présence d'un trouble cognitif léger est l'un des principaux facteurs de risque prédisposant aux chutes lors du vieillissement (e.g., Campbellet al., 1990; Fogel & Duffy, 1994; Tinetti, 1990; Vollmer and Eisenberg, 1990). Il est donc légitime de se demander si les participants du présent projet de recherche auraient pu présenter un début de déclin cognitif avant leur TCCL, expliquant les subtiles

atteintes décrites précédemment. Bien que cette explication alternative nuancerait les conclusions de cette thèse, elle se doit d'être rejetée. En effet, au départ tous les participants ont subi une évaluation neuropsychologique standardisée. Celle-ci a permis d'exclure les participants contrôles ayant des résultats à plus d'un écart-type et demi sous la moyenne. De plus, cette évaluation n'a pas révélé de divergences importantes entre les groupes, lesquelles auraient suggéré la présence de troubles cognitifs légers prémorbides au sein du groupe TCCL. Toujours en accord avec cette proposition, un proche de chacun des participants des deux groupes a complété le questionnaire IQCODE qui évalue le déclin cognitif sur les 10 années précédant la participation au projet de recherche. Confirmant les résultats de l'évaluation neuropsychologique standardisée, l'évaluation faite par les proches des participants des deux groupes n'a pas différencié au IQCODE, soutenant le fait que les atteintes observées au sein du groupe TCCL provenaient uniquement des conséquences du TCCL.

Globalement, les résultats associés à l'investigation du premier objectif permettent de constater une sensibilité à l'interférence, une diminution du recours à l'indigence lors du rappel, et un déficit associatif affectant l'encodage et la récupération chez la personne âgée victime d'un TCCL. Selon ces observations, des difficultés fonctionnelles pourraient être envisagées, d'autant plus que la vie quotidienne, de par ses multiples distractions, ne permet pas toujours de porter totalement le focus attentionnel sur des éléments devant être mémorisés. De plus, le quotidien ne permet pas la répétition de l'information, tel que le paradigme de mémoire utilisé dans cette étude le fait. Ainsi, il serait logique de croire en la présence de limites fonctionnelles dans la réalisation des habitudes de vie. La discussion du second objectif de ce projet permettra de mettre en lumière les plaintes émises par les participants ayant subi un TCCL, ainsi que de vérifier s'ils perçoivent des changements

dans leur niveau de réalisation et de satisfaction des habitudes de vie, des activités physiques, ainsi que sur le plan de leur mémoire.

10.2.7 Limites inhérentes au premier objectif

Bien que le paradigme expérimental de mémoire épisodique permette d'observer de subtiles différences entre les groupes expérimentaux, il est pertinent de se questionner sur cette subtilité. En effet, il est possible que la tâche manque encore de sensibilité au dysfonctionnement exécutif et mnésique suite à un TCCL et que certaines modifications puissent améliorer la tâche, initialement inspirée par le paradigme de Blanchet et al. (2009). Ces derniers chercheurs, dans l'élaboration du paradigme utilisé dans la présente thèse, ont observé des effets planchers chez les personnes âgées ayant subi un TCCL, à l'aide de la tâche utilisée avec de jeunes adultes ayant subi un TCCL. Ainsi, une catégorie sémantique a été enlevée du paradigme. Il serait donc pertinent, par exemple, d'ajouter des paires de mots supplémentaires ou d'augmenter le niveau de difficulté de la tâche secondaire, afin de vérifier si davantage de sensibilité serait présente avec la tâche.

Dans une avenue de recherche future, la question de l'impact du TCCL chez la personne âgée sur la mémoire épisodique en modalité visuelle pourrait être abordée avec différents matériels. Par exemple, du matériel abstrait tel qu'utilisé dans la présente étude (Reproduction Visuelle du WMS-III), ainsi que du matériel verbalisable, comme des images significatives. Il serait pertinent de bien comprendre la raison des difficultés mnésiques en modalité visuelle, et d'élucider si ces difficultés précèdent celles objectivées avec du matériel verbal en situation d'attention divisée.

Finalement, il serait pertinent d'augmenter la taille des échantillons de participants âgées ayant des résultats d'imagerie cérébrale positive et négative, afin d'obtenir une plus grande puissance statistique lors des comparaisons. Actuellement, seulement 10 sujets sur

27 avaient une imagerie cérébrale positive, limitant la puissance statistique lors des comparaisons.

10.3 Deuxième objectif : Effets du TCCL sur la réalisation des habitudes de vie et des activités physiques

Alors que le premier objectif de cette thèse permet de déterminer que la présence d'un TCCL chez la personne âgée affecte le fonctionnement cognitif entre 1 an et 6 ans suivant la survenue de celui-ci, le second objectif s'attarde quant à lui aux impacts fonctionnels de ces atteintes, au sein des mêmes groupes. Le tableau 10.2 présente un rappel du deuxième objectif de la présente thèse et des différentes hypothèses qui y sont associées. Considérant la subtilité des atteintes exécutives affectant les processus mnésiques mises en lumière précédemment, il est primordial de vérifier si des limitations sont présentes sur le plan fonctionnel. Plus particulièrement, ce second objectif a permis de préciser que les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent davantage de plaintes cognitives au quotidien, de difficultés quant au niveau de réalisation de leurs habitudes de vie et un niveau plus faible de réalisation d'activités physiques que le groupe contrôle.

Tableau 10.2. *Rappel du deuxième objectif et des hypothèses associées.*

<p>OBJECTIF 2</p> <p>Évaluer si les effets du TCCL interfèrent avec le niveau de réalisation des habitudes de vie et d'activité physique des personnes âgées ayant subi un TCCL.</p>	<p>Hypothèse 2.1 – Les personnes âgées ayant subi un TCCL émettront davantage de plaintes mnésiques et attentionnelles aux questionnaires évaluant les symptômes post-commotionnels.</p> <p>Hypothèse 2.2 – L'auto-évaluation du fonctionnement mnésique des personnes âgées ayant subi un TCCL révélera davantage de plaintes au quotidien que chez le groupe contrôle.</p> <p>Hypothèse 2.3 - Les personnes âgées ayant subi un TCCL mentionneront plus de difficultés quant à la réalisation de</p>
---	---

	<p>leurs habitudes de vie, en particulier les activités les plus complexes.</p> <p>Hypothèse 2.4 - Il est attendu que les proches des personnes âgées ayant subi un TCCL mentionnent davantage de difficultés fonctionnelles et mnésiques que chez les proches du groupe contrôle.</p> <p>Hypothèse 2.5 – Les personnes âgées ayant subi un TCCL présenteront plus de limitations dans la réalisation d’activités physiques que les contrôles.</p>
--	--

10.3.1 Évaluation des plaintes cognitives suite à un TCCL

Il est bien connu que plus le degré de sévérité du TCC est important, plus grands en sont les impacts sur le fonctionnement social (Temkin et al., 2009). Considérant la controverse quant aux impacts cognitifs à long terme du TCCL, il pourrait être supposé que le fonctionnement quotidien ne soit que peu ou pas affecté plusieurs années après un TCCL. Cependant, étant donné les plaintes cognitives des victimes d’un TCCL chez les jeunes au sein de la littérature scientifique (e.g. Blanchet et al., 2009 ; Bruce & Echemendia, 2003 ; Frencham et al., 2005 ; Paré et al., 2009 ; Perlstein et al., 2004 ; Vanderploeg et al., 2005), il s’avère indispensable de vérifier les conséquences fonctionnelles de ces changements chez cette population. De plus, en considérant que le vieillissement normal s’accompagne de plusieurs changements cognitifs et physiques, il est possible que les personnes âgées soient particulièrement sensibles aux effets du TCCL, et ce, même plusieurs mois après sa survenue.

Tel que mentionné dans le second article de cette thèse, la littérature portant sur les impacts fonctionnels du TCCL, en particulier chez les personnes âgées, est peu abondante. Les personnes âgées ayant subi un TCCL ayant participé au présent projet de recherche ont

émis plusieurs plaintes en lien avec leur fonctionnement cognitif, affectant leur fonctionnement au quotidien. Au RPCQS, évaluant les symptômes post-commotionnels, les personnes âgées du groupe TCCL obtiennent un résultat total significativement plus élevé que le groupe contrôle, ce qui suggère un niveau plus élevé de plaintes. Plus particulièrement, ceux-ci rapportent principalement plus d'étourdissement/vertige, de fatigue, d'irritabilité, de perte de mémoire/oubli, et une baisse de la concentration.

À première vue, ces résultats semblent démontrer la présence d'importantes atteintes cognitives au sein du groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL. Cependant, en regardant attentivement le Tableau 9.5 présenté dans le second article, il peut être constaté que la sévérité de ces plaintes est faible. En effet, le RPCSQ est un outil comprenant une échelle de type *Lickert* allant de 0 à 4 (i.e. « aucune difficulté » à « difficulté sévère »). Pour l'ensemble des symptômes post-commotionnels qui diffèrent significativement entre les groupes, les résultats des personnes âgées ayant subi un TCCL s'échelonnent de 0.52 à 1.04, correspondant donc à des atteintes légères, contrairement à des résultats variant de 0.11 à 0.59 pour le groupe contrôle. Ces résultats rappellent les observations réalisées au premier objectif, à savoir la subtilité des déficits observés. Ces données portant sur les personnes âgées concordent ainsi avec les études ayant rapporté des plaintes cognitives chez de jeunes adultes ayant subi un TCCL (e.g. Bruce & Echemendia, 2003). Contrairement à ce qui est mentionné dans plusieurs publications scientifiques, le présent projet de recherche met également en évidence des difficultés cognitives qui corroborent les plaintes, et ce même plusieurs mois après la survenue d'un TCCL.

En concordance avec les résultats obtenus au RPCSQ, le QAM permet de comprendre sous un autre angle les difficultés quotidiennes rencontrées par les personnes âgées ayant subi un TCCL. En effet, en accord avec le second article de cette thèse,

l'hypothèse 2.2 s'avère confirmée. Ainsi, contrairement au groupe contrôle, le groupe ayant subi un TCCL fait mention de problèmes mnésiques au quotidien qui sont liées à des difficultés à retenir les conversations qu'ils ont eu, à retenir le contenu de livres ou de films, ainsi que les événements de l'actualité. Bien que ces données confirment l'hypothèse 2.2, un questionnement peut encore une fois être soulevé quant à la sévérité des changements observés par les personnes âgées avec un TCCL. Comme uniquement ces trois sphères se sont avérées significativement plus problématiques en comparaison aux contrôles, il peut être avancé que la mémoire ne serait affectée que légèrement, ou en fonction des caractéristiques des informations à retenir au quotidien. En effet, le contenu de conversations, de livres/films et de l'actualité peut représenter un niveau de complexité plus élevé que les autres sphères évaluées par le QAM. En s'attardant à ces sphères, il peut par exemple être supposé que les événements personnels, les personnages connus ou les lieux (i.e. correspondant aux catégories du QAM), référant pour une bonne part à la mémoire autobiographique, soient plus faciles à mémoriser en raison du caractère personnel et émotif lié au vécu de la personne. De même, la catégorie des actions à effectuer, référant à la mémoire prospective, pourrait être compensée par le recours à des listes d'actions à effectuer, de calendrier, d'agenda ou de tout autres aides techniques, ce qui est fréquent chez les personnes âgées en raison du déclin de la mémoire épisodique associé au vieillissement normal. De plus, la catégorie évaluant l'utilisation d'objets au QAM pourrait ne pas être sensible aux effets du TCCL en raison du caractère procédural en place lorsqu'un objet connu doit être utilisé. Malgré ces explications, il demeure que les difficultés observées au QAM par les personnes âgées ayant subi un TCCL sont toujours de nature subtile et provoquent des limitations fonctionnelles, lesquelles seront abordées dans les prochains paragraphes de cette thèse.

Afin de tenter d'obtenir une vision autre que celle des participants eux-mêmes, la perception d'un proche de chacun d'eux au sujet de leur fonctionnement mnésique au quotidien a été sondée. Le QAM a ainsi été complété par un proche de chacun des participants et comparé aux réponses émises par les participants des deux groupes. Bien qu'aucun critère formel n'ait été initialement établi dans la sélection des proches, il était demandé aux participants de faire compléter le QAM par un individu le côtoyant le plus régulièrement possible au quotidien. Pour la plupart, le conjoint a complété le questionnaire. En l'absence d'un conjoint, ou si celui-ci n'était pas disponible, un enfant (adulte) du participant a répondu au questionnaire. Notons que les mêmes individus ayant complété le QAM ont été sollicités pour la réponse des proches à la MHAVIE.

Dans son ensemble, le point de vue fourni par les proches des participants permet de partiellement confirmer l'hypothèse 2.4 en ce qui concerne les problèmes mnésiques. En effet, concernant le groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL, une seule sphère mnésique a été corroborée par les proches (i.e. événements de l'actualité), alors qu'ils ont soulevé deux autres sphères non rapportées par ces participants ayant subi TCCL. Ces deux sphères concernent les lieux et des questions générales en lien avec le quotidien. Bien que cette différence de jugement puisse être surprenante, il importe de mettre l'emphasis sur le fait que les proches ont eux aussi mentionné avoir observé des difficultés mnésiques chez les individus ayant subi le TCCL. Ceci appuie avec importance la présence de difficultés cognitives à long terme après un TCCL. Cependant, deux hypothèses alternatives peuvent être avancées pour expliquer cette légère divergence. Tout d'abord, tel que démontré lors du premier objectif de cette thèse, le système de contrôle exécutif des personnes âgées ayant subi un TCCL présente une fragilité. Il serait donc possible que l'auto-critique, étant de nature exécutive, puisse être diminuée, biaisant leur jugement.

Concernant l'évaluation des proches des participants contrôles au QAM, il est surprenant de constater qu'une sphère est mentionnée comme étant plus faible, malgré le fait qu'elle ne différerait pas selon l'auto-évaluation des deux groupes. En effet, les proches des contrôles ont mentionné plus de difficultés pour les questions générales. Comme cette sphère a été jugée plus faiblement, à la fois par les proches des contrôles que par les proches du groupe TCCL, il est possible que celle-ci manque de spécificité ou de validité pour le TCCL, selon le point de vue de celui qui complète le questionnaire.

La prochaine section abordera l'évaluation des impacts fonctionnels du TCCL, toujours en lien avec les résultats présentés au sein du second article de cette thèse.

10.3.2 Réalisation des habitudes de vie suite au TCCL

Alors que des atteintes cognitives subtiles en concomitance à des plaintes cognitives ont été mises en évidence, il importe de vérifier si des impacts sont aussi retrouvés dans le fonctionnement quotidien et dans la réalisation des habitudes de vie suivant un TCCL.

Tel que présenté dans le second article, au questionnaire Oxford, évaluant les symptômes post-commotionnels en lien avec la vie quotidienne, les personnes âgées ayant subi un TCCL rapportent un niveau plus élevé de difficulté. En effet, ceux-ci mentionnent plus de difficulté à entretenir une discussion avec un individu, ainsi qu'avec deux individus, reflétant possiblement la sensibilité aux interférences observée au paradigme de mémoire épisodique utilisé pour répondre au premier objectif. Les personnes âgées ayant subi un TCCL font également mention de plus de difficultés dans leurs habiletés à exécuter les tâches ménagères, à participer à des activités sociales, à maintenir le niveau de performance qu'ils avaient au travail avant le TCCL, d'une plus grande fatigue au travail, à entretenir des relations amicales, ainsi qu'à entretenir une relation avec un partenaire amoureux. Sur la base de ce questionnaire post-commotionnel, il est facilement constaté que davantage de

plaintes liées aux activités quotidiennes sont émises que de plaintes liées au fonctionnement cognitif. Ce profil suggère l'interdépendance de la cognition et du fonctionnement au quotidien. Plus précisément, il est probable qu'une atteinte d'un seul domaine cognitif puisse affecter plusieurs habitudes de vie. Ainsi, une légère difficulté cognitive possède le potentiel d'affecter plusieurs activités quotidiennes. En outre, la réalisation des habitudes de vie requière nécessairement la coordination de plusieurs fonctions cognitives afin d'émettre une série de comportements dirigés vers un but.

Toujours selon le questionnaire Oxford, les deux items qui semblent être les plus problématiques concernent le maintien du niveau de performance au travail, ainsi que l'endurance et la fatigue au travail. Étant donné que les items concernant la fatigue, les oublis et une diminution de la concentration ont été soulevés au RPCSQ, il est possible que ces derniers contribuent de manière importante aux difficultés observées au quotidien, en plus du subtil dysfonctionnement cognitif mise en lumière dans la présente étude. Selon les résultats au questionnaire Oxford, l'hypothèse 2.3 semble confirmée. Cependant, les résultats à la MHAVIE permettent d'apporter certaines nuances quant à la réalisation des habitudes de vie, en plus de fournir l'avis d'un proche de chacun des participants sur leurs possibles difficultés.

En regard des résultats obtenus à la MHAVIE, utilisée dans la présente thèse pour évaluer la réalisation des habitudes de vie les plus complexes, un relatif contraste est observé avec le questionnaire Oxford. Alors que des limitations étaient prévues pour les items les plus complexes d'un point de vue cognitif (e.g. préparation de repas; gestion financière; occuper un emploi rémunéré/bénévole), seulement l'item sur la prise de notes s'est avérée significativement inférieure pour le groupe de personnes âgées ayant subi un TCCL comparativement aux contrôles.

Il est à noter que les proches du groupe TCCL n'ont pas corroboré ou soulevé de limitations dans la réalisation des habitudes de vie. Ce point est important à considérer dans la compréhension des impacts du TCCL à long terme chez les personnes âgées. Alors que les difficultés cognitives sont difficilement objectivables, malgré la présence de plaintes quant au fonctionnement cognitif, les proches des victimes de TCCL ne remarqueraient pas de difficultés marquées au quotidien. Cela soulève la subtilité des impacts à long terme, mais surtout le fait que les victimes d'un TCCL, qui demeurent fonctionnelles et actives, perçoivent un changement qui peut ne pas être vu par leurs proches. Il est possible que la fatigue contribue à ce phénomène. Par exemple, il pourrait être avancé que les personnes âgées soient aptes à réaliser leurs activités de la vie quotidienne suite au TCCL, mais dans un contexte où davantage d'effort doit être mis en place pour performer au même niveau qu'avant le TCCL. De même, en présence de fatigue, ils pourraient se juger comme étant plus limités au quotidien, expliquant les plaintes fonctionnelles au questionnaire Oxford. Ce dernier, couvrant des sphères plus larges et moins précises que la MHAVIE, pourrait mener à l'émission de plus de plaintes fonctionnelles. La MHAVIE, permettant de bien évaluer une multitude d'habitudes de vie, pourrait faire en sorte de masquer les réelles difficultés vécues par les participants ayant subi un TCCL. En effet, lorsque questionné sur une activité de la vie quotidienne très précise (e.g. utiliser une cuisinière), il est possible que les individus du groupe TCCL ne perçoivent pas de difficulté, alors qu'ils pourraient en percevoir dans un questionnement incluant une multitude ou un regroupement d'activités, tel que présenté dans le questionnaire Oxford (e.g. avez-vous plus de difficultés à réaliser vos tâches ménagères?). Ainsi, la spécificité des items de ces deux questionnaires pourrait contribuer à la relative divergence des résultats.

En fonction de ces éléments, il peut être avancé que l'hypothèse 2.4 n'est que partiellement confirmée, les proches des participants du groupe TCCL ayant relevé des difficultés mnésiques au quotidien, en l'absence de limitations dans la réalisation des habitudes de vie à la MHAVIE.

Bien que le recours à des proches des participants soit un avantage dans le présent projet de recherche, une importante limite peut y être liée quant au choix de ces proches. En effet, comme aucun critère de sélection formel n'était prévu (i.e. la consigne était de demander à l'individu qui le côtoie le plus souvent au quotidien), il y a une certaine diversité dans la composition des proches. Pour la plupart, le conjoint complétait le questionnaire. Cependant, pour les participants ne cohabitant pas avec un partenaire, il est possible que le proche ayant complété le questionnaire soit un individu qui voit de manière régulière le participant, mais sans nécessairement avoir pu concrètement voir la réalisation des items de la MHAVIE ou du QAM. Ainsi, une possibilité demeure que les proches aient estimé le fonctionnement quotidien sur la base de leurs connaissances générales des participants, plutôt que sur la base d'observations directes.

10.3.3 Réalisation d'activités physiques suivant le TCCL

Alors que la MHAVIE ne révèle pas d'incapacité dans la réalisation des habitudes de vie les plus complexes, il semble que la pratique d'activités physiques représente le domaine le plus affecté à long terme chez les personnes âgées ayant subi un TCCL. Tel que présenté dans le second article de cette thèse, le groupe TCCL rapporte un niveau plus faible de réalisation d'activités physiques à l'intérieur et à l'extérieur que le groupe contrôle. Bien que cela pourrait être interprété comme une possible différence liée au fonctionnement prémorbide, il est important de soulever le fait que ce groupe rapporte également un niveau de satisfaction plus faible quant à la réalisation de ces activités,

suggérant qu'il s'agit d'un réel changement depuis la survenue du TCCL. En regard de la littérature scientifique, il s'agirait de la première étude qui soulève cette diminution de la pratique d'activités physiques chez les personnes âgées suivant un TCCL.

En concordance avec les observations réalisées à la MHAVIE, le PASE révèle que les personnes âgées ayant subi un TCCL pratique moins de marche à l'extérieur que le groupe contrôle. Certaines explications peuvent être proposées afin d'expliquer cette diminution d'activités physiques. Tout d'abord, il est possible qu'avec les atteintes cognitives suite au TCCL, il soit plus difficile de planifier les activités physiques en raison de la charge cognitive que cela incombe. Il est également plausible que la fatigue ressentie et la baisse de concentration fassent en sorte que les personnes âgées avec un TCCL ne désirent pas s'engager dans une activité qui pourrait augmenter davantage leur niveau de fatigue. Finalement, il serait possible que le groupe TCCL présente une crainte de chuter à nouveau, ce qui pourrait causer un nouveau choc à la tête. Ainsi, ils pourraient réduire leur niveau d'activité afin de prévenir une possible chute ou impact à la tête. La peur de chuter n'ayant pas été investiguée dans la présente étude, il serait pertinent de vérifier cet aspect dans un projet subséquent, d'autant plus que les personnes âgées sont davantage à risque de chuter (Telonio et al., 2014). Selon Tinetti (1990), le fait d'avoir déjà chuté ou la peur de chuter peuvent affecter la santé, l'indépendance et la confiance des personnes âgées, limitant leur pratique d'activités physiques.

Considérant cette dernière section, il peut être affirmé que l'hypothèse 2.5, selon laquelle les personnes âgées ayant subi un TCCL présentent plus de limitations dans la réalisation d'activités physiques, est confirmée. Comme il ne s'agit que de mesures basées sur des questionnaires, des mesures plus formelles de la pratique d'activités physiques pourraient être utilisées dans des études ultérieures. Par exemple, le recours à un podomètre

pour évaluer la quantité de marche des individus. De même, une évaluation physique permettant la prise en considération de la forme physique des participants pour exclure toute atteinte orthopédique survenant au même moment que le TCC et affectant la pratique d'activités physiques. La pratique d'activités physiques est une nouvelle avenue de recherche dans le champ du TCCL chez la personne âgée. Ainsi, cette section de la présente thèse peut être perçue de nature exploratoire. D'autres recherches seront nécessaires pour une compréhension plus complète des impacts du TCCL sur la pratique d'activités physiques.

10.3.4 Limites méthodologiques inhérentes au second objectif

Le second objectif de cette thèse a permis de mettre en lumière des incapacités ou des limitations qui n'avaient jamais été présentées à ce jour dans la littérature portant sur les effets à long terme du TCCL survenue chez la personne âgée. Plus particulièrement, l'interdépendance entre les plaintes cognitives et fonctionnelles, ainsi que la diminution de l'activité physique, de manière subtile s'avère des nouveautés au sein de la littérature. Cependant, il importe de soulever une limite à ces découvertes. L'évaluation de la réalisation des habitudes de vie qui a été réalisée dans cette thèse, s'est faite sur la base du modèle MDH-PPH 2. Contrairement à ce que propose ce modèle théorique, les aspects environnementaux propres aux individus des deux groupes expérimentaux n'ont pas été pris en considération, de même que l'établissement d'un profil identitaire complet pour ces individus. Il aurait été pertinent et intéressant de vérifier si des éléments environnementaux ou identitaires contribuent de près ou de loin aux incapacités soulevées dans ce projet. En ce sens, les seules variables identitaires considérées dans ce projet sont celles de l'âge, du genre et de la scolarité. De futures analyses considérant davantage de facteurs identitaires pourraient permettre de raffiner notre compréhension des impacts fonctionnels du TCCL.

Concernant la MHAVIE, rappelons que seuls les items jugés comme étant les plus complexes ont été retenus par les chercheurs responsables du projet. Une utilisation complète de l'outil aurait peut-être pu apporter une source plus grande d'informations quant à certaines sphères du quotidien non évaluées dans cette thèse.

De même, il aurait été possible de vérifier si des facteurs facilitent la réalisation des habitudes de vie, masquant les effets réels du TCCL (e.g. soutien familial qui empêche d'observer les difficultés). En effet, l'environnement se veut un élément central à tout être humain, qui doit s'adapter à celui-ci, sans oublier le fait que l'environnement d'un individu peut aussi s'ajuster à lui, modifiant la manière d'être dans son milieu, sa manière de réaliser et de jouer son rôle au quotidien. Des questionnaires ou entrevues réalisés auprès de personnes qui côtoient de façon régulière les participants à cette étude auraient pu permettre d'obtenir plus d'informations sur les variables environnementales propres à chacun des participants et pouvant influencer le fonctionnement au quotidien.

Finalement, comme la fatigue est une plainte fréquemment rapportée suite à un TCCL, une évaluation plus systématique de celle-ci avec des questionnaires portant exclusivement sur le sommeil, la qualité du sommeil, ainsi que sur la somnolence serait pertinente à la compréhension du profil des participants. En effet, cela permettrait de nuancer les observations faites sur la base des autres mesures au sein de cette thèse.

10.4 Retombées cliniques possibles.

Au-delà de la nouveauté scientifique de cette thèse, il importe de mentionner les possibles retombées cliniques qui peuvent en découler. Tout d'abord, comme le TCCL est de plus en plus associé à un risque accru d'évolution vers une démence et que des difficultés à long terme sont identifiées dans ce projet, une plus grande sensibilisation envers la population pourrait être mise de l'avant. En effet, nos résultats prouvent la

nécessité de consulter au sein du système de santé lors d'un choc à la tête, même si celui-ci peut sembler anodin. De plus, il est connu que les personnes âgées sont particulièrement à risque de chuter. Le vieillissement normal affecte la perception visuelle, ainsi que l'intégration sensorimotrice, accentuant le risque de chuter (Berard, Fung, McFadyen et Lamontagne, 2009). De ce fait, lors d'un choc à la tête, les personnes âgées pourraient être davantage à risque, notamment durant les premiers mois suivant le TCCL, en raison de la prédominance des symptômes cognitifs et physiques du TCCL.

De même, les professionnels de la santé devraient être au fait des possibles difficultés à long terme, et ainsi être particulièrement aux aguets des symptômes subtils du TCCL. Ainsi, des procédures de dépistage plus précoce et systématique des difficultés découlant du TCCL pourraient être déployées en utilisant des outils plus sensibles et plus écologiques.

Ultimement, une meilleure prise en charge au quotidien de ces personnes pourrait être proposée. De plus, compte-tenu des répercussions du TCCL au niveau du système de contrôle exécutif et de la mémoire épisodique, des services de remédiation cognitive pourraient être davantage offerts, afin de prévenir les risques d'évolution vers une démence.

Finalement, comme le paradigme de mémoire utilisé dans ce projet de recherche permet de relever des difficultés subtiles, des efforts pourraient être déployées afin de valider et de développer des normes pour la tâche au sein d'une population normale et clinique en vue de l'utiliser par la suite en pratique clinique.

10.5 Conclusion.

Le TCCL est considéré par plusieurs chercheurs comme étant une épidémie silencieuse. Alors que peu de victimes consultent un professionnel de la santé suite à un choc à la tête, le nombre de cas réels s'avère considérable. Bien que la littérature portant sur

les effets du TCCL n'apporte pas de consensus quant à la présence de problèmes cognitifs plusieurs mois, voire même plusieurs années après le TCCL, de nombreuses plaintes sont émises. La présente étude est, à notre connaissance, la première à mettre en lumière un déficit associatif exacerbé par la présence d'un TCCL, en plus d'un subtil dysfonctionnement du système de contrôle exécutif affectant l'encodage et la récupération en mémoire épisodique. De plus, les résultats présentés dans cette thèse révèlent la présence de plaintes fonctionnelles et d'une diminution de la pratique d'activités physiques suite à un TCCL. Cette thèse propose une nouvelle compréhension du profil des personnes âgées ayant subi un TCCL. Les résultats présentés pourraient ouvrir la porte au développement de nouveaux outils neuropsychologiques plus sensible aux effets du TCCL. De plus, comme le TCCL affecte un nombre important de personnes âgées, et compte-tenu du vieillissement de la population, les facteurs environnementaux et identitaires contribuant au profil cognitif et social de ces gens pourrait être investigué afin de peaufiner la compréhension des problèmes vécus par ces personnes.

RÉFÉRENCES

- Aharon-Peretz, J., Kliot, D., Amyel-Zvi, E., Tomer, R., Rakier, A., & Feinsod, M. (1997). Neurobehavioral consequences of closed head injury in the elderly. *Brain Injury*, *11*, 871-875.
- Alexander, M. P. (1995). Mild traumatic brain injury: Pathophysiology, natural history, and clinical management. *Neurology*, *45*, 1253–1260.
- Anderson, N. D. (1999). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: 2. Evidence from secondary task reaction time distributions. *Psychology and Aging*, *14*, 645-655.
- Anderson, N. D., Craik, F. I. M., & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: 1. Evidence from divided attention costs. *Psychology and Aging*, *13*, 405-423.
- Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. Dans K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.) : *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory. (Vol. 2)*. (pp. 742-775). New York: Academic Press.
- Bäckman, L., & Larsson, M. (1992). Recall of organizable words and objects in adulthood: Influences of instructions, retention interval, and retrieval cues. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *47*, 273-278.
- Baddeley, A. (2000). Short-term and working memory. Dans E. Tulving & F.I.M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 77-92). New-York, NY : Oxford University Press, Inc.

- Baddeley, A. D., Chincotta, D., & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 641–657.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working Memory. Dans G. Bower (Eds.). *The Psychology of Learning and of Motivation* (pp. 742-775). New-York, NY : Academic Press.
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Allen, R. J. (2009). Working memory and binding in sentence recall. *Journal of Memory and Language*, *61*, 438–456.
- Baddeley, A., Lewis, V., Eldridge, M., & Thomson, N. (1984). Attention and retrieval from long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 518-540.
- Banville, F., Villemure, R., & Nolin, P. (2008). Le traumatisme craniocérébral léger : Une vue d'ensemble. Dans F. Banville & P. Nolin (Eds.), *Épidémie silencieuse : Le traumatisme craniocérébral léger – Symptômes et traitement* (pp. 7-25). Québec, QC : Collection santé et société.
- Bastin, C. & Van der Linden, M. (2003). The contribution of recollection and familiarity to recognition memory: A study of the effects of test format and aging. *Neuropsychology*, *17*, 14-24.
- Belanger, H. G., Curtiss, G., Demery, J. A., Lebowitz, D. K., & Vanderploeg, R. D. (2005). Factors moderating neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury: A meta-analysis. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*, 215–217.
- Belleville, S., Peretz, I., & Arguin, M. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: evidence from a case of selective disruption. *Brain and Language*, *43*, 713-746.

- Bennett, T. L. (2001). Neuropsychological evaluation in rehabilitation planning and evaluation of functional skills. *Archives of Clinical Neuropsychology, 16*, 237-253.
- Berard, J. R., Fung, J., McFadyen, B. J., & Lamontagne, A. (2009). Aging affects the ability to use optic flow in the control of heading during locomotion. *Experimental Brain Research, 194*, 183-190. DOI: 10.1007/s00221-008-1685-1
- Berardi, A., Parasuraman, R., & Haxby, J. V. (2001). Overall vigilance and sustained attention decrements in healthy aging. *Experimental Aging Research, 27*, 19-39.
- Bernstein, D. M. (2002). Information processing difficulty long after self-reported concussion. *Journal of the International Neuropsychological Society, 8*, 673 – 682.
- Binder, L. M., Rohling, M. L., & Larrabee, G. J. (1997). A review of mild head trauma. Part I: Meta-analytic review of neuropsychological studies. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology, 19*, 421–431.
- Blanchet, S., Belleville, S., & Peretz, I. (2006). Episodic encoding in normal aging : Attentionel resources hypothesis extended to musical material. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 13*, 490-502.
- Blanchet, S., Bernard, F., Desgranges, B., Eustache, F., & Faure, S. (2002). Mémoire épisodique et asymétries hémisphériques. *Revue de neuropsychologie, 12*, 319-344.
- Blanchet, S., Paradis-Giroux, A. A., Pepin, M., & McKerral, M. (2009). Impact of divided attention during verbal learning in young adults following mild traumatic brain injury. *Brain Injury, 23*, 111-122.
- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 60*, 223–233.
- Bourque, P., Blanchard, L., & Vézina, J. (1990). Étude psychométrique de l'Échelle de dépression gériatrique. *Revue Canadienne du Vieillessement, 9*, 348-355.

- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation: Dual mechanisms of cognitive control. Dans A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Eds.), *Variation in Working Memory* (pp. 76-106). Oxford, England : Oxford University Press.
- Braver, T. S., & West, R. (2007). Working Memory, Executive Control, and Aging. Dans Craik, F. I. M., & Salthouse, T. A (Eds), *The Handbook of Aging and Cognition* (pp. 311-357). New York, NY : Psychology Press.
- Brink, J. M., & McDowd, J. M. (1999). Aging and selective attention: An issue of complexity or multiple mechanisms? *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 54, 30-33.
- Brown, S. G., & Craik, F. I. M. (2000). Encoding and retrieval of information. Dans E. Tulving & F. I. M., Craik (Eds.), *The Oxford Handbook of Memory* (pp. 93-108). Oxford, England: Oxford University Press.
- Bruce, J. M., & Echemendia, R. J. (2003). Delayed-onset deficits in verbal encoding strategies among patients with mild traumatic brain injury. *Neuropsychology*, 17, 622–629.
- Bryant, R. A., & Harvey, A. G. (1998). Relationship between acute stress disorder and posttraumatic stress disorder following mild traumatic brain injury. *American Journal of Psychiatry*, 155, 625-629.
- Bullo, M. et al. (2011). Association between a healthy lifestyle and general obesity and abdominal obesity in an elderly population at high cardiovascular risk. *Prev Med*, 53, 155-161. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.06.008
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85-100.

- Campbell, A. J., Borrie, M. J., Spears, G. F., Jackson, S. L., Brown, J. S., and Fitzgerald, J. L. (1990). Circumstances and consequences of falls experienced by a community population of 70 years and over during a prospective study. *Age Ageing* 19: 136–141.
- Caramazza, A., & Mahon, B. Z. (2006). The organization of conceptual knowledge in the brain: the future's past & some future directions. *Cognitive Neuropsychology*, 23, 13-38.
- Carroll, L. J., Cassidy, J. D., Peloso, P. M., Borg, J., von Holst, H., Holm, L., Paniak, C., & Pépin, M. (2004). Prognosis for mild traumatic brain injury: Results of the WHO collaborating centre task force on mild traumatic brain injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43, 84-105.
- 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.
- Charlton, R. A., Barrick, T. R., Markus, H. S., Morris, R. G. (2010). The relationship between episodic long-term memory and white matter integrity in normal aging. *Neuropsychologia*, 48, 114-22.
- Cicerone, K. D. (1996). Attention deficits and dual task demands after mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, 10, 79-89.
- Conners, C. K, Multi-Health Systems Staff, editors. Conner's continuous performance test. Toronto: MHS; 1995.
- Coronado, V. G., Thomas, K. E., Sattin, R. W., & Johnson, R. E. (2005). The CDC traumatic brain injury surveillance system: Characteristics of persons aged 65 years and older hospitalized with a TBI. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 20, 215–228.

- Craik, F. I. M. (1983). On the transfer of information from temporary to permanent memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B302*, 341–359.
- Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. Dans F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities : Mechanisms and performances* (pp. 409-422). Amsterdam, North-Holland.
- Craik, F. I. (2002). Levels of processing: past, present. and future? *Memory*, *10*, 305-318.
- Craik, F. I. M., & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: the role of attentional resources. Dans F. I. M. Craik & Trehub (Eds.), *Aging and cognitive Processes*. New-York.
- Craik, F. I. M., Govoni, R., Naveh-Benjamin, M., & Anderson, N. D. (1996). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *125*, 159-180.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, *11*, 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*, 474-479.
- Craik, F. I. M., Naveh-Benjamin, M., Ishaik, G., & Anderson, N. D. (2000). Divided attention at encoding and retrieval: The effects of cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26*, 1744-1749.
- 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.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2007). The semantic organization of mass nouns: evidence from semantic refractory access dysphasia. *Cortex*, *43*, 1031–1124.

- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA? The Posterior-Anterior Shift in Aging. *Cerebral Cortex*, *18*(5), 1201-1209.
doi:10.1093/cercor/bhm155
- Davis, H. P., Small, S. A., Stern, Y., Mayeux, R., Feldstein, S. N., & Keller, F. R. (2003). Acquisition, recall, and forgetting of verbal information in long-term memory by young, middle-aged, and elderly individuals. *Cortex*, *39*, 1063-1091.
- Delis, D. , Kaplan, E. and Kramer, J. (2001) *Delis-Kaplan Executive Function System* The Psychological Corporation, , San Antonio, TX.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2007). Neuroimaging of Healthy Cognitive Aging. Dans Craik, F. I. M., & Salthouse, T. A (Eds), *The Handbook of Aging and Cognition* (pp. 1-43). New York, NY : Psychology Press.
- Desrosiers, J., Bourbonnais, D., Noreau, L., Rochette, A., Bravo, G., & Bourget, A. (2005). Participation after stroke compared to normal aging. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *37*, 353-357.
- Desrosiers, J., Noreau, L., Robichaud, L., Fougereyrollas, P., Rochette, A., & Viscogliosi, C. (2004). Validity of the assessment of life habits in older adults. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *36*, 177-182.
- Desrosiers, J., Noreau, L., & Rochette, A. (2004). Social participation of older adults in Quebec. *Aging Clinical and Experimental Research*, *16*, 406-412.
- Diesfeldt, H. F. A. (2006). Construct validity of some episodic memory tests for psychogeriatric patients. *Tijdschrift voor Gerontologie en Geriatrie*, *37*, 59-66.
- Dikmen, S., Machamer, J., & Temkin, N. (2001). Mild head injury: Facts and artifacts. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *23*, 729-738

- Drag, L. L., & Bieiliauskas, L. A. (2010). Contemporary review 2009: Cognitive aging. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, *23*, 75-93.
- Dumont, C., Gervais, M., Fougeyrollas, P., & Bertrand, R. (2004). Toward an explanatory model of social participation for adults with traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma and Rehabilitation*, *19*, 431-444.
- Dupuis, F., Johnston, K. M., Lavoie, M., Lepore, F., & Lassonde, M. (2000). Concussions in athletes produce brain dysfunction as revealed by event-related potentials. *Neuroreport*, *11*(18), 4087-4092.
- Fernandes, M. A., Craik, F., Bialystok, E., & Kreuger, S. (2007). Effects of bilingualism, aging, and semantic relatedness on memory under divided attention. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *61*, 128-141.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). « Mini-Mental State » : A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*, 189-198.
- Fogel, B. S., and Duffy, J. (1994). Elderly patients. In Silver, J. M., and Hales, R. E. (eds.), *Neuropsychiatry of Traumatic Brain Injury*, American Psychiatric Press, Washington, DC, pp. 413–441.
- Fougeyrollas, P. (2010). *La funambule, le fil et la toile – Transformations réciproques du sens du handicap*. Québec: Les presses de l'Université Laval.
- Fougeyrollas, P., Noreau, L., Bergeron, H., Cloutier, R., Dion, S. A., & St-Michel, G. (1998). Social consequences of long term impairments and disabilities : Conceptual approach and assessment of handicap. *International Journal of Rehabilitation Research*, *21*, 127-141.

- Fougeyrollas, P., Noreau, L., Bergeron, H., Cloutier, R., St-Michel, G., & Dion, S. A. (1999). Conséquences sociales des déficiences et incapacités persistantes et significatives : Approche conceptuelle et évaluation des situations de handicap. *Handicap. Revue de sciences humaines et sociales*, 84, 61-78.
- Fougeyrollas, P., Noreau, L., Dion, S. A., & Lepage, C. (1998) La mesure des habitudes de vie : instrument général détaillé : (MHAVIE 3.0). Réseau international sur le processus de production du handicap, 1998. - 29 p.
- Frencham, K. A. R., Fox, A. M., & Mayberry, M. T. (2005). Neuropsychological studies of mild traumatic brain injury: A metaanalytic review of research since 1995. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 334–351.
- Friedman, D., Nessler, D., & Johnson, R., Jr. (2007). Memory encoding and retrieval in the aging brain. *Clinical EEG Neurosciences*, 38, 2-7.
- Geary, E. K., Kraus, M. F., Pliskin, N. H., & Little, D. M. (2010) Impairments in verbal learning in chronic mild traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 506-516.
- Goldstein, F. C., Levin, H. S., Goldman, W. P., Clark, A. N., & Altonen, T. K. (2001). Cognitive and neurobehavioural functioning after mild versus moderate traumatic brain injury in older adults. *Journal of International Neuropsychological Society*, 7, 373-383.
- Goldstein, F. C., Levin, H. S., Presley, R. M., Searcy, J., Colohan, A. R., Eisenberg, H. M., Jann, B., & Bertolino-Kusnerik, L. (1994). Neurobehavioural consequences of closed head injury in older adults. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 57, 961-966.

- Goldstein, F. C., Levin, H. S., Roberts, V. I., Goldman, W. P., Kalechstein, A. S., Winslow, M., & Goldstein, S. J. (1996). Neuropsychological effects of closed head injury in older adults: A comparison with Alzheimer's disease. *Neuropsychology, 10*, 147-154.
- Granger, C. V., Hamilton, B. B., Zielezny, M., & Sherwin, F. s. (1986). Advances in functional assessment in medical rehabilitation. *Topics in Geriatric Rehabilitation, 1*, 59-74.
- Guez, J., & Naveh-Benjamin, M. (2006). Divided attention at encoding and retrieval for once- and thrice-presented items: A micro-level analysis of attentional costs. *The European Journal of Cognitive Psychology, 18*, 874-898.
- Hachinski, V. C., Iliff, L. D., Zilhka, E., Du, B. G., McAllister, V. L., Marshall, J., Russell, R. W., & Symon, L. (1975). Cerebral blood flow in dementia. *Archives of Neurology, 32*, 632-637.
- Hamilton, M. (1960). A rating scale for depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 23*, 56-62.
- Hamonet, C. (1990). *Les personnes handicapées*. Paris: PUF, 125 p.
- Hartikainen, K. M., Waljas, M., Isoviita, T., Dastidar, P., Liimatainen, S., Solbakk, A. K., Ogawa, K. H., Soimakalljo, S., Ylinen, A., & Ohman, J. (2010). Persistent symptoms in mild to moderate traumatic brain injury associated with executive dysfunction. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 32*, 767-774.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General, 108*, 356-388.

- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and new view. Dans G. G. Bower (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 193–225). San Diego, CA: Academic Press.
- Hashtroudi, S., Parker, E. S., Luis, J. D., & Reisen, C. A. (1989). Generation and elaboration in older adults. *Experimental Aging Research*, *15*, 73-78.
- Haugh, H., & Eggers, R. (1991). Morphometry of the human cortex cerebri and cortex striatum during aging. *Neurobiology of Aging*, *12*, 336-338
- Head, D., Rodrigue, K. M., Kennedy, K.M., & Raz, N. (2008). Neuroanatomical and cognitive mediators of age-related differences in episodic memory. *Neuropsychology*, *22*, 491-507.
- Hébert, R., Carrier, R., & Bilodeau, A. (1988). The functional autonomy measurement system (SMAF) : Description and validation of an instrument for the measurement of handicaps. *Age Ageing*, *17*, 293-302.
- Jacobs, D. M., Rakitin, B. C., Zubin, N. R., Ventura, P. R., & Stern, Y. (2001). Cognitive correlates of mnemonics usage and verbal recall memory in old age. *Neuropsychiatry Neuropsychology and Behavioural Neurology*, *14*, 15-22.
- Jacoby, L. L., Bishara, A. J., Hessels, S. & Toth, J. P. (2005). Aging, subjective experience and cognitive control: Dramatic false remembering by older adults. *Journal of Experimental Psychology: General* *134*, 131-148.
- Janowsky, J. S., Carper, R. A., & Kaye, J. A. (1996). Asymmetrical memory decline in normal aging and dementia. *Neuropsychologia*, *34*, 527-535.
- Jette, A. M., Keysor, J., Coster, W., Ni, P., & Haley, S. (2005). Beyond function: predicting participation in a rehabilitation cohort. *Archive of Physical Medecine and Rehabilitation*, *86*, 2087- 2094.

- Jorm, A. F. (1994). A short form of the Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE) : Development and cross-validation. *Psychological Medicine*, 24, 145-53.
- Kaplan, E., Goodglass, H., & Weintraub, S. (1983). *Boston Naming Test*. Philadelphia: Lea and Febiger.
- King, N. S. (2003). Postconcussion syndrome : Clarity amid the controversy. *British Journal of Psychiatry*, 183, 276-278.
- King, N., Crawford, S., Wenden, F., Moss, N., & Wade, D. (1995). The Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire: A measure of symptoms commonly experienced after head injury and its reliability. *Journal of Neurology*, 242, 587-592.
- Kramer, A. F., & Madden, D. J. (2007). Attention. Dans F. I. M., Craik, & T. A., Salthouse (Eds), *The handbook of aging and cognition* (pp. 189-235). New York, NY : Psychology Press.
- Landre, N., Poppe, C. J., Davis, N., Schmaus, B., & Hobbs, S. E. (2006). Cognitive functioning and postconcussive symptoms in trauma patients with and without mild TBI. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21, 255–273.
- Leblanc, J., de Guise, E., Gosselin, N., & Feyz, M. (2006). Aging effects on functional outcome of traumatic brain injury patients in acute care. *Brain Injury*, 20, 779-790.
- Lechavalier, B., Eustache, F., & Viader, F. (Eds.) (2008). *Traité de neuropsychologie clinique, neurosciences cognitives et cliniques de l'adulte*. Bruxelles : De Boeck.
- Levin, H. S., Amparo, E., Eisenberg, H. M., Williams, D. H., High, W. M., McArdle, C. B., & Weiner, R. L. (1987). Magnetic resonance imaging and computerized

- tomography in relation to the neurobehavioral sequelae of mild and moderate head injuries. *Journal of Neurosurgery*, 66, 706-713.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (Eds.) (2004). *Neuropsychological assessment – Fourth edition*. New-York : Oxford University Press.
- Libon, D. J., Mattson, R. E., Glosser, G., Kaplan, E., Malamut, B. M., Sands, L. P., Swenson, R., & Cloud, B. S. (1996). A nine-word dementia version of the California Verbal Learning Test. *The Clinical Neuropsychologist*, 10, 237–244.
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9, 339-355.
- Light, L. L. & Prull, M. (1995). Aging, divided attention, and repetition priming. *Swiss Journal of Psychology/Schweizerische Zeitschrift für Psychologie/Revue Suisse de Psychologie*, 54(2), 87-101.
- Logan, G. D. (2003). Executive control of thought and action: In search of the wild homunculus. *Current Directions in Psychological Science*, 12, 45-48.
- Logie, R. H., Della Sala, S., MacPherson, S. E., & Cooper, J. (2007). Dual task demands on encoding and retrieval processes: Evidence from healthy adult ageing. *Cortex*, 43, 159–169.
- Luo, L., & Craik, F. I. M. (2008). Aging and memory: A cognitive approach. *Canadian Journal of Psychiatry*, 53, 346-353.
- Macht, M. L., & Buschke, H. (1983). Age differences in cognitive effort in recall. *Journal of Gerontology*, 38, 695–700.
- Manenti, R., Cotelli, M., & Miniussi, C. (2010). Successful physiological aging and episodic memory: A brain stimulation study. *Behavioural Brain Research*, 216, 153-158.

- Mangels, J. A., Craik, F. I., Levine, B., Schwartz, M. L., & Stuss, D. T. (2002). Effects of divided attention on episodic memory in chronic traumatic brain injury: a function of severity and strategy. *Neuropsychologia*, *40*, 2369-2385.
- Mapstone, M., Dickerson, K., & Duffy, C. J. (2008). Distinct mechanisms of impairment in cognitive ageing and Alzheimer's disease. *Brain*, *131*, 1618–1629
- Marsh, N. V., & Smith, M. D. (1995). Post-concussion syndrome and the coping hypothesis. *Brain Injury*, *6*, 553-562.
- Martin, B., Buffington, A. L. H., Welsh-Bohmer, K. A., & Brandt, J. (2008). Time of day affects episodic memory in older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *14*.
- Martinelli, P., & Piolino, P. (2009). Self-defining memories : Last episodic memories bastion in normal aging? *Psychologie et neuropsychiatrie du vieillissement*, *7*, 151-167.
- Mathias, J. L., Beall, J. A., & Bigler, E. D. (2004). Neuropsychological and information processing deficits following mild traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *2*, 286-297.
- Mattis, S. (1976). Mental status examination for organic mental syndrome in the elderly patients. Dans R. Bellak & B. Karusu (Eds.), *Geriatric psychiatry : A handbook for psychiatrists and primary care physicians* (pp. 77-121). New-York : Grune & Stratton.
- Mazzuchi, A., Cattelani, R., Missale, G., Gugliotta, M., Brianti, R., & Parma, M. (1992). Head-injured subjects aged over 50 years : correlations between variables of trauma and neuropsychological follow-up. *Journal of Neurology*, *239*, 256-260.

- McAllister, T. W., Sparling, M. B., Flashman, L. A., Guerin, S. J., Mamourian, A. C., & Saykin, A. J. (2001). Differential working memory load effects after mild traumatic brain injury. *Neuroimage, 14*, 1004-1012.
- McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for an executive attention construct. *Neuropsychology, 24*, 222-243.
- Morrison, J., & Hof, P. (1997). Life and death of neurons in the aging brain. *Science, 278*, 412-419.
- Moscato, B. S., Trevisan, M., & Willer, B. S. (1994). The prevalence of traumatic brain injury and co-occurring disabilities in a national household survey of adults. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 6*, 134-142.
- Mosenthal, A. C., Livingston, D. H., Lavery, R. F., Knudson, M. M., Lee, S., Morabito, D., Manley, G. T., Nathens, A., Jurkovich, G., Hoyt, D. B., & Coimbra, R. (2004). The effect of age on functional outcome in mild traumatic brain injury : 6-month report of a prospective multicenter trial. *The Journal of Trauma Injury, Infection, and Critical Care, 56i*, 1042-1048.
- Nagi, S. Z. (1976). An epidemiology of disability among adults in the United States, *Milbank Q, 54*, 439-467.
- Nagi, S. Z. (1991). Disability concepts revisited: Implications for preventia, Dans A. M. Pope et A. R. Tarlov (dir), *Disability in America: Toward a national agenda for prevention*, Washington (D.C.), Institute of Medicine, Division of Health Promotion and Disease Prevention, National Academy Press, p. 309-327.

- 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., Craik, F. I. M., Guez, Y., & Dori, H. (1998). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory: Further support for an asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *24*, 1091-1104.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I. M., Guez, J., & Kreuger, S. (2005). Divided attention in younger and older adults: Effects of strategy and relatedness on memory performance and secondary task costs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*, 520–537.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I. M., & Perretta, J. (2000). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes: The resiliency of retrieval processes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *53*, 609-626.
- Naveh-Benjamin, M. & Guez Y. (2000). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes: Assessment of attentional costs and a componential analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26*, 1461-1482.
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., & Marom, M. (2003). The effects of divided attention at encoding on item and associative memory. *Memory & Cognition*, *31*, 1021-1035.
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., & Shulman, S. (2004). Older adults' associative deficit in episodic memory: Assessing the role of decline in attentional resources. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 1067-1073.

- Nilsson, L. G. (2003). Memory function in normal aging. *Acta Neurologica Scandinavica*, *107*, 7–13.
- Nolin, P. (2006). Executive memory dysfunctions following mild traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, *21*, 68-75.
- Nyberg, L., Nilsson, L. G., Olofsson, U., & Backman, L. (1997). Effects of division of attention during encoding and retrieval on age differences in episodic memory. *Exp Aging Res*, *23*, 137-143.
- Paivio A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, *43*, 255–287.
- Paniak, C., Reynolds, S., Toller-Lobe, G., Melnyk, A., Nagy, J., & Schmidt, D. (2002). A longitudinal study of the relationship between financial compensation and symptoms after treated mild traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*, 187-193.
- Paré, N. & Rabin, L., Fogel, J., & Pepin, M. (2009). Mild traumatic brain injury and its sequelae: Progression of divided attention deficits. *Neuropsychological Rehabilitation*, *19*, 110 - 137.
- Park, D. C., Puglisi, J. T., & Smith, A. D. (1986). Memory for pictures: does an age-related decline exist? *Psychol Aging*, *1*, 11-17.
- Park, D. C., Puglisi, J. T., Smith, A. D., & Dudley, W. N. (1987). Cue utilization and encoding specificity in picture recognition by older adults. *J Gerontol*, *42*, 423-425.
- Park, D. C., Smith, A. D., Dudley, W. N., & Lafronza, V. N. (1989). Effects of age and a divided attention task presented during encoding and retrieval on memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, *15*, 1185-1191.

- Pépin, M. (2008). Les travaux du comité international sur le TCC léger : Résultats et recommandations. Dans F. Banville & P. Nolin (Eds.), *Épidémie silencieuse : Le traumatisme craniocérébral léger – Symptômes et traitement* (pp. 27-35). Québec, QC : Collection santé et société.
- Pépin, M., Dumont, C., & Hopps, S. (2000). Relationship between cognitive capabilities and social participation among people with traumatic brain injury. *Brain Injury, 14*, 563-572.
- Pépin, M., Laporte, P., & Loranger, M. (2006). *Test informatisé des fonctions attentionnelles (TIFA 1.0)*. Québec : Le réseau Psychotech.
- Perlstein, W. M., Cole, M. A., Demery, J. A., Seignourel, P. J., Dixit, N. K., Larson, M. J., & al. (2004). Parametric manipulation of working memory load in traumatic brain injury : Behavioral and neural correlates. *Journal of the International Neuropsychological Society, 10*, 724–741.
- Peterson, R. C., Roberts, R. O., Knopman, D. S., Geda, Y. E., Cha, R. H., Pankratz, V. S., Boeve, B. F., Tangalos, E. G., Ivnik, R. J., & Rocca, W. A. (2010). Prevalence of mild cognitive impairment is high in men. The Mayo clinic study of aging. *Neurology, 75*, 889-897.
- Plehn, K., Marcopulos, B. A., & McLain, C. A. (2004). The relationship between neuropsychological test performance, social functioning, and instrumental activities of daily living in a sample of rural older adults. *The Clinical Neuropsychologist, 18*, 101- 113.
- Ponsford, J., Willmott, C., Rothwell, A., Cameron, P., Kelly, A. M., & Nelms, R. (2000). Factors influencing outcome following mild traumatic brain injury in adults. *Journal of the International Neuropsychological Society, 6*, 568–579.

Rapoport, M. J., Herrmann, N., Shammi, P., Kiss, A., Phillips, A., & Feinstein, A. (2006).

Outcome after traumatic brain injury sustained in older adulthood : A one-year longitudinal study. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 14*, 456-465.

Rapoport, M.J., McCullagh, S., Streiner, D., & Feinstein, A. (2003). The clinical significance of major depression following mild traumatic brain injury.

Psychosomatics, 44, 31 - 37.

Rapoport, M. J., Wolf, U., Herrman, N., Kiss, A., Shammi, P., Reis, M., Phillips, A., &

Feinstein, A. (2008). Traumatic brain injury, apolipoprotein E-e4, and cognition in older adults : A two-year longitudinal study. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 20*, 68-73.

Rathi, Y., Pasternak, O., Savadjiev, P., Michailovich, O., Bouix, S., Kubicki, M., Westin,

C.-F., Makris, N., & Shenton, M. E. (2014). Gray matter alterations in early aging: A diffusion magnetic resonance imaging study. *Human Brain Mapping, 35*, 3841-3856. Doi: 10.1002/hbm.22441

Rauchs, G., Desgranges, B, Foret, J., & Eustache, F. (2005). The relationships between memory systems and sleep stages. *Journal of Sleep Research, 14*, 123-140.

Raz, N., Dixon , F.M., Head, D. P., Dupuis, J.H., & Acker, J.D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging: Evidence from structural MRI. *Neuropsychology, 12*, 95- 106.

Raz, N., Gunning, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., McQuain, J. M., Briggs, S. D., Thornton, A. E., Loken, W. J. & Acker, J. D. (1997). Selective aging of human cerebral cortex observed in vivo: Differential vulnerability of the prefrontal gray matter. *Cerebral Cortex, 7*, 268-282.

- Reitan, R. M., & Wolfson, D. (1999). The two faces of mild head injury. *Archives of Clinical Neuropsychology, 14*, 191-202.
- Rey, A. (1960). *Manuel du Test de copie et de reproduction de mémoire de figures géométriques complexes*. Paris : Éditions Centre de psychologie appliquée.
- Rimel, R. W., Giordani, B., Barth, J. T., Boll, T. J., & Jane, J. A. (1981). Disability caused by minor head injury. *Neurosurgery, 9*, 221-228.
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., Lawrence, A. D., McInnes, L., & Rabbit, P. M. A. (1998). A study of performance on tests from the CANTAB battery sensitive to frontal lobe dysfunction in a large sample of normal volunteers: Implications for theories of executive functioning and cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society, 4*, 474-490.
- Sakai, H., Takahara, M., Honjo, N. F., Doi, S., Sadato, N., & Uchiyama, Y. (2012). Regional frontal gray matter volume associated with executive function capacity as a risk factor for vehicle crashes in normal aging adults. *PLoS one 7*:e45920
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review, 103*, 403-428.
- Schmidt, M. (1996). *Rey Auditory Verbal Learning Test. A Handbook*. Western Psychological Services, Los Angeles.
- Schmitter-Edgecombe, M., & Woo, E. (2007). Effects of age and divided attention on memory components derived for the category exemplar generation task. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn, 14*, 274-300.
- Senathi-Raja, D., Ponsford, J., & Schonberger, M. (2010). Impact of age on long-term cognitive function after traumatic brain injury. *Neuropsychology, 24*, 336-344.

- Smits, M., Dippel, D. W., Houston, G. C., Wielopolski, P. A., Koudstaal, P. J., Hunink, M. G., & van der Lugt, A. (2009). Postconcussion syndrome after minor head injury: brain activation of working memory and attention. *Human Brain Mapping, 30*, 2789-803.
- Société de l'Assurance Automobile du Québec. (2001). *Cadre de référence clinique pour l'élaboration de programmes de réadaptation pour la clientèle ayant subi un traumatisme craniocérébral. Volet adultes*, Comité Conseil de réadaptation en traumatologie (M. Gaboury).
- Sosin, D., Sniezek, J., & Thurman, D. (1996). Incidence of mild and moderate brain injury in the United States, 1991. *Brain Injury, 10*, 47-54.
- Spielberger, C. D. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Palo Alto : Consulting Psychologist Press.
- Squire, L. R. (1987). The organization and neural substrates of human memory. *International of Neurology, 21-22*, 218-222.
- Squire, L. & Kandel, E. R. (Eds.) (1999). *Memory: From Mind to Molecules*. New York: Scientific American Books.
- Squire, L. R., & Knowlton, B. J. (2000). The medial temporal lobe, the hippocampus, and the memory system of the brain. Dans M. S. Gazzaniga (Eds.), *The new cognitive neurosciences* (pp. 765-780). Cambridge, MA: MIT Press.
- Stapert, S., Houx, P., Kruijk, J., Ponds, R., & Jolles, J. (2006). Neurocognitive fitness in the sub-acute stage after mild TBI: The effect of age. *Brain Injury, 20*, 161-165.
- Statistiques Canada, Ottawa. (2008). *Regard sur la démographie canadienne*. Extrait du site web du site web de Statistiques Canada le 15 octobre 2010 : <http://www.statcan.gc.ca/pub/91-003-x/91-003-x2007001-fra.pdf>.

- Statistique Canada, Ottawa. (2013). *Estimations de la population du Canada : âge et sexe, 2013*. Extrait du site web de Statistiques Canada le 2 décembre 2013 : <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/131125/dq131125a-fra.pdf>
- Stewart, D. P., Kaylor, J., & Koutanis, E. (1996). Cognitive deficits in presumed minor head-injured patients. *Academy of Emergency Medicine, 3*, 21-26.
- Stulemeijer, M., van der Werf, S., Bleijenberg, G., Biert, J., Brauer, J., & Vos P. E. (2006). Recovery from mild traumatic brain injury: A focus on fatigue. *Journal of Neurol, 253*, 1041-1047. doi: 10.1007/s00415-06-0156-5
- Stuss, D. T., Stethem, L. L., Hugenholtz, H., & Richard, M. T. (1989). Traumatic brain injury: A comparison of three clinical tests, and analysis of recovery. *The Clinical Neuropsychologist, 3*, 145-156.
- Susman, M., DiRusso, S., Sullivan, T., Risucci, D., Nealon, P., Cuff, S., & Benzil, D. (2002). Traumatic brain injury in the elderly : Increased mortality and worse functional outcome at discharge despite lower injury severity. *Journal of Traumatology, 53*, 219-224.
- Telonio, A, Blanchet, S, Maganaris, C. N, Baltzopoulos, V, Villeneuve, S, McFadyen, B. J. (2014). The division of visual attention affects the transition point from level walking to stair descent in healthy, active older adults. *Experimental Gerontology, 50*, 26-33.
- Temkin, N. R., Corrigan, J. D., Dikmen, S. S., & Machamer, J. (2009). Social functioning after traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 24*, 460-467.
- Testa, J. A., Malec, J. F., Moessner, A. M., & Brown, A. W. (2005). Outcome after traumatic brain injury : Effects of aging on recovery. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation, 86*, 1815-1823.

- Thompson, H. W. C., McCormick, W., & Kagan, S. (2006). Traumatic brain injury in older adults : Epidemiology, outcomes, and future implications. *Journal of American Geriatric Society*, *54*, 1590–1595.
- Tiersky, L. A., Cicerone, K. D., Natelson, B. H., & DeLuca, J.(1998). Neuropsychological functioning in chronic fatigue syndrome and mild traumatic brain injury: A comparison. *The Clinical Neuropsychologist*, *12*, 503-512.
- Tinetti, M. E. (1990). Falls. In Hazzard, W. R., Andres, R., Bierman, E. L., and Blass, J. P. (eds.), *Principles of Geriatric Medicine and Gerontology*, 2nd edn., McGraw-Hill, New York, pp. 1192–1199.
- Treitz, F., Heyder, K., & Daum, I. (2007). Differential course of executive control changes during normal aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *14*, 370-393.
- Troyer, A. K., Leach, L., & Strauss, E. (2006). Aging and response inhibition : Normative data for the Victoria Stroop Test. *Neuropsychology, Development and Cognition. Section B Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *13*, 20-35.
- Tulving, E. (1962). Subjective organization in free recall of unrelated words. *Psychological Review*, *69*. 344-354.
- Tulving, E. (1968). Organized retention and cued recall. Dans H. J. Klausmeier & G.T. O'Hearn (Eds.), *Research and Development toward the improvement of education* (pp. 3-13). Madison, WI: Dembar Educational Research Services.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. dans E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-403). New York, NY: Academic Press.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, *80*(5), 352-373.

- Tulving, E. (Eds.) (1983). *Elements of Episodic Memory*. New-York: Oxford University Press.
- Tulving, E. (1993). What is episodic memory? *Psychological science*, 2, 67-70.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? . Dans M. S. Gazzaniga (Eds.), *The cognitive neurosciences* (pp. 839-853). Cambridge, MA : MIT Press.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual review of psychology*, 53, 1-25.
- Van der Linden, M., Wijns, C., Von Frenkell, R., Coyette, G., & Seron, X. (1989). Un questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire (QAM). Bruxelles : Editest.
- Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Belanger, H. G. (2005). Long-term neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 228–236.
- Van Hooren, S. A. H., Valentijn, A. M., Bosma, H., Ponds, R. W. H. M., van Boxtel, M. P. J., Jolles, J. (2007). Cognitive functioning in healthy older adults aged 64–81: A cohort study into the effects of age, sex, and education. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 40–54.
- Van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (Eds.) (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York, NY : Oxford University Press.
- Viscogliosi, C., Belleville, S., Desrosiers, J., Caron, C. D., Ska, B., & the BRAD Group. (2010). Participation after a stroke : Changes over time as a function of cognitive deficits. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, xx, xx-xx.
- Voller, B., Benke, T., Benedetto, K., Schnider, P., Auff, E., & Aichner, F. (1999). Neuropsychological, MRI and EEG findings after very mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, 13, 821–827.

- Vollmer, D. G., and Eisenberg, H. M. (1990). Head injury (including subdural hematoma). In Hazzard, W. R., Andres, R., Bierman, E. L., and Blass, J. P. (eds.), *Principles of Geriatric Medicine and Gerontology*, 2nd edn., McGraw-Hill, New York, pp. 990–998.
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *Journal of Clinical Epidemiology*, *46*, 153-162.
- Wegesin, D. J., Jacobs, D. M., Zubin, N. R., Ventura, P. R., & Stern, Y. (2000). Source memory and encoding strategy in normal aging. *J Clin Exp Neuropsychol*, *22*, 455-464.
- Whiting, W. L. (2003). Adult age differences in divided attention: Effects of elaboration during memory encoding. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *10*, 141–157.
- World Health Organization (WHO). (1980). International classification of impairments, disabilities, and handicaps: A manual of classification relating to the consequences of disease. Geneva, Switzerland: Author.
- Wolfe, J. M. (1994). Visual search in continuous, naturalistic stimuli. *Vision Research*, *34*, 1187-1195.
- Yaffe, K., & Hoang, T. (2013). Nonpharmacologic treatment and prevention strategies for dementia. *Continuum*, *19*, 372-381. doi : 10.1212/01.CON.0000429178.14354.67.
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory & Language*, *46*, 441-517.