

Université de Montréal

Approche psycholinguistique des relations entre le traitement sémantique des mots et la rétention à court terme chez l'individu sain et dans la démence de type Alzheimer

par

Anne-Laure Macé

Département de psychologie

Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Ph.D
en psychologie, recherche et intervention
option neuropsychologie clinique

Janvier 2011

© Anne-Laure Macé, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Approche psycholinguistique des relations entre le traitement sémantique des mots et la
rétention à court terme chez l'individu sain et dans la démence de type Alzheimer

présentée par :

Anne-Laure Macé

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Dr Sven Joubert

président-rapporteur

Dre Nicole Caza

directeur de recherche

Dre Bernadette Ska

membre du jury

Dr Joël Macoir

examineur externe

Dr Daniel Valois

représentant du doyen

Résumé

Depuis ces deux dernières décennies, des efforts considérables en psychologie cognitive et neuropsychologie ont été déployés pour mieux comprendre les dynamiques entre les différents systèmes cognitifs (fonctions exécutives, mémoire, langage, etc.). L'observation d'une co-existence entre des atteintes en rétention à court terme verbale (RCTv) et en langage dans plusieurs pathologies a conduit certains chercheurs à concevoir une alternative à la conceptualisation classique de la RCTv, telle que proposée par le modèle initial de la mémoire de travail de Baddeley (1986). Particulièrement, les travaux sur l'aphasie ont conduit à l'émergence d'une approche psycholinguistique de la RCTv, postulant que le traitement et le maintien des mots font appel à des processus communs. Cette approche, et particulièrement le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), prédit que les capacités en RCTv sont notamment modulées par les caractéristiques linguistiques engagées durant l'épreuve, variant selon la nature des items verbaux et la modalité de rappel, ainsi que par les compétences linguistiques des individus.

L'objectif de la présente thèse était de tester ces prédictions à partir d'une exploration des relations entre le traitement sémantique des mots et la RCTv chez l'adulte sain (article 1) et dans la démence de type Alzheimer (DTA) (article 2). Dans le premier article, deux expériences mettent en évidence l'influence des liens associatifs entre les mots sur les capacités à maintenir temporairement des informations verbales. Les participants ont tendance à faussement reconnaître des mots associés aux mots de la liste, reflet d'une

activation du réseau sémantique durant la rétention temporaire. Cette contribution sémantique est accentuée en situation de suppression articulatoire, une condition qui empêche le participant de répéter les listes durant la tâche. Les résultats du second article indiquent que la modalité de réponse module différemment la performance en RCTv chez les participants âgés sans atteinte neurologique et ceux atteints de la DTA. Ces données en RCTv sont compatibles avec les atteintes spécifiques du traitement du mot, également trouvées chez le groupe avec DTA. Les implications théoriques et cliniques de ces résultats sont discutées. Les limites et perspectives futures sont également abordées.

Mots-clés : mémoire à court terme, modèles psycholinguistiques, mémoire sémantique, démence de type Alzheimer, fausse reconnaissance.

Abstract

For the past two decades, considerable efforts have been made in cognitive psychology and neuropsychology in order to improve our understanding of the interactions between different cognitive systems (executive functions, memory, language etc.). Evidence of short-term memory (STM) and language impairments in many clinical populations has lead some researchers to put forward an alternative to Baddeley's working memory model (1986). Based on studies of aphasia, the psycholinguistic approach of STM postulated that word processing and maintenance refer to common processes. Specifically, the interactive activation model (N. Marin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997) predicts that STM capacities are in particular affected by the linguistic characteristics engaged during the test, and vary according to the nature of verbal items and recall modality, as well as word processing ability.

The goal of this thesis was to test some of these predictions by investigating the relationship between semantic treatment and STM in healthy adults (article 1) and dementia of Alzheimer Type (DAT) (article 2). In the first article, two experiments underline the influence of the associative links between words on the capacity to temporarily retain verbal information. Participants tend to wrongly recognize words associated with words from the list, reflecting an activation of the semantic network during temporary retention. This semantic contribution increases in a situation of articulatory suppression, a condition

that limits the possibility to repeat lists during the task. The results of the second article indicated that recall modality influences differently the performance in STM of the elderly participants and those with DAT. These data in STM are compatible with a specific word processing impairment, also found in the group with DAT. The theoretical and clinical implications of these results are discussed. Limits and future research perspectives are also presented.

Keywords : short-term memory, psycholinguistic models, semantic memory, dementia of Alzheimer type, false recognition.

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	iii
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	viii
Listes des abréviations.....	ix
Remerciements.....	xii
CHAPITRE 1 : Introduction.....	1
1. Contribution des connaissances sémantiques sur le rappel sériel immédiat.....	2
2. Principes généraux des modèles explicatifs.....	5
2.1. Approche classique de la RCTv.....	5
2.2. Modèle des traits distinctifs de Nairne.....	9
2.3. Approche psycholinguistique de la RCTv.....	10
3. Enjeux théoriques actuels.....	13
4. Investigation des effets sémantiques en reconnaissance immédiate.....	14
4.1. Contribution des connaissances sémantiques des mots sur la reconnaissance immédiate.....	15
4.2. Impact de la suppression articulatoire sur les effets sémantiques en reconnaissance immédiate.....	18
4.3. Prédications sur les effets d'associés en reconnaissance sérielle immédiate.....	19
5. Investigation des troubles de la RCTv chez des personnes présentant des atteintes linguistiques.....	22
5.1. Études chez les individus aphasiques.....	22
5.2. Études chez les individus atteints de DTA.....	24
5.3. Prédications sur les effets de modalité de rappel au RSI dans la DTA.....	31
6. Résumé des objectifs et hypothèses de recherche.....	33

6.1. Article 1 : « Impact de la suppression articulatoire sur l'effet de fausse reconnaissance immédiate».....	33
6.2. Article 2 : « Impact de la modalité de réponse sur le rappel sériel immédiat dans la démence de type Alzheimer ».....	35
CHAPITRE 2: Article 1	36
The Role of Articulatory Suppression in Immediate False Recognition	36
CHAPITRE 3 : Article 2.....	65
The Effect of Response Modality on Immediate Serial Recall in Dementia of the Alzheimer Type.....	65
CHAPITRE 4 : Discussion générale.....	102
1. Rappel des objectifs de la thèse	102
2. Résumé des principaux résultats	104
3. Implications théoriques	105
3.1. Interprétation des effets d'associés en reconnaissance sérielle immédiate.....	105
3.2. Interprétation de l'effet de modalité de rappel sur le RSI.....	107
3.3. Implication d'une contribution sémantique précoce sur la performance en RCTv	110
4. Limites des études et perspectives futures	112
5. Implications cliniques	116
5.1. Impact sur l'évaluation de la RCTv	117
5.2. Impact sur l'intervention des troubles en RCTv	118
Bibliographie.....	121

Liste des tableaux

Chapitre 2

Table 1. Mean Percentages of « Yes » Responses (+SE) as a Function of Matching and AS Conditions in Experiment 1.

Table 2. Mean Percentages of « Yes » Responses (+SE) as a Function of Matching and AS Conditions in Experiment 2.

Chapitre 3

Table 1. Demographic Variables and Clinical Characteristics of Participants with Mean and Standard Deviation(in parenthesis).

Table 2. Performance on Word processing task in Controls and DAT Groups.

Table 3. Number of Correct and Incorrect Responses (percentage in parenthesis) at the Item Specific Level for Picture Naming and Word-to-Picture Matching in Control and DAT Groups.

Liste des figures

Chapitre 3.

Figure 1. Mean Percentages of Correct Responses (free recall criterion) on ISR as a Function of Response Modality and Group.

Figure 2. Mean Percentages of Correct Responses (strict serial recall criterion) for ISR Performance as a Function of Response Modality and Group.

Listes des abbréviations

Abbréviations utilisées en français

DTA: démence de type Alzheimer

RCTv: rétention à court terme verbale

RSI: rappel sériel immédiat

Abbréviations utilisées en anglais

ANOVA: analysis of variance

AS: articulatory suppression

BORB: Birmingham object recognition battery

DAT: Dementia of the Alzheimer Type

DRM: Deese-Roediger-McDermott

DRS: dementia rating scale

GDS: geriatric depression scale

IA: interactive activation

ISR: immediate serial recall

LTM: long-term memory

MMSE: mini mental status examination

SE: standard errors

STM: short-term memory

“Dla mojej rodziny”

Remerciements

Je souhaiterais remercier en premier lieu ma superviseure de thèse, Dre Nicole Caza, pour son implication assidue dans ma formation en recherche. Elle a fait preuve d'une grande rigueur scientifique et elle s'est toujours montrée soucieuse de m'offrir une formation de qualité. Sa grande créativité, son dévouement pour la recherche mais également sa profonde détermination et sa persévérance m'ont particulièrement touchée.

Ce travail a pu être accompli grâce également aux assistants de recherche du Laboratoire qui m'ont aidée pour une partie du testing des participants adultes sains. Je remercie particulièrement le service informatique (Johanne Landry, Marcello Sequeira, Dominic Beaulieu et Marc Filarétos) pour leur efficacité ainsi que Francine Giroux pour ses judicieux conseils en analyse statistique. Je tiens aussi à remercier Anne-Marie Ergis ainsi que Caroline Baclet-Roussel pour leur aide au recrutement de patients en France et l'équipe de l'institut de Gériatrie ainsi que Dre Sylvie Belleville pour le recrutement des patients au Québec.

En second lieu, ma gratitude va également à mes amis qui m'ont soutenue durant toutes ces années. Je pense particulièrement à Magalie Loïselle, Véronique Chassé, Jessica Massicotte-Marquez, Sylvia Villeneuve, Sara Bélanger, Elisabeth Perreau-Linck. J'ai également une chaleureuse pensée pour Angy Guillaume, Nathalie Caye, Anne Gallagher, Chloé De Boysson, Francis Clément, Lyssa Gagnon, Stéphanie Sylvain-Roy, Bernard Bouchard, Frédéric Peters et bien d'autres encore. Je n'oublie pas non plus le soutien outre-

Atlantique, particulièrement celui de Sandrine Hervé, Aline Periot, Amélie Grossiord, Amandine Foucher, Aurore Martineau, Gabrielle Carel & Abraham Merite, ainsi que mon groupe d'amis d'enfance « Los Postos ».

Je dois cette thèse à ma famille, particulièrement à mes parents et mon grand frère, Olivier, qui m'ont toujours accompagnée, stimulée et amenée à me dépasser avec une bienveillance constante. Je pense aussi à mes grands-parents qui m'ont toujours apporté du soutien et réconfort et qui ont clairement influencé ma perception et mes intérêts pour le vieillissement. J'ai également une pensée pour Léna, ma belle sœur, qui n'a pas hésité à m'apporter son aide lors de ma rédaction. Au fil des années, je me rends compte de la chance que j'ai d'avoir ce soutien familial.

CHAPITRE 1 : Introduction

La capacité à maintenir temporairement de l'information verbale est nécessaire pour accomplir de nombreuses activités de la vie quotidienne (p. ex. suivre une conversation, comprendre un texte, retenir un nouveau numéro de téléphone avant sa composition, etc.). Dans plusieurs pathologies, dont la maladie d'Alzheimer, c'est l'une des premières fonctions cognitives touchées perturbant ainsi l'autonomie et la qualité de vie des patients. Il est donc essentiel d'identifier et de mieux comprendre les processus qui sous-tendent cette habileté afin d'évaluer avec plus de précision les mécanismes qui sont altérés chez les patients et leur proposer des méthodes d'interventions mieux adaptées.

Actuellement, il existe encore plusieurs controverses entourant le fonctionnement de la RCTv. Bien qu'il existe un consensus quant à l'implication de certains mécanismes langagiers, le rôle particulier du traitement sémantique dans la mémorisation temporaire verbale rappelle les enjeux théoriques actuels. Classiquement, on considère que la RCTv est prise en charge par un système de mémorisation à court terme spécifique qui partage des liens avec d'autres systèmes cognitifs, comme la mémoire sémantique. La séparation entre les systèmes impliqués dans le traitement et le maintien est remise en question par l'émergence de travaux chez la population aphasique. Ces travaux ont donné naissance à une approche psycholinguistique de la RCTv qui postule que le traitement, notamment sémantique, des mots et la RCTv font appel à des mécanismes communs. Cette thèse a comme objectif général de tester cette approche à partir d'une exploration des relations entre le traitement sémantique des mots et la RCTv chez l'adulte sain et dans la démence de type Alzheimer (DTA).

La première partie de l'introduction traitera des travaux en psychologie cognitive qui mettent en évidence une contribution des connaissances sémantiques des mots sur la performance en RCTv. Dans une seconde partie, nous présenterons les principaux modèles théoriques qui rendent compte de cette contribution. À travers cet exposé, nous tenterons de mettre en lumière deux enjeux théoriques actuels reliés à l'investigation spécifique des effets sémantiques en reconnaissance immédiate chez l'adulte sain et à l'exploration des troubles de la RCTv chez des personnes présentant des atteintes linguistiques. Chacun de ces enjeux sera discuté à la lumière des connaissances actuelles dans le domaine et des prédictions spécifiques seront énoncées selon les modèles théoriques courants. À l'issue de cette introduction, les objectifs généraux et les hypothèses pour chacune des études de cette thèse seront résumés.

1. Contribution des connaissances sémantiques sur le rappel sériel immédiat

La RCTv est classiquement mesurée à partir d'un rappel sériel immédiat (RSI) de listes d'items. Cette épreuve consiste à rappeler dans l'ordre une courte séquence d'items verbaux (p. ex. chiffres ou mots) précédemment entendue. En modifiant le nombre d'items dans la séquence, on peut estimer les capacités de RCTv de l'individu, que l'on nomme empan mnésique. Chez un adulte, l'empan mnésique est estimé à 7 chiffres (+/- 2) (G. A.

Miller, 1956). Cependant, l'empan mnésique varie incontestablement selon les caractéristiques linguistiques des items présentés. Plusieurs travaux ont montré que les caractéristiques phonologiques des items ont un impact majeur sur la performance en RCTv. Les listes de mots dissemblables phonologiquement (p. ex. table, jupe, coude, dinde, plaine, cidre) sont mieux rappelées que les listes de mots semblables phonologiquement (p. ex. pain, main, chien, lin, sien, thym) lors d'un RSI classique (p. ex. Conrad & Hull, 1964).

Bien que les caractéristiques phonologiques soient primordiales dans le RSI des individus sains, plusieurs études mettent en évidence que les connaissances sémantiques peuvent également influencer les performances au RSI. Poirier et Saint-Aubin (1995) puis Saint-Aubin et Poirier (1999) ont comparé le RSI de listes de mots issus d'une même catégorie sémantique (p. ex. piano, violon, guitare, hautbois, tambour, clairon) à une liste de mots issus de catégories sémantiques différentes (p. ex. raisin, cheval, avion, morue, tennis, navet) chez des individus sains. Les résultats indiquent que les listes de mots issus d'une même catégorie sont mieux rappelées que les listes de mots issus de catégories sémantiques différentes. Selon les auteurs, les listes de mots similaires sémantiquement permettent l'usage d'un critère de recherche (p. ex. instrument de musique), ce qui diminue le nombre de candidats en mémoire à long terme. En parallèle, Caza et Belleville (1999) ont manipulé notamment le degré de connaissances sémantiques des mots en utilisant des listes contenant des mots abstraits et des mots grammaticaux, lesquelles possèderaient moins d'attributs sémantiques. Les participants obtiennent de meilleures performances au RSI lorsque les listes sont composées de mots abstraits comparativement à celles contenant

des mots grammaticaux. D'autres travaux rapportent l'influence de la concrétude (ou de l'imageabilité) sur les capacités au RSI (Allen & Hulme, 2006; Romani, McAlpine, & Martin, 2008; Walker & Hulme, 1999). Les données de ces études indiquent de façon constante que les listes de mots concrets (ou imageables) sont mieux rappelées que les listes de mots abstraits (ou peu imageables). Cet avantage est habituellement attribué à une plus grande richesse des attributs sémantiques (Jones, 1985; Plaut & Shallice, 1991) ou un support visuel supplémentaire pour les mots concrets (Paivio, 1986). Récemment, la nature distincte des liens sémantiques entre les mots concrets et abstraits a aussi été discutée. Selon Crutch & Warrington (2005, 2010), les mots abstraits seraient surtout organisés selon des liens associatifs diffus alors que les mots concrets seraient régis par une organisation catégorielle peu distribuée. Récemment, Monnier et Syssau (2008) montrent également l'impact de la valence émotionnelle des mots, un autre type d'informations sémantiques. Leurs travaux suggèrent que les listes de mots pourvus de connotations positives pour l'individu sont mieux rappelées que les mots neutres au RSI.

Dans l'ensemble, l'observation des effets de catégorie, de concrétude et de valence émotionnelle sur le RSI témoigne de la contribution du traitement sémantique sur le RSI chez les adultes sains. Les mécanismes sous-jacents de ces effets restent toutefois controversés au plan théorique.

2. Principes généraux des modèles explicatifs

2.1. Approche classique de la RCTv

Dans le milieu du XXe siècle, plusieurs études en neuropsychologie ont mis en évidence chez certains patients présentant des lésions cérébrales un déficit sévère spécifique aux épreuves de rappel d'histoires ou d'apprentissage de longues listes de mots, en l'absence d'une atteinte aux épreuves d'empan mnésique de chiffres (p. ex. cas HM, Scoville & Milner, 1957). À l'inverse, d'autres études ont démontré la présence d'un déficit spécifique aux épreuves d'empan mnésique chez certains patients cérébrolésés (p.ex. cas KF, Shallice & Warrington, 1970). Cette double dissociation a été interprétée par plusieurs chercheurs sous forme d'une séparation entre deux systèmes cognitifs : un système spécifique dédié au maintien temporaire de l'information verbale (mémoire à court terme) et un système de maintien à long terme d'informations (mémoire à long terme). Selon cette approche dichotomique, la mémoire à court terme est un système unique qui possède des propriétés particulières. Toutefois, ce système peut interagir avec d'autres systèmes cognitifs, tels que la mémoire à long terme et les systèmes de traitement du langage. Plusieurs modèles ont été développés à partir de cette approche. Parmi eux, le modèle de mémoire de travail (Baddeley, 1986, 2000, 2007), qui représente à ce jour le modèle le plus influent.

2.1.1. Modèle de mémoire de travail

Initialement développé par Baddeley & Hitch (1974) puis Baddeley (1986), le modèle de mémoire de travail a récemment été révisé (Baddeley, 2000, 2007) afin de rendre compte notamment de l'influence des connaissances sémantiques sur les performances en mémoire à court terme.

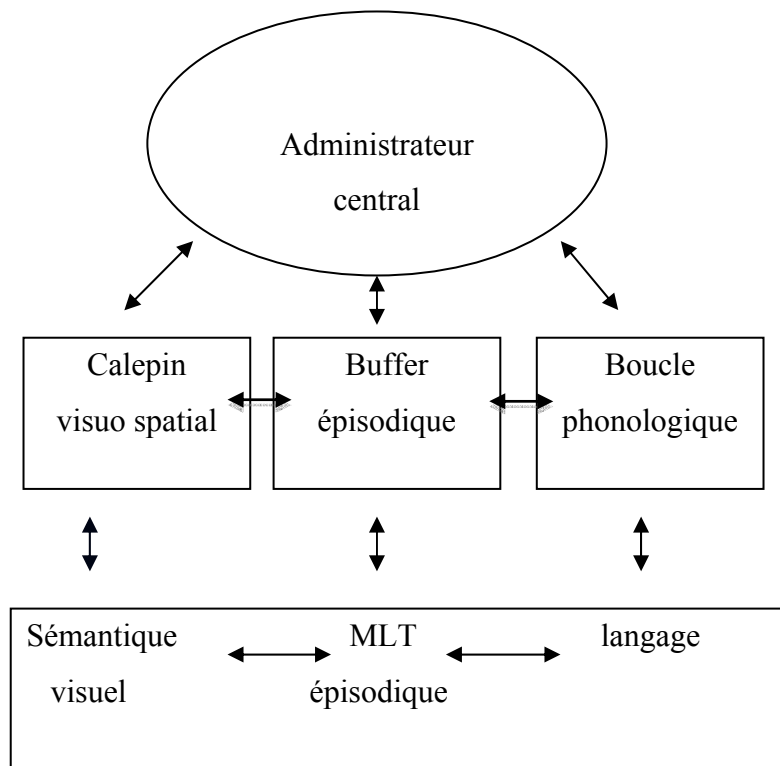


Figure 1. *Modèle de mémoire de travail (Baddeley, 2007)*

Dans sa version la plus récente, la mémoire de travail se compose de trois systèmes impliqués dans le stockage temporaire des informations : un calepin visuo-spatial qui maintient temporairement des informations spécifiquement visuo-spatiales (p. ex. retenir un

nouveau chemin à partir d'une carte), une boucle phonologique qui est dédiée à la rétention à court terme des informations verbales (p. ex. retenir un numéro de téléphone) et un buffer épisodique qui stocke temporairement les informations de nature multimodale (p. ex. retenir un chemin en utilisant le parcours sur la carte et le nom des villes à traverser). Ces trois systèmes seraient sous le contrôle d'un administrateur central impliqué dans le contrôle attentionnel, fractionné en plusieurs processus exécutifs (Baddeley, 2002).

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéresserons plus particulièrement au fonctionnement des deux systèmes de stockage qui impliquent le traitement d'informations verbales et qui sont reliés aux systèmes en mémoire à long terme, à savoir la boucle phonologique et le buffer épisodique. Selon Baddeley, la boucle phonologique se subdivise en deux sous composants : un stock phonologique et un processus de récapitulation phonologique articulaire. Le stock phonologique, qui repose sur un codage uniquement phonologique des informations verbales, conserve à court terme la trace phonologique des items présentés. Cette trace, qui se dégrade rapidement avec le temps, est soutenue par un processus de récapitulation articulaire qui rafraîchit l'information verbale et qui permet le transfert de l'information verbale présentée visuellement vers le stock phonologique. Cette boucle phonologique interagirait directement avec le système de traitement du langage, et spécifiquement les représentations phonologiques à long terme. Baddeley (2003) postule que la trace phonologique dégradée et maintenue au sein de la boucle phonologique sera complétée par les représentations phonologiques à long terme au moment de la production verbale des mots via le processus de récapitulation articulaire plutôt que le stockage

phonologique. Cette relation entre la boucle phonologique et le système de traitement du mot permettrait, par exemple, de rendre compte de l'avantage des mots familiers par rapport aux mots rares en RSI. Toutefois, le mécanisme sous-jacent n'est pas expliqué. Par ailleurs, selon Baddeley (2000, 2007), les influences des connaissances sémantiques de mots sur la MCT seraient spécifiquement prises en charge par le buffer épisodique. Ce système de maintien temporaire de nature multimodale servirait de relais entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme par l'intermédiaire de l'administrateur central. Cette influence serait consciente et liée à l'utilisation de *stratégies d'encodage sémantique* via l'administrateur central (Campoy & Baddeley, 2008).

2.1.2. Hypothèse de la réintégration

Schweickert (1993) propose, initialement, d'ajouter au modèle initial de Baddeley (1986) un processus de réintégration permettant de rendre compte de l'influence directe des connaissances stockées en mémoire à long terme, et particulièrement le système linguistique, sur les capacités en RCTv. Selon l'hypothèse de la réintégration, qui a été développée par la suite par d'autres chercheurs (Hulme, Maughan, & Brown, 1991; Hulme et al., 1997), la trace phonologique des items présentés sera maintenue temporairement dans un stock spécifique, qui se dégrade avec le temps. Cette trace peut être réactivée à partir d'un processus de récapitulation qui permet de rafraîchir la trace, limitant sa dégradation. Lors du rappel, un *processus de réintégration* (ou reconstruction) de la trace phonologique va permettre une consultation des représentations phonologiques des items en

mémoire à long terme afin de compléter la trace phonologique dégradée. Dans le cas où la trace temporaire n'est pas dégradée, elle sera récupérée directement du stock phonologique. En revanche, si la trace est partiellement dégradée, les items partiellement dégradés seront comparés aux représentations linguistiques à long terme permettant de compléter la trace. A la différence du modèle de Baddeley, Walker et Hulme (1999) suggèrent aussi la présence d'une trace sémantique temporaire, qui sera comparée avec la trace sémantique stockée à long terme, permettant d'expliquer les effets de concrétude. En effet, lors d'un RSI, la trace sémantique dégradée des mots concrets bénéficierait, lors du processus de réintégration, d'un plus grand support sémantique en mémoire à long terme que celle des mots abstraits, favorisant la récupération des listes de mots concrets. Selon ce modèle, les effets sémantiques sont attendus uniquement lors de la production verbale et ceci dépendamment du degré de dégradation de la trace.

2.2. Modèle des traits distinctifs de Nairne

Une autre conceptualisation de la RCTv peut également offrir un éclairage sur certains phénomènes observés chez l'adulte sain. Le modèle des traits distinctifs (Nairne, 1990, 2002) est basé sur une conceptualisation plus unitaire de la mémoire. Appuyé par une méthode computationnelle, le modèle des traits distinctifs repose sur l'idée que la RCTv et la mémoire à long terme partagent des mécanismes communs. Le souvenir à court terme est représenté comme une constellation d'indices (ou traits) qui vont aider l'individu à reconstruire le moment passé. Il distingue des indices dépendants (p. ex. modalité de

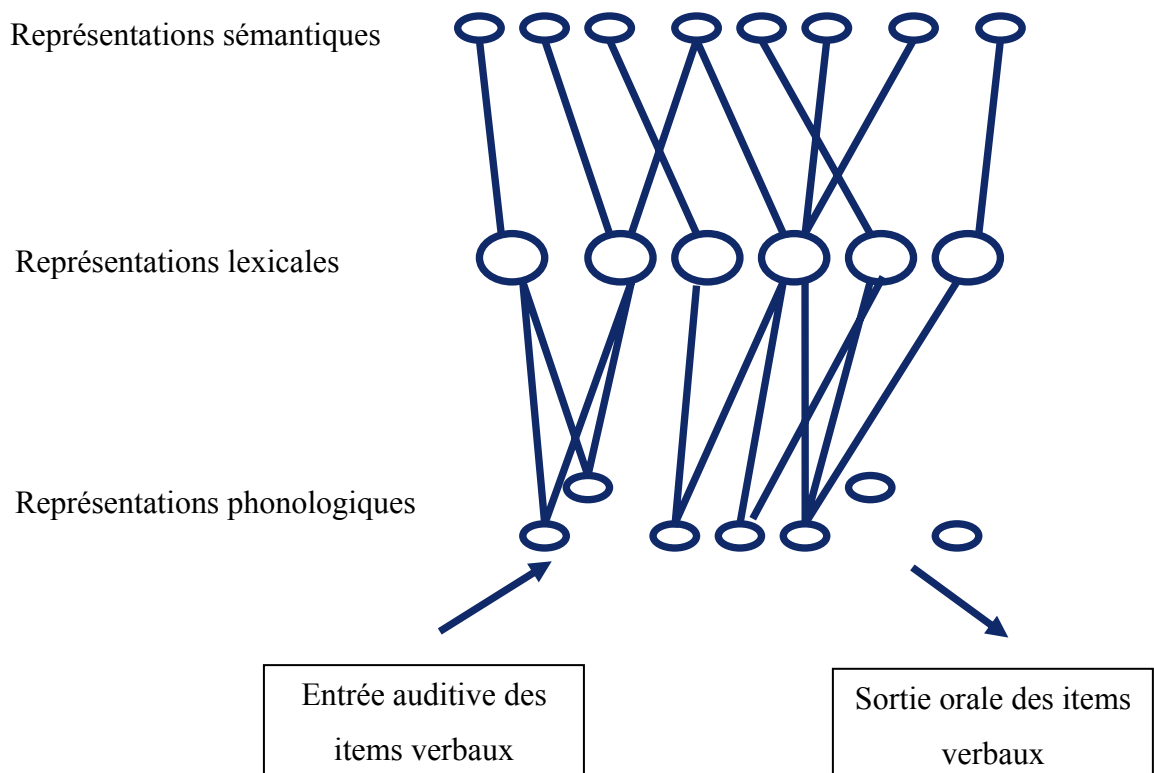
présentation : auditif vs visuel) et indépendants (p. ex. caractéristiques linguistiques du mot) du contexte d'encodage. Ces indices disparaissent via un *processus d'interférence* plutôt qu'une dégradation liée au décours temporel. Les candidats stockés en mémoire à long terme vont être sélectionnés selon un *principe de similarité*. L'augmentation de la similarité entre les indices tend à réduire la probabilité de rappel. Il prédit notamment une contribution des représentations sémantiques sur la performance en RCTv. À titre d'exemple, les traces des mots concrets auraient moins de traits sémantiques communs que les mots abstraits, ce qui expliquerait qu'ils sont mieux rappelés.

2.3. Approche psycholinguistique de la RCTv

Plusieurs chercheurs ont proposé une approche procéduraliste de la RCTv, soit qui suggère que la rétention mnésique repose sur l'activation des différents systèmes de traitement de l'information impliqués durant la tâche. Parmi eux, N. Martin et Saffran (1997) assument que le déficit en RCTv reflète une perturbation au sein du système lexical plutôt qu'une atteinte d'un stock spécifique dédié au maintien temporaire de l'information verbale, tel que le conçoit le modèle de la mémoire de travail et la réintégration. Selon l'approche psycholinguistique, et particulièrement selon le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), le maintien temporaire repose sur l'activation du système impliqué dans le traitement du mot (voir figure 2). Les auteurs se sont inspirés du modèle de production du mot de Dell et O'Seaghdha's (1992) puis de Dell, Schwartz, Martin, Saffran et Gagnon (1997) ainsi que de l'étude de Foygel et Dell (2000)

pour rendre compte des performances en RCTv chez des patients aphasiques. Selon eux, la production et la compréhension d'un mot impliquent un traitement qui engage trois types de représentations (phonologique, lexicale et sémantique) qui sont reliées par des connexions bidirectionnelles (phono-lexicale et lexico-sémantique). Les représentations du mot sont activées séquentiellement en fonction du premier niveau activé (phonologique ou sémantique).

Figure 2. *Modèle d'activation interactive* (N.Martin & Saffran, 1997)



Lorsque le mot est présenté en modalité auditive, l'activation s'étend d'abord aux représentations phonologiques, puis lexicales et enfin sémantiques (voie ascendante). À l'inverse, si le mot est présenté sous forme d'images, les représentations sémantiques seront activées en premier, suivies des représentations lexicales puis phonologiques (voie descendante). Étant donné que l'activation de chacune de ces représentations apparaît à différents moments, la force de ces représentations phonologiques, lexicales et sémantiques varierait selon le *décours temporel*. Les premières représentations activées bénéficient notamment d'une plus grande force d'activation et ainsi, auraient un plus grand impact dans la performance en RCTv lorsque le réseau est intact.

Ce modèle précise que malgré l'activation séquentielle, le système est pourvu de connexions bidirectionnelles qui permettent des activations rétroactives excitatrices qui agissent sur les niveaux précédemment activés. Ces cycles *d'activation proactive et rétroactive* perdurent jusqu'à la compréhension ou la production des mots. Le point essentiel de ce modèle pour la compréhension des déficits en RCTv repose sur l'idée que cette persistance dans le temps de l'activation au sein du réseau verbal représente une forme de mémoire à court terme. Cette approche offre un nouveau regard sur la compréhension des troubles de la mémoire à court terme et du langage, en postulant une relation étroite entre les deux.

3. Enjeux théoriques actuels

Bien que plusieurs modèles puissent rendre compte des effets sémantiques en RSI chez l'adulte sain, les mécanismes sous-jacents à ces effets restent controversés.

Un des principaux enjeux actuels concerne le moment où les connaissances sémantiques des mots agissent sur la mémorisation temporaire. L'approche psycholinguistique postule une relation intrinsèque entre le système linguistique et celui impliqué dans la RCTv. Ainsi, les influences sémantiques observées durant la mémorisation temporaire devraient refléter l'organisation du système sémantique, et ceci, dès l'encodage de l'information verbale. Ceci va à l'encontre de l'approche classique, et particulièrement l'hypothèse de la réintégration, qui assume une influence sémantique tardive, au moment de la production verbale. Contrairement aux travaux antérieurs évaluant les effets sémantiques sur le RSI, l'investigation des effets sémantiques sur les épreuves de reconnaissance immédiate, lesquelles n'impliquent pas de production verbale, offre l'opportunité de tester cette question.

Un autre enjeu théorique porte sur la nature des troubles en RCTv chez les patients présentant conjointement des atteintes linguistiques. Alors que l'approche classique suggère que les difficultés à maintenir temporairement des informations verbales peuvent être indépendantes des déficits linguistiques des patients, l'approche psycholinguistique estime que les atteintes en langage et en RCTv sont indissociables car elles renvoient aux mêmes processus. Ce modèle suggère ainsi que les caractéristiques linguistiques des items, la

nature du paradigme et la nature de l'atteinte linguistique, affectent la rétention temporaire verbale (N. Martin & Ayala, 2004; N. Martin & Gupta, 2004). Cette perspective permet des prédictions précises sur l'implication des compétences linguistiques, notamment sémantiques, sur les performances en RCTv.

Ces deux enjeux constituent le cœur de la présente thèse. Dans les prochaines sections, chacun de ces enjeux sera discuté à la lumière des connaissances actuelles dans le domaine avant d'aborder les prédictions spécifiques des différentes approches théoriques.

4. Investigation des effets sémantiques en reconnaissance immédiate

Bien que la contribution des connaissances sémantiques chez l'adulte sain soit actuellement admise dans la communauté scientifique, le moment au cours duquel elles interviennent durant le processus de mémorisation temporaire reste controversé. Comme nous venons de voir, selon certains auteurs, les influences sémantiques interviennent seulement lorsque la prononciation des items verbaux de la liste est nécessaire (Baddeley, 2003; Walker & Hulme, 1999), alors que d'autres mettent plutôt en avant une influence précoce qui perdure durant tout le processus de mémorisation (N. Martin & Saffran, 1997; Nairne, 1990, 2002). Les paradigmes de reconnaissance de cibles (« probe memory ») et de reconnaissance sérielle immédiate (« immediate serial recognition » or « matching span »)

sont particulièrement pertinents pour étudier cette question. En effet, contrairement au rappel sériel immédiat, ces épreuves de reconnaissance ne nécessitent pas la production des mots précédemment encodés. L'observation d'effets sémantiques en reconnaissance immédiate indiquerait donc une influence précoce des propriétés sémantiques des mots sur la RCTv.

4.1. Contribution des connaissances sémantiques des mots sur la reconnaissance immédiate

La *reconnaissance de cibles* ou « probe memory » est un paradigme introduit par Sternberg (Sternberg, 1966; 1969). Lors de cette épreuve, le participant entend d'abord une courte séquence d'items verbaux, qu'il doit retenir. Immédiatement après, on lui présente un item verbal isolé, et le participant doit déterminer si celui-ci faisait ou non partie de la séquence présentée. Ces épreuves sont particulièrement utilisées pour évaluer les capacités en RCTv chez les adultes aphasiques qui présentent un trouble d'expression orale (p. ex. aphasie de Broca). Quelques études ont exploré la relation entre le système sémantique et la reconnaissance de cibles. Bartha, R.C. Martin et Jensen (1998) ont investigué l'effet de cibles reliées sémantiquement à un des mots de la séquence à retenir. Ils ont étudié deux niveaux de liens sémantiques: un lien catégoriel (p. ex. pain-gâteau) et un lien thématique ou associatif (p. ex. pain-beurre). Ils ont observé un effet catégoriel et associatif sur la performance en reconnaissance de cibles. Les cibles associées à un mot de la liste ou faisant partie de la même catégorie étaient plus faussement reconnues que les cibles non reliées, et

ce, tant en modalité auditive que visuelle. Les résultats de cette étude sont confortés par d'autres études qui ont adapté le paradigme de Deese (1959) et Roediger et Mc Dermott (1995), appelé « DRM », du nom de ces auteurs. Le paradigme est largement utilisé pour explorer les faux souvenirs en mémoire à long terme. Il repose sur la création de listes de mots associés à un mot cible, appelé « leurre », non présent dans la liste de mots (p.ex. «soleil, clarté, jour, lampe etc...»); leurre : «lumière»). Le participant doit rappeler ou reconnaître les mots de la liste présentée. Les études en mémoire à long terme mettent en évidence que les participants rappellent ou reconnaissent plus faussement les leurres comparativement à d'autres distracteurs. De récentes études ont exploré ce paradigme en RCTv en utilisant l'épreuve de reconnaissance de cibles (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane, McBride, Raulerson, & Jordan, 2007; Flegal, Atkins, & Reuter-Lorenz, 2010). Les résultats de ces études font ressortir un effet de fausse reconnaissance en RCTv qui suggère que les liens associatifs entre les mots stockés en mémoire à long terme influencent le maintien temporaire de l'information verbale. Toutefois, ce paradigme n'exige pas que le participant mémorise l'ordre de présentation des items. Or, en considérant que les modèles de RCTv se sont construits à partir d'épreuves qui tiennent compte de l'item et l'ordre, l'inclusion de cette composante dans l'étude de la relation entre le système sémantique et la RCTv serait utile. L'épreuve de reconnaissance sérielle immédiate offre cette alternative, et est de plus en plus utilisée en psychologie cognitive.

Lors d'une épreuve de *reconnaissance sérielle immédiate* ou « matching span », le participant entend une courte liste de mots qu'il doit retenir dans l'ordre. Quelques

secondes après, il entend une autre liste de mots de même longueur. La tâche consiste à décider si les deux listes sont identiques. Un nombre minime d'études ont investigué l'influence des représentations sémantiques sur les performances avec ce paradigme et les résultats restent controversés. Walker et Hulme (1999) ne trouvent pas d'effet de concrétude en reconnaissance sérielle immédiate, et suggèrent une absence de contribution des représentations sémantiques lorsque la tâche ne nécessite pas la prononciation du mot. Romani, Mc Alpine et R.C. Martin (2008) montrent que lorsqu'un « pool ouvert » d'items est utilisé, c'est-à-dire que l'ensemble des mots de l'expérience ne sont présentés qu'une seule fois d'un essai à l'autre, les performances sont meilleures pour les mots concrets que pour les mots abstraits en reconnaissance sérielle immédiate. D'autres études appuient l'idée selon laquelle l'utilisation d'un « pool ouvert » favorise l'influence des représentations à long terme (Roodenrys & Quinlan, 2000). Ainsi, ces premières études suggèrent que les représentations sémantiques supportent la RCTv dès l'encodage et la rétention des informations. Cependant, aucune étude n'a investigué spécifiquement l'influence des liens associatifs en reconnaissance sérielle immédiate.

Par ailleurs, il peut être argumenté par les détenteurs de l'approche classique de la RCTv que le processus de réintégration peut intervenir durant la récapitulation articulatoire des mots. L'étude de l'impact de la suppression articulatoire devient judicieuse dans ce contexte pour clarifier les mécanismes en jeu durant la mémorisation temporaire verbale.

4.2. Impact de la suppression articulatoire sur les effets sémantiques en reconnaissance immédiate

Plusieurs études mettent en avant la contribution particulière de la suppression articulatoire sur le rendement en RCTv. Cette condition consiste à demander au participant de répéter sans interruption des chiffres ou des mots dès la présentation et jusqu'au rappel de la séquence. Initialement explorée par Baddeley, Thomson and Buchanan (1975), la suppression articulatoire limite la répétition de la séquence de mots tout au long de la tâche de mémoire. Saint-Aubin et Poirier (1999) puis Romani et al. (2008) montrent des effets sémantiques accrus en condition de suppression articulatoire lors d'un RSI. Les listes de mots concrets ou issus d'une même catégorie sémantique (p. ex. animaux) sont mieux rappelées que celles composées de mots abstraits ou issues de différentes catégories, et ce, d'autant plus si les participants ne peuvent pas répéter les listes durant la présentation. Caza et Belleville (1999) obtiennent des effets similaires en manipulant la catégorie grammaticale des mots.

En revanche, les données sont plus divergentes pour ce qui a trait à l'influence de la suppression sur les effets sémantiques en reconnaissance immédiate. Romani et al. (2008) montrent que les mots abstraits sont mieux reconnus que les mots concrets en reconnaissance sérielle immédiate, reflet d'un effet sémantique inversé en suppression articulatoire. Par ailleurs, les résultats de l'étude d'Atkins & Reuter-Lorenz (2008) indiquent que les effets d'associés ne sont pas influencés, en reconnaissance de cibles, par

la présence d'une tâche distractive, une condition qui réduit la possibilité de récapitulation articulatoire. Notons toutefois que, dans cette étude, les participants pouvaient répéter la liste de mots durant l'encodage et la reconnaissance, ce qui limite l'impact de la suppression articulatoire.

En résumé, quelques travaux mettent notamment en lumière des effets d'associés en reconnaissance de cibles suggérant une contribution sémantique précoce, soit dès l'encodage et le maintien temporaire des informations verbales. Toutefois, les données de la littérature manquent incontestablement de support en reconnaissance sérielle immédiate. De plus, l'impact de la suppression sur les effets sémantiques en reconnaissance immédiate n'est pas clairement établi. Or, de telles données pourraient contribuer à préciser les mécanismes sous-jacents à la mémorisation temporaire verbale. De plus, l'investigation particulière des liens associatifs en reconnaissance immédiate permet de tester le principe d'activation diffuse au sein du réseau sémantique, tel qu'assumé par l'approche psycholinguistique.

4.3. Prédiction sur les effets d'associés en reconnaissance sérielle immédiate

L'approche psycholinguistique prédit clairement des effets d'associés en reconnaissance sérielle immédiate, et ce, particulièrement en situation de suppression

articulatoire. Premièrement, le principe d'activation diffuse sur lequel repose cette approche implique que l'activation des représentations sémantiques des items cibles se répand aussi vers les représentations sémantiques voisines via les connexions lexico-sémantiques. De ce fait, cette approche suggère que les propriétés sémantiques des items influencent la probabilité de rappel des items présentés, mais également des associés. Plus généralement, l'impact des représentations sémantiques sur la rétention à court terme reflète ici l'organisation du système sémantique avec notamment un rôle des associations sémantiques sur les performances en RCTv. Deuxièmement, l'approche précise que le poids des activations phonologiques et sémantiques varie l'une par rapport à l'autre et dépend notamment du paradigme utilisé. Dans ce sens, le poids des activations sémantiques est plus important lorsque les représentations phonologiques sont moins engagées, comme en situation de suppression phono-articulatoire. Les effets sémantiques sont donc attendus comme étant importants dans cette condition. Troisièmement, l'approche stipule que l'activation temporaire au sein du système linguistique apparaîtrait dès l'encodage des items et se maintiendrait jusqu'à la sortie verbale. Ainsi, l'approche psycholinguistique prédit une contribution des liens associatifs dans les épreuves de RCTv qui n'impliquent pas de production verbale, telles que les épreuves de reconnaissance immédiate.

Sur ce dernier point, l'approche psycholinguistique se distingue clairement de l'approche classique de la RCTv qui propose une intervention tardive des effets d'associés, au moment de la production verbale. L'hypothèse de la réintégration peut seulement rendre compte des effets de catégorie au RSI (Poirier & Saint-Aubin, 1995; Saint-Aubin et

Poirier, 1999) et, par extension, d'associés au rappel immédiat (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008). Cette approche défend l'existence de traces temporaires (phonologique et sémantique) qui vont être comparées aux connaissances stockées à long terme. Lors de présentation de listes de mots comportant un lien sémantique (catégorie ou association), la trace sémantique temporaire (contenant le lien sémantique) va être comparée aux connaissances sémantiques à long terme, réduisant le nombre de candidats possibles. Ceci a pour effet de faciliter le rappel de listes de mots issus de catégories similaires par rapport aux dissimilaires (Saint-Aubin & Poirier, 1999), mais favoriser les erreurs sémantiquement proches, telles qu'un leurre.

Or, en considérant que la consultation en mémoire à long terme intervient seulement au moment de la production verbale, cette approche ne prédit pas d'effets d'associés lors d'épreuves de reconnaissance de cibles ou de reconnaissance sérielle immédiate, et ce, d'autant plus en condition de suppression articulatoire, une condition qui empêche la répétition des mots durant la présentation.

Mentionnons, par ailleurs, que des prédictions similaires à l'approche psycholinguistique sont attendues par le modèle de Nairne (1990, 2002); lors d'une épreuve de RCTv composée de listes associées à un leurre, plus les mots de la liste à retenir partagent des traits sémantiques communs au leurre, plus ce mot aura tendance à être faussement rappelé et reconnu. Ainsi, tant en rappel qu'en reconnaissance, des effets d'associés sont attendus. La suppression articulatoire devrait réduire la distinction entre les

traits des mots et, de cette manière, augmenter la probabilité de faussement reconnaître le leurre.

5. Investigation des troubles de la RCTv chez des personnes présentant des atteintes linguistiques

Un autre enjeu théorique actuel concerne le rôle des atteintes linguistiques sur la mémorisation temporaire des informations verbales. Contrairement à l'approche traditionnelle de la RCTv, l'approche psycholinguistique stipule que le traitement des mots, notamment sémantique, et le maintien temporaire verbal font appel à des processus communs. Une correspondance entre les performances en langage et RCTv est donc attendue. Cette approche a été appuyée par de nombreuses études dans la population aphasique.

5.1. Études chez les individus aphasiques

Les études en neuropsychologie, qui reposent sur l'investigation de patients présentant des atteintes cognitives spécifiques suite à une perturbation du fonctionnement cérébral, fournissent un support particulièrement frappant de l'importance des connaissances sémantiques lexicales en RCTv. En outre, en raison de la variété des déficits sur le plan du traitement sémantique (trouble d'accès, perte des connaissances), ces études

offrent aussi l'opportunité de préciser la nature des relations entre le système de traitement sémantique et la RCTv et de tester la validité de l'approche psycholinguistique.

Plusieurs études se sont penchées sur l'investigation des habiletés en RCTv chez les individus aphasiques. Le premier constat a été que la plupart des aphasiques présentent de faibles habiletés en RCTv, renforçant l'hypothèse selon laquelle les mécanismes langagiers sont étroitement reliés à ceux qui sous-tendent la RCTv. Plusieurs chercheurs (N. Martin & Saffran, 1990, 1997; R.C. Martin, Shelton, & Yaffee, 1994; Saffran & Martin, 1990) ont alors comparé les déficits du système lexical et de la RCTv chez des patients aphasiques; des patrons de performance distinctifs sont identifiés en fonction de la nature de l'atteinte linguistique sur les effets de fréquence d'occurrence des mots, d'imageabilité en RSI. Les patients qui présentent une atteinte du traitement sémantique ont des effets d'imageabilité et de fréquence réduits. Des résultats similaires sont observés lors d'une dégradation des représentations sémantiques. Caza, Belleville et Gilbert (2002) montrent chez une patiente présentant une perte sémantique pour un sous-ensemble de mots due à une encéphalite herpétique, un avantage pour le rappel de mots dont les représentations sémantiques sont préservées par rapport aux mots dont les représentations sémantiques sont dégradées, mais dont le statut lexical est maintenu.

À l'inverse, des effets sémantiques importants sont notés chez des patients présentant des atteintes au plan du traitement phonologique (Belleville, Caza, & Peretz,

2003; N. Martin & Saffran, 1997; R. C. Martin, Lesch, & Bartha, 1999). Chez ces patients, les connaissances sémantiques semblent soutenir la performance en RCTv.

Au-delà de la nature des items, l'impact de la modalité de rappel sur le RSI semble aussi être modulé par les compétences linguistiques. Selon l'étude de N. Martin et Ayala (2004) portant sur 46 patients aphasiques, la contribution des représentations phonologiques et sémantiques varie en fonction de la nature de la modalité de rappel (oral ou pointage d'images). Alors que le rappel oral est corrélé positivement avec les habiletés phonologiques des individus aphasiques, le pointage d'images est également corrélé positivement avec leurs habiletés sémantiques. En outre, Chassé et Belleville (2009) montrent que la modalité de rappel influence différemment les effets linguistiques (phonologique et sémantique) chez une patiente avec atteinte phonologique alors qu'elle n'a pas d'incidence chez les participants contrôles. Des supports complémentaires dans d'autres populations cliniques seraient particulièrement pertinents pour étendre la validité de ces données. À cet effet, les patients qui présentent une DTA constituent sans nul doute une des populations les plus pertinentes pour tester l'approche psycholinguistique, et ce, compte tenu notamment de leurs difficultés linguistiques.

5.2. Études chez les individus atteints de DTA

La maladie d'Alzheimer est une pathologie neurodégénérative qui affecte progressivement le fonctionnement cognitif et comportemental, allant d'une réduction de l'autonomie de l'individu jusqu'à un état grabataire après quelques années d'évolution.

L'origine de cette pathologie est à ce jour méconnue. En dépit de l'absence de marqueurs biologiques permettant un diagnostic sûr chez un individu in-vivo, le diagnostic repose sur un consensus clinique basé sur les critères d'inclusion et d'exclusion du NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984). Ce diagnostic peut être confirmé post-mortem par une analyse histopathologique du cerveau qui va permettre de déceler deux lésions spécifiques à cette maladie, à savoir une dégénérescence neurofibrillaire et un dépôt important de plaques séniles composées de beta-amyloïdes. Alors que les plaques séniles apparaissent de façon diffuse dans le cortex, plusieurs études histologiques démontrent que la dégénérescence neurofibrillaire évolue de manière stéréotypée, en apparaissant d'abord dans le cortex entorhinal, évoluant ensuite dans la formation hippocampique avant d'affecter le néocortex temporal, les aires associatives multimodales et, enfin, les aires néocorticales (Braak & Braak, 1991, 1996; Delacourte et al., 1999). Cette évolution neuropathologique de la maladie génère des manifestations cliniques particulières. Le phénotype clinique de la maladie d'Alzheimer se caractérise par l'installation progressive d'un syndrome démentiel avec des troubles de la mémoire épisodique inauguraux et prédominants associés à des perturbations du fonctionnement exécutif et des troubles des fonctions instrumentales, tel que le langage.

Plusieurs études ont aussi démontré la co-existence précoce d'une diminution des capacités langagières et de la RCTv dans la DTA. Les perturbations dans plusieurs épreuves langagières chez les DTA ont été mises en lien avec une atteinte des connaissances sémantiques. Les troubles sémantiques ont été largement documentés dans la

DTA à partir d'une investigation explicite des connaissances sémantiques. Les études rendent compte de performances déficitaires lors d'épreuves de dénomination d'images (Balthazar, Cendes, & Damasceno, 2008; Huff, Corkin, & Growdon, 1986), de définition (Astell & Harley, 2002) et de fluence verbale catégorielle (Henry, Crawford, & Phillips, 2004; Rosser, Hodges, & 1994). Ces troubles sémantiques peuvent apparaître précocement durant cette maladie, même à des stades prédéméntiels (Adlam, Bozeat, Arnold, Watson, & Hodges, 2006; Duong, Whitehead, Hanratty, & Chertkow, 2006; Joubert et al., 2008).

L'origine de ce trouble sémantique reste à ce jour encore controversée. Plusieurs auteurs prônent l'hypothèse d'une atteinte du stock sémantique alors que d'autres suggèrent une atteinte d'accès aux représentations. Le premier point de vue est notamment soutenu par Chertkow et Bub (1990) qui montrent une consistance des atteintes à travers les épreuves sémantiques chez un petit groupe d'individus présentant une DTA, suggérant une perte sémantique des items plutôt qu'une difficulté d'accès aux connaissances. Cette hypothèse est appuyée aussi par les études investiguant implicitement le système sémantique via l'amorçage sémantique, une méthodologie qui permet notamment de réduire l'intervention des processus attentionnels/exécutifs et ainsi d'isoler davantage les effets sémantiques. Giffard et al. (2001) montrent un effet d'hyperamorçage des cibles coordonnées (p. ex. tigre-lion) témoignant d'une dégradation des propriétés spécifiques des items chez les participants avec DTA, ce qui réduit leur possibilité de distinguer ces cibles.

D'autres auteurs mettent l'emphase sur une atteinte d'accès aux représentations, particulièrement au niveau post-sémantique. En effet, lors d'une dénomination d'images, il a été communément observé que les personnes atteintes de DTA présentent un manque du mot et une augmentation des circonlocutions, suggérant une difficulté à accéder à la forme phonologique du mot (Neils, Brennan, Cole, Boller, & Gerdeman, 1988; Nicholas, Obler, Au, & Alber, 1996). Astell et Harley (1998) trouvent que les individus avec DTA réussissent mieux sur des épreuves de désignation d'images que de dénomination d'images, suggérant que les connaissances sémantiques des items sont suffisamment préservées à des stades débutants, mais que le problème repose principalement sur des difficultés à accéder au mot à partir de leurs connaissances sémantiques, possiblement reliées à une déconnexion entre les niveaux sémantiques et lexicaux au sein du système de traitement du mot. En appui à cette hypothèse, Balthazar et al. (2008) montrent que la performance en dénomination d'images est normalisée chez les individus atteints de DTA lorsqu'ils peuvent bénéficier d'un indice phonologique.

Plusieurs auteurs mettent finalement en avant que les atteintes linguistiques et sémantiques évolueraient progressivement, affectant initialement l'accès lexical avant de perturber de façon plus marquée la mémoire sémantique (Kempler, 1991; Joanette, Kahlaoui, Champagne-Lavau, Ska, 2004).

Bien que surtout basée sur les études sur l'aphasie, l'étude des différentes atteintes linguistiques présentes dans la DTA est susceptible de contribuer à une meilleure

compréhension du déclin en RCTv. Quelques études ont investigué cette question à partir d'une manipulation des caractéristiques linguistiques des items à retenir en RCTv. Les caractéristiques phono-articulatoires sont les plus étudiées dans cette population. Miller (1972) ainsi que Belleville et al. (1996) montrent une diminution de l'effet de similarité phonologique au RSI dans la DTA. Hulme, Lee et Brown (1993) observent par ailleurs une réduction de la vitesse articulatoire chez cette population. Ceci a été remis en question dans plusieurs travaux (Collette, Van Der Linden, Poncelet, & Pasquier, 1998; Morris, 1984, 1987; Peters et al., 2007). La variabilité des résultats obtenus dans ces études pourrait être reliée à l'hétérogénéité du profil clinique au sein de cette pathologie (Baddeley, Della Sala, & Spinnler, 1991; Belleville et al., 1996). Belleville et al. (1996) montrent que seulement la moitié des patients présente une diminution de l'impact des propriétés phonologiques des mots sur le RSI, et concerne surtout ceux qui sont à des stades plus avancés de la maladie. Collette, Van Der Linden, Bechet and Salmon (1999) soulèvent aussi l'importance du degré de sévérité de la maladie sur la contribution de ces propriétés en RCTv. Dans leur étude, seuls les participants les plus atteints manifestent une moindre influence des propriétés phono-articulatoires sur le RSI.

Par ailleurs, et étonnamment, en dépit des études en RCTv rapportées précédemment chez l'individu sain qui rappellent le rôle crucial des propriétés sémantiques des mots sur la performance en RSI, très peu d'études ont investigué leur impact dans la DTA. Parmi elles, Collette et al. (1999) montrent une réduction au RSI de l'avantage des listes de mots comparativement aux listes de pseudo-mots, dépourvus de propriétés

lexicales et sémantiques. Cependant, dans cette étude, l'effet de lexicalité est mesuré à partir de la performance globale¹ des participants. En considérant que les individus atteints de DTA rappellent moins d'items que les contrôles, la réduction de l'effet de lexicalité observée chez eux peut donc être reliée à une performance globale plus faible réduisant les possibilités d'expression de l'influence lexicale. En utilisant une mesure proportionnelle² plutôt que globale, Peters et al. (2007) observent, quant à eux, un effet de lexicalité au RSI comparable entre les participants contrôles et ceux atteints de DTA.

Notons que l'étude des effets lexicaux à partir d'une comparaison de performance entre les mots et les pseudo-mots ne permet pas d'isoler la contribution de la sémantique des mots sur la RCTv. Donc, Peters, Majerus, de Baerdemaeker, Salmon, et Collette (2009) ont comparé l'impact de l'imageabilité des mots sur les performances au RSI chez des participants contrôles et ceux atteints de la DTA. L'avantage de mots fortement imageables comparativement aux mots faiblement imageables est rapporté dans les deux groupes. Cependant, l'effet d'imageabilité est plus important chez le groupe DTA en raison d'une faible performance pour les mots faiblement imageables. Ces résultats sont interprétés en terme d'une diminution des capacités sémantiques dans la DTA. Les performances pour les listes de mots hautement imageables sont comparables aux contrôles possiblement en lien avec la contribution de facteurs sémantiques (richesse des informations sémantiques) et non verbaux (utilisation d'un code visuel) sur la performance

¹ Calcul type de l'effet de lexicalité global: $\text{empan de mots} - \text{empan de pseudomots}$; ² Calcul type de l'effet de lexicalité proportionnel : $(\text{empan de mots} - \text{empan de pseudomots}) / \text{empan de mots}$.

des mots hautement imageables chez les participants contrôles et ceux atteints de DTA. En outre, Caza et Belleville (2008) ont investigué le RSI selon trois types de listes d'items (mots abstraits, grammaticaux et pseudo-mots) afin d'étudier la contribution lexicale et sémantique. Les auteures mettent en évidence un effet lexical accru (mots grammaticaux vs pseudo mots) chez les participants avec DTA, lequel est relié aux difficultés de traitement des représentations phonologiques. De plus, les effets sémantiques sont corrélés négativement avec les habiletés phonologiques des participants atteints de DTA spécifiquement. Ceci a été interprété comme un support des représentations sémantiques pour soutenir la performance en RSI quand les représentations phonologiques des individus avec DTA sont altérées. En dehors de Belleville et Caza (2008), aucune autre étude n'a investigué les liens directs entre les habiletés linguistiques et les performances en RCTv. Par ailleurs, aucune étude n'a testé les effets de modalité de rappel dans cette population, lesquels sont attendus selon l'approche psycholinguistique de la RCTv.

En résumé, il existe donc plusieurs données empiriques en neuropsychologie mettant en exergue la présence d'effets linguistiques en RCTv. Les études sur l'aphasie ont mis en évidence une relation étroite entre le traitement du mot et la RCTv en variant la nature des items des listes et la modalité de réponse au RSI. L'étendue de ces données dans d'autres populations cliniques fournit un support complémentaire à ces découvertes. Bien qu'encore peu investiguée, l'étude de la DTA offre un champ d'investigation fertile en

raison de la co-existence de difficultés lors d'épreuves langagières impliquant un traitement lexico-sémantique, telle que la dénomination d'images, et en RSI. L'investigation des effets de modalité de réponse au RSI offrirait en particulier l'opportunité de tester la validité de l'approche psycholinguistique.

5.3. Prédications sur les effets de modalité de rappel au RSI dans la DTA

L'approche psycholinguistique propose des prédictions explicites sur les effets de modalités en RCTv dans la DTA. Les capacités en RCTv sont modulées par les caractéristiques linguistiques engagées durant l'épreuve, qui elles-mêmes varient selon la modalité de rappel, ainsi que par les compétences linguistiques des individus. Selon les postulats du modèle d'activation interactive, la force et la durée de l'activation dépendent de l'ordre dans lesquelles les représentations linguistiques sont initialement activées. Le premier niveau activé est celui qui reçoit la plus forte activation et donc contribue le plus à la performance en RCTv. Lors d'un RSI en condition de rappel oral, les représentations phonologiques sont activées initialement expliquant la plus grande contribution des représentations phonologiques par rapport aux autres représentations. Dans le cas d'un RSI en condition de pointage d'images, il est postulé que les représentations sémantiques sont activées initialement avant le rappel, permettant une plus grande contribution de ces représentations à la performance en RCTv que lors d'un rappel oral. En d'autres mots, le RSI avec réponse orale engage fortement les compétences phonologiques alors que le RSI

avec réponse en pointage d'images (avec distracteurs) fait particulièrement appel aux compétences sémantiques.

En conséquence, l'effet de la modalité de rappel devrait dépendre de la nature des atteintes linguistiques dans la DTA. Étant donné qu'il n'y a pas de consensus concernant la nature des atteintes linguistiques chez ces patients, plusieurs cas de figure peuvent se présenter. Si les individus atteints de DTA présentent une atteinte du stock sémantique, la performance en RSI devrait être perturbée en condition de pointage d'images, une condition qui engage fortement les représentations sémantiques, comparativement à la condition de rappel oral. En revanche, si l'atteinte concerne davantage l'accès aux représentations phonologiques, la performance en RSI devrait être améliorée en condition de pointage d'images, une condition qui engage moins l'accès aux représentations phonologiques.

Cette approche va à l'encontre de l'approche classique, selon laquelle les déficits en RCTv identifiés chez les personnes atteintes de DTA sont dissociés de leur atteinte linguistique. L'emphase est mise ici sur des atteintes de la boucle phonologique et de l'administrateur central pour expliquer la réduction de l'empan mnésique dans cette population. Les atteintes des connaissances sémantiques ou d'accès lexical chez ces patients ne sont pas nécessairement en lien avec leur capacité de mémorisation à court terme verbale et, ainsi, les performances ne sont pas attendues être modulées par la modalité de rappel et les compétences linguistiques des patients.

6. Résumé des objectifs et hypothèses de recherche

Bien que la contribution des connaissances sémantiques sur la performance en RCTv est actuellement reconnue, les mécanismes sous-jacents restent encore controversés. Ce débat est particulièrement important en raison des répercussions cliniques sur l'évaluation et la prise en charge des troubles en RCTv. L'approche traditionnelle prône l'existence d'un système spécifique dédié au maintien temporaire de l'information verbale, distinct des autres systèmes cognitifs et qui utiliserait à titre consultatif des connaissances stockées en mémoire à long terme, dont les connaissances sémantiques. L'émergence de l'approche psycholinguistique a offert une nouvelle perspective sur notre compréhension du fonctionnement de la RCTv en postulant la présence de mécanismes communs entre le traitement et le maintien d'un ou plusieurs mots. De nombreuses études sur l'aphasie ont appuyé ce modèle. Cette thèse a pour principal objectif d'étendre la validation de cette approche à d'autres populations en investiguant les interactions entre le système de traitement sémantique et les performances aux épreuves de RCTv chez l'adulte sain et dans la DTA.

6.1. Article 1 : « Impact de la suppression articulatoire sur l'effet de fausse reconnaissance immédiate »

Le premier article a pour objectif d'explorer la contribution des liens associatifs sur leur rétention temporaire afin de vérifier la présence d'une contribution des représentations

sémantiques sur la RCTv en l'absence d'un rappel oral tel que le suggère l'approche psycholinguistique. Afin d'explorer les liens associatifs en RCTv, nous avons adapté le paradigme de Deese-Roediger-McDermott (DRM; Deese, 1959; Roediger & Mc Dermott, 1995). Dans les deux expériences de notre étude, nous avons modifié le paradigme original du DRM pour pouvoir explorer les liens associatifs en reconnaissance sérielle immédiate chez les adultes sains. Nous avons également manipulé la condition de suppression articulatoire.

L'approche psycholinguistique prédit un effet de fausse reconnaissance de leurre en reconnaissance sérielle immédiate due à la diffusion de l'activation au niveau sémantique dès l'encodage. L'effet de fausse reconnaissance devrait être plus important en situation de suppression articulatoire en raison d'une diminution du poids des représentations phonologiques. Ces prédictions similaires sont également attendues par le modèle de Nairne (1990, 2002). En opposition, l'hypothèse de la réintégration (Schweickert, 1993 ; Hulme et al. 1991, 1997) ne prédit pas d'effet d'associés en reconnaissance sérielle immédiate, et ce, particulièrement en condition de suppression articulatoire, car le processus de réintégration intervient seulement lors d'épreuves impliquant une production verbale.

6.2. Article 2 : « Impact de la modalité de réponse sur le rappel sériel immédiat dans la démence de type Alzheimer »

Le second article vise à étendre la validité de l'approche psycholinguistique, et particulièrement le modèle d'activation interactive de N. Martin & Saffran (1997), dans d'autres populations cliniques que l'aphasie, telle la DTA. Cette population est particulièrement intéressante dans le cadre de ce projet en raison de la coexistence d'un trouble de la RCTv et du système de traitement linguistique. Basés sur quelques études récentes chez des patients présentant des difficultés touchant le traitement de certaines représentations linguistiques suite à des lésions cérébrales (N. Martin & Ayala, 2004; Chassé & Belleville, 2009), nous avons testé l'effet de la modalité de rappel sur la performance en RSI chez des participants âgés sans atteinte neurologique et ceux atteints de la DTA.

À partir du modèle d'activation interactive (N. Martin & Saffran, 1997), nous avons fait l'hypothèse que les performances obtenues au RSI en condition de rappel oral et pointage d'images devraient dépendre des représentations linguistiques perturbées chez les individus atteints de DTA. Lors d'atteintes sémantiques, la performance en RSI devrait être réduite en condition de pointage d'images par rapport au rappel oral, qui engage moins les représentations sémantiques. En revanche, lors d'atteintes d'accès post sémantique, le RSI devrait être amélioré en condition de pointage d'image, une condition qui n'implique pas de production verbale.

CHAPITRE 2: Article 1

The Role of Articulatory Suppression in Immediate False Recognition

Macé. A.L., Caza. N. (accepté). *Memory*.

Author's Note

This work was supported by a Canadian Institutes of Health Research grant (MOP-68890) and a Fonds de la Recherche en Santé du Québec grant to N. Caza. We thank Jim Nairne for his comments on an earlier version of the manuscript.

Abstract

False memory for critical lures has been widely documented in long-term memory using the Deese/Roediger-McDermott paradigm. Recent evidence suggests that false memory effects can also be found in short-term memory (STM), supporting models that assume a strong relationship between short-term and long memory processes. However, no study has examined the role of articulatory suppression on immediate false memory, even though phono-articulatory factors are critically involved in STM performance and are an intrinsic part of all STM accounts. The current study proposes a novel paradigm to assess false memory effects in a STM task under both silent and articulatory suppression conditions. Using immediate serial recognition, in which participants had to judge whether two successive mixed lists of six associated and non-associated words were matched, we examined true recognition of matching lists and false recognition of mismatching lists comprising a critical lure or unrelated distracter in two experiments. Results from both experiments indicated reduced true recognition of matching lists and greater false serial recognition of mismatching lists comprising a critical lure under articulatory suppression relative to silence. These findings provide further support for some current models of verbal short-term memory, which posit a strong relationship between short-term and long memory processes.

Keywords: false memory, short-term memory, immediate serial recognition

False memory has been extensively studied in long-term memory (LTM) using the Deese-Roediger-McDermott (DRM) paradigm (Deese, 1959; Roediger & McDermott, 1995). This task involves presentation of lists of approximately 12 words (e.g., *table*, *sit*, *legs*, *seat*, etc.) associated with a non-presented critical lure (e.g., *chair*). Results indicate that participants recall or recognize more critical lures than unrelated distracters (e.g., *moon*), at a rate similar to that of some targets (studied words). Recently, three studies have found evidence for false memory effects in a verbal short-term memory (STM) task (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane, McBride, Raulerson, & Jordan, 2007; Flegal, Atkins, & Reuter-Lorenz, 2010). In these studies, the authors used an immediate probe memory task with DRM lists; following presentation of short lists of associates and a brief delay, participants were presented with one of three types of probes for recognition: targets, critical lures, and unrelated distracters. Results showed that critical lures were more often falsely recognized than unrelated distracters, as found in the LTM literature, and this phenomenon is referred to as the false memory effect.

Extending the DRM false memory effect to STM is both theoretically and clinically important. In recent years, a growing number of studies have provided evidence that verbal STM performance is determined not only by phonological information but also by semantic knowledge. However, these lexical-semantic effects on STM performance have essentially been demonstrated by manipulating the psycholinguistic characteristics of the *to-be-remembered* items, such as lexicality, imageability and grammatical category (Caza & Belleville, 1999; Hulme et al., 1997; Poirier & Saint-Aubin, 1995; Walker & Hulme, 1999). The study of immediate false memory is especially important since the semantic effect on STM derives from items that are not part of the study list, contrary to most studies in the

literature. Importantly, although the evidence suggesting that lexical-semantic knowledge plays a critical role in STM performance is mounting, it remains unclear how semantic knowledge contributes to STM performance and interacts with critical phonological information. In a previous study, we found that phonological processing abilities of individuals with dementia of the Alzheimer type were negatively correlated with semantic effects (measured by manipulating the grammatical category of the word lists) in STM (Caza & Belleville, 2008). These results were interpreted as reflecting greater reliance on residual lexical-semantic knowledge to support STM performance when phonological processing is impaired. Similar findings were observed in aphasic populations (N. Martin & Saffran, 1997) and in patients with semantic dementia (Patterson, Graham, & Hodges, 1994). In this latter study, patients with semantic dementia were found to make a greater number of phonological errors than controls during STM performance, supporting the notion that semantic knowledge may help bind phonological information during STM performance, known as the semantic glue hypothesis (Patterson et al.). Clearly, these findings suggest that phonological and semantic knowledge interact during STM performance. For patients with phonological processing deficits, this suggests that they may be more vulnerable to false memory effects in STM. Hence, examination of the false memory effect in STM tasks is needed to further understand the interaction between semantic and phonological information during memory performance.

One way to explore the interaction between semantic and phonological knowledge is by using articulatory suppression (AS) during STM. This method consists of repeating irrelevant information to prevent rehearsal of studied items, and has a detrimental effect on

STM performance. AS has been used extensively, especially in earlier studies of STM (e.g., Baddeley, 1986), in order to better understand the role of phonological information in STM performance. Importantly, however, research has shown that AS must be performed throughout the entire memory task to prevent rehearsal of studied items. For example, Baddeley, Thompson & Buchanan (1975) failed to obtain the well-established word-length effect in STM (that is, superior performance for shorter than for longer items) when AS was performed only during study rather than during both study and recall of word lists.

The finding of a DRM false memory effect in STM tasks like probe memory provides further evidence for memory models that assume a strong relationship between STM and LTM processes. These include psycholinguistic models of STM (e.g., N. Martin & Saffran, 1997; R. C. Martin & Romani, 1994), the feature model (Nairne, 1990, 2002), and the redintegration hypothesis (Hulme et al., 1997; Walker & Hulme, 1999), among others. Contrary to earlier models that relied almost exclusively on phonological information to explain STM performance (e.g., the Phonological loop, Baddeley, 1986; Baddeley & Hitch, 1974), these more recent accounts predict that, in addition to phonological information (typically associated with STM), semantic knowledge (associated with LTM) contributes to STM performance.

According to psycholinguistic models of STM, such as the interactive activation account (Dell & O'Seaghdha, 1992; N. Martin & Saffran, 1997), STM performance results from the temporary activation of the different levels of representations within the language network, namely the phonological, lexical and semantic levels. Importantly, this and other psycholinguistic accounts (N. Martin & Gupta, 2004; R.C. Martin et al., 1999; R.C. Martin

et al., 1994; Patterson et al., 1994) assume an interactive flow of activation spreading across levels of representations as the words are processed, which leads to two important assumptions. First, semantic influences occur as soon as the words are presented, during encoding. Thus, semantic effects may be observed early on, even in STM tasks that do not require verbal production of list items, such as probe memory tasks. Second, semantic influences on STM performance are not solely based on the psycholinguistic characteristics of items in the *study lists*, as evidenced in most previous studies. Since strong associates of the studied items become activated in the semantic network during presentation of the study list, semantic influences from both studied and non-studied but semantically associated words should be observed in STM performance, like the reported false memory for associated probes (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al. 2010).

Other STM models that posit a reconstruction process based on LTM can also account for semantic effects on STM performance (Hulme, Maughan, & Brown, 1991; Hulme, Roodenrys, Brown, & Mercer, 1995; Hulme et al., 1997; Nairne, 1990, 2002; Neath, 1995; Saint-Aubin & Poirier, 1999; Schweickert, 1993). However, within this reconstructive view, two major models offer alternative explanations for semantic effects on memory. First, according to the feature model (Nairne, 1990, 2002; Neath, 1995), memory relies on activated cues that the participant uses to reconstruct the immediate past. The cues are composed of dependant features (from presentation modality) and independent features, which include semantic representations. Similarly to psycholinguistic models, the feature model proposes that semantic representations (in this case, features) are available early on, as the study items are presented. During presentation of word lists, a set

of candidate words is selected in LTM. These include list items but also non-studied associates in LTM that share features of studied items. The specificity of the cues in relation to the list items predicts memory performance. Short-term forgetting is assumed to occur because available cues decrease due to interference, which is based on a similarity principle: when similarity increases among list items (as would items in a list that are semantically associated with a critical lure), the predictive value of common features is reduced, thus decreasing the distinction between a critical lure and associated targets. Hence, this view leads to the two following assumptions: first, reconstruction occurs early during presentation of the list items, and should be observed even in STM tasks that do not require verbal production of list items, as is found in probe memory. Second, semantic influence is not specific to items presented in the study list, as extra-list items become available candidates if they share features with the study list (like critical lures). Thus, both assumptions from the feature model are compatible with the previous finding of a false recognition effect in probe memory (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al. 2010).

Alternatively, the redintegration hypothesis (Hulme et al., 1991; Hulme et al., 1995; Hulme et al., 1997; Schweickert, 1993) posits that lexical representations (though similar reasoning may be applied to semantic representations) of list items in LTM may be used to reconstruct fading traces of these items, held in a phonological buffer. Importantly, redintegration of decaying traces is assumed to occur at a later stage, prior to verbal output of the list items. This account makes the two following assumptions. First, redintegration of studied items occurs later during retrieval and prior to verbal output of the study list

(recall). Thus, semantic effects are not expected in STM tasks that do not require verbal production of list items, such as a probe memory task. Evidence supporting this assumption is found in previous studies (Gathercole, Pickering, Hall, & Peaker, 2001; Walker & Hulme, 1999). For example, Walker and Hulme (1999) compared the concreteness effect in immediate serial recall to that in immediate serial recognition (also known as a matching span task). The latter task involves serial presentation of two word lists separated by a short delay; the participant is asked to decide (yes/no) whether the two lists match or not, without verbally producing the list items. Results showed the expected concreteness effect in immediate serial recall but not in immediate serial recognition, supporting the first assumption. Second, reconstruction processes are item-specific; redintegration is assumed to operate on degraded items *held in the phonological buffer*, which are therefore part of the study list. Hence, both assumptions of the redintegration hypothesis are challenged by the finding in three previous studies (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al. 2010) that participants have a greater tendency to falsely recognize non-studied critical lures probes that have not entered the phonological buffer and are not produced verbally.

To the best of our knowledge, no study has ever looked at the effect of articulatory suppression on immediate false memory and tested their findings against current STM models to understand how semantic and phonological knowledge interact and affect memory performance. However, Atkins and Reuter-Lorenz (2008) used an interference task during the study-test interval. Interestingly, results showed no interference effect, but this may be due to the fact that rehearsal was not prevented throughout the entire memory task.

In the current study, we propose to use an immediate serial recognition task rather than a probe memory task. The use of the former task was motivated by several limitations associated with probe memory. First, although all previous studies have used probe memory tasks to explore the effects of false recognition in STM, this paradigm requires recognition of single items, not of the entire word list. In order to test the redintegration hypothesis (Hulme et al.1991; Hulme et al.1995; Hulme et al.1997; Schweickert, 1993) it is important that the task not require verbal output of the list items. However, in immediate serial recognition, participants must at least try to memorize the entire word sequence in correct serial order, a condition that is closer to immediate serial recall considered as the gold standard in STM measures. A second limitation regarding two of the previous false memory studies, is that list items were presented simultaneously as sets for study (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Flegal et al., 2010), which further discourages encoding of order information. Another limitation is that probe memory appears to be more susceptible to ceiling effects than immediate serial recognition. Finally, previous studies have only used visual presentation of words to examine immediate false memory. However, some theoretical accounts (e.g., Nairne, 1990, 2002) predict presentation modality effects on memory performance. Furthermore, visual presentation of list items may involve additional cognitive systems relative to auditory presentation.

The goals of this study were twofold. First, we aimed to determine, for the first time, whether false memory for critical lures can be observed in immediate serial recognition using auditory presentation modality. Second, we aimed to examine the influence of AS on immediate true and false serial recognition. In models that postulate

trace decay, such as the psycholinguistic account (e.g., N. Martin & Saffran, 1997) and the redintegration hypothesis (Hulme et al., 1997), AS is assumed to impair performance by weakening phonological representations, which in turn may increase semantic effects as found in prior studies that manipulated the psycholinguistic characteristic of list items (Caza & Belleville, 1999; Romani, McAlpine, & Martin, 2008). However, according to the redintegration hypothesis, increased semantic effects under AS can only be observed in tasks that require verbal output of the list items held in a phonological buffer. In models assuming interference, like the feature model (e.g., Nairne, 1990; Nairne, 2002), rehearsal of irrelevant information interferes with existing cues, thereby reducing participants' capacity to distinguish list items from each other; reliance on more distinctive semantic features explains the reported increase in semantic effects under AS. Predictions were as follows: based on some current models of STM (N. Martin & Saffran, 1997; Nairne, 1990), we predicted that non-matching lists comprising a critical lure should be more falsely recognized than those with an unrelated distracter; this false memory effect should be increased in the AS condition relative to the silent condition. Furthermore, true serial recognition effects should be reduced in the AS condition relative to the silent condition.

Experiment 1

Method

Participants. Forty-eight French-speaking undergraduate students were recruited from Université de Montréal. Participants were divided into two groups, randomly assigned to either the silent or AS condition. Participants in the silent condition (13 females) had a mean age of 23.96 years ($SD = 5.25$), a mean education level of 15.13 years ($SD = 2.07$),

and a mean vocabulary level on the Mill Hill Vocabulary Test (Gérard, 1983) of 24.58/34 ($SD = 3.40$). Participants in the AS condition (13 females) had a mean age of 24.13 years ($SD = 4.44$), a mean education level of 15.67 years ($SD = 1.66$), and a mean vocabulary level of 24.50/34 ($SD = 3.72$). Groups did not differ on age ($t < 1$, ns), education ($t < 1$, ns) or vocabulary level ($t < 1$, ns).

Materials. Twenty-four lists of six French words were constructed for this experiment. Three words in each list were associated with a critical lure according to Freibergs' word-association norms (1968, 1970), and placed in decreasing order of associative strength (i.e. the first word was the strongest associate and the third was the weakest), following standard DRM procedure (Deese, 1959; Roediger & McDermott, 1995). The other three words in the list were semantically unrelated, resulting in mixed rather than "pure" lists of associated words. Mixed lists were necessary to avoid unrelated items from standing out when presented amongst pure lists of associated words. Associates were matched to unrelated words on average frequency (Lexique 2001 database; New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001) and number of syllables. Associated and unrelated words were presented alternately with half of the lists beginning with an associate and the other half beginning with an unrelated word.

Three matching conditions were used for serial recognition (see example in Appendix). In the matching condition, the first and second lists were identical. In the mismatching conditions, either a critical lure (mismatching/lure) or an unrelated word (mismatching/unrelated) was used in the second list to replace an associate in the first list. Word replacements occurred equally often across serial positions two to five. Lures and

unrelated distracters were matched to the replaced associate on the basis of word frequency (Lexique 2001 database; New et al., 2001) and number of syllables. Trials were presented semi-randomly with a maximum of three consecutive trials from the same matching condition, as typically found in yes/no paradigms in order to avoid response bias.

Procedure. Participants listened to recorded lists presented through headphones at the rate of one word per second. In each trial, a 3-second interval separated presentation of the two lists. After hearing the second list, participants pointed to “yes” or “no” written in black ink on a sheet of paper placed in front of them. Participants in the AS condition were asked to count repeatedly from 1 to 10 during presentation of the two lists until they had given their response.

Results and Discussion

In this experiment and the next, comparisons were conducted using *t*-tests or analyses of variance (ANOVAs) with a significance level set at $p < 0.05$. Partial eta squared (η_p^2) was used as a measure of effect size for ANOVAs (Tabachnik & Fidell, 2007).

Immediate true serial recognition. The mean percentages of “yes” responses in the three matching conditions performed in the silent and AS conditions are presented in Table 1. These findings suggest high accuracy for matching trials in both AS conditions. To confirm this, a mixed ANOVA that included AS condition (silent vs. AS) and list type (matching vs. unrelated distracter) was performed. Results indicated a significant main effect of list type, $F(1, 46) = 871.10$, $MSE = 154.98$, $p < 0.0001$, $\eta_p^2 = 0.95$, but not of AS condition, $F(1, 46) = 0.51$, $MSE = 115.35$, $p = 0.48$, $\eta_p^2 = 0.01$. Importantly, the AS condition X List type interaction was significant, $F(1, 46) = 9.45$, $MSE = 154.98$, $p < 0.01$,

$\eta_p^2 = 0.17$. Simple effects analyses showed that the mean percentages of true serial recognition for matching lists was greater in the silence than in the AS condition, $F(1, 46) = 6.48$, $MSE = 162.76$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.88$, and false recognition of mismatching/unrelated was greater in the AS condition than in the silence condition, $F(1, 46) = 4.36$, $MSE = 107.56$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.91$.

Table 1. Mean Percentages of « Yes » Responses (+SE) as a Function of Matching and AS Conditions in Experiment 1.

Matching conditions	Articulatory suppression conditions	
	Silent	Suppression
Matching	88.02 (2.19)	78.65 (2.96)
Mismatching/lure	8.85 (2.32)	28.13 (3.13)
Mismatching/unrelated	5.21 (1.67)	11.46 (2.49)

Immediate false serial recognition. A mixed ANOVA that included AS condition (silent vs. AS) and mismatching list (critical lure vs. unrelated distracter) was performed on the mean percentages of “yes” responses. Results indicated significant main effects of AS condition, $F(1, 46) = 18.87$, $MSE = 3907.88$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.29$, and of mismatching list, $F(1, 46) = 30.18$, $MSE = 2475.59$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.40$. Importantly, the AS condition X Mismatching list interaction was significant, $F(1, 46) = 12.40$, $MSE = 1017.25$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.21$. Simple effects analyses showed that the mean percentages of false serial recognition for mismatching/lure lists was greater than for mismatching/unrelated lists in

the AS condition, $F(1, 46) = 17.42$, $MSE = 3333.33$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.27$, but not in the silent condition, $F(1, 46) = 1.63$, $MSE = 159.51$, $p = 0.21$, $\eta_p^2 = 0.03$.

Since the false recognition effect critically depends on the comparison between mismatching lists comprising a lure and those with an unrelated distracter, it is necessary that no other methodological differences account for the aforementioned findings. However, following careful inspection of the two mismatching conditions, we noticed that replacement of the same associate in the two conditions inadvertently resulted in an unequal number of associates between conditions. That is, in the second list, three associates (including the lure) were presented amongst three unrelated items in the mismatching/lure condition, whereas only two associates were presented amongst four unrelated items in the mismatching/unrelated condition. Thus, it is possible that participants rejected the match on the basis of raw number of associates, which in turn may have inflated the difference between the two mismatched conditions. Importantly, however, this does not change the fact that the percentage of false recognition for mismatching lists comprising a lure was three times greater in the AS condition than in the silence condition.

In the next experiment, we addressed this issue by slightly modifying the study design. Replacements in the mismatching/unrelated condition were made with an unrelated item, leaving the same ratio of associated/unrelated items in the two mismatching conditions. Furthermore, given that previous studies have used pure lists (no unrelated items) of at least four associates, we used mixed lists comprising four associates rather than three associated words to create immediate false memories.

Experiment 2

Method

Participants. Thirty-six new participants were recruited from Université de Montréal. Half were assigned to the silent condition (12 females); these participants had a mean age of 21.83 ($SD = 2.18$), a mean education level of 14 years ($SD = 0.84$), and a mean vocabulary level on the Mill Hill Vocabulary Test (Gérard, 1983) of 22/34 ($SD = 4.69$). The other participants (12 females) were assigned to the AS condition; they had a mean age of 21.33 years ($SD = 1.78$), a mean education level of 14 years ($SD = 0.98$), and a mean vocabulary level of 23.83/34 ($SD = 3.15$). Groups did not differ on age ($t < 1$, ns), education ($t < 1$, ns) or vocabulary level ($t < 1$, ns).

Materials and procedure. These were similar to Experiment 1 except for the following. Lists of associates from Experiment 1 were used to create 24 lists of six French words. In each list, four words associated with a critical lure were used and placed in descending order of associative strength with the critical lure. The other two words were drawn from a new set of semantically unrelated words. Mixed lists of associates and unrelated words were presented according to six randomly selected orders (see example in Appendix). Three matching conditions were used except that in the mismatching/unrelated condition, an unrelated word in the second list replaced an unrelated one in the first list. Word replacement in the two mismatching conditions occurred equally often across serial positions two to five.

Results and Discussion

Immediate true serial recognition. The mean percentages of “yes” responses in the three matching conditions performed in silence and under AS are presented in Table 2. These findings suggest high accuracy in both AS conditions. To confirm this, a mixed ANOVA that included AS condition (silent vs. AS) and list type (matching vs. unrelated distracter) was performed. Results indicated a significant main effect of list type, $F(1, 34) = 387.26$, $MSE = 224.12$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.92$, but not of AS condition, $F(1, 34) = 1.56$, $MSE = 168.63$, $p = 0.22$, $\eta_p^2 = 0.04$. Importantly, the AS condition X List type interaction was significant, $F(1, 46) = 9.45$, $MSE = 240.12$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.22$. Simple effects analyses showed that the mean percentages of true serial recognition for matching lists was greater in the silence than in the AS condition, $F(1, 34) = 7.20$, $MSE = 292.08$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.83$, and false recognition of mismatching/unrelated was greater in the AS condition than in the silence condition, $F(1, 34) = 4.50$, $MSE = 116.68$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.88$.

Table 2. Mean Percentages of « Yes » Responses (+SE) as a Function of Matching and AS Conditions in Experiment 2.

Matching conditions	Articulatory suppression conditions	
	Silent	Suppression
Matching	84.72 (3.44)	69.44 (4.54)
Mismatching/lure	8.33 (3.03)	36.11 (5.34)
Mismatching/unrelated	1.39 (0.95)	9.03 (3.47)

Immediate false serial recognition. A mixed ANOVA that included AS condition (silent vs. AS) and mismatching list (critical lure vs. unrelated distracter) was performed on the mean percentages of “yes” responses. Results indicated main effects of AS condition, $F(1, 34) = 18.99$, $MSE = 5644.53$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.36$, and of mismatching list, $F(1, 34) = 32.89$, $MSE = 5210.50$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.49$. Importantly, a significant AS condition X Mismatching list interaction was found, $F(1, 34) = 11.52$, $MSE = 1825.09$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.25$. Simple effects analyses showed that the mean percentages of false serial recognition for mismatching/lure lists was greater than for mismatching/unrelated lists under silent condition, $F(1, 34) = 4.78$, $MSE = 434.03$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.12$, and this effect increased in the AS condition, $F(1, 34) = 11.52$, $MSE = 3650.17$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.25$.

General Discussion

The results from this study are clear. First, we have found further evidence for immediate false memory using, for the first time, serial recognition with auditory presentation of DRM lists. These results concur with the only three studies that previously examined immediate false recognition for critical lures, all of them using probe memory and visual presentation modality (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al., 2010). In the latter, participants falsely recognized critical lures about 8 to 10% of the time following presentation of “pure” lists of four associates. These rates are similar to those found in the silent condition of Experiments 1 and 2. Remarkably, we only used three associates in Experiment 1, and associated words were mixed with unrelated items in both experiments. These findings are consistent with the view that associates in the list, rather than the entire list, are driving the false memory effect, as suggested by LTM data (e.g.,

Robinson & Roediger, 1997). Furthermore, in all experimental conditions, true serial recognition performance was below ceiling and above chance, suggesting that participants were performing within STM capacity. Interestingly for understanding how semantic knowledge interacts with phonological information, our findings also show a large effect of AS on both true and false serial recognition. That is, AS was found to decrease true recognition of matching lists and increase false recognition of mismatching lists comprising a lure in both experiments. This latter finding contrasts with those of Atkins and Reuter-Lorenz (2008) in probe memory. Although false recognition for critical lures was greater when a distraction task was performed during the retention interval relative to no distraction, the difference was not statistically significant. However, since the distraction task was only used during the study–test interval, rehearsal of items was not completely prevented, which may explain the lack of statistical difference.

The finding of a false recognition effect in immediate serial recognition, influenced by AS, has major implications for current STM models. First, it provides further support for the view that LTM knowledge is intrinsically linked to STM performance. Psycholinguistic models of STM, such as the interactive activation account (Dell & O'Seaghdha, 1992; N. Martin & Saffran, 1997), can easily account for this meaning-based effect. According to this view, false serial recognition effects reflect spreading activation following word processing at all levels of representation, including the semantic level. Because words in the study list share meaning with the critical lure, the latter is activated via feedforward/feedback connections, and is misrecognized as part of the study list. The large effects of AS observed on both true and false serial recognition are also compatible with

these models; by preventing rehearsal of study lists with articulatory suppression, activation of phonological representations is weakened. As found in the literature, this leads to reduced true memory performance and over-reliance on semantic representations to support memory performance, as we and others have reported in patient studies (Caza & Belleville, 2008; N. Martin & Saffran, 1997; Patterson et al., 1994), which in turn leads to increased false serial recognition effects.

Other views, such as the feature model (Nairne, 1990, 2002), can also account for the false serial recognition effects observed in this study. According to this model, memory relies on activated cues that include semantic features used to reconstruct the immediate past. From these cues, a set of candidate words is selected in LTM; these include list items but also non-studied associates that share features with list items, such as critical lures. However, feature similarity between the lure and associates reduces the capacity to distinguish studied from non-studied items, which in turn increases the probability of falsely recognizing lists containing a critical lure. The influence of AS on true and false serial recognition can also be explained by the feature model (Nairne, 1990, 2002); rehearsal of irrelevant information interferes with existing cues, therefore increasing similarity amongst studied items but also between lures and list items, which in turn reduces true serial recognition and increases false serial recognition effects.

Importantly, the finding of a semantic effect in a task that does not require verbal production of the items, like immediate serial recognition, is not predicted by all STM models. As already mentioned, psycholinguistic accounts (e.g., N. Martin & Saffran, 1997; R.C. Martin, Shelton, & Yaffee, 1994) and the feature model (Nairne, 1990, 2002) assume

that linguistic influences on STM occur early in performance and can thus be observed prior to verbal output. However, the original version of the redintegration hypothesis (Hulme et al., 1997; Walker & Hulme, 1999) does not predict LTM effects like the false serial recognition effects observed here. In this original version, reconstruction processes are assumed to operate only at retrieval, prior to verbal output. The absence or reduction of LTM effects in other studies using immediate serial recognition has been taken as evidence for this assumption (Gathercole, Pickering, Hall, & Peaker, 2001; Walker & Hulme, 1999). How, then, does one reconcile the findings of false recognition effects in this and other studies? Typically, in a standard immediate serial recognition task (not involving DRM associates), the position of two items in the mismatching lists is interchanged, thus placing a greater emphasis on order than on item information. This is contrary to our paradigm, which places greater demands on item than on order memory, similar to probe memory tasks. Further evidence for this interpretation is provided by findings from recent studies (Jefferies, Frankish, & Lambon Ralph, 2006; Romani et al., 2008). For example, Jefferies, Frankish & Lambon Ralph (2006) examined the influence of lexical (e.g., lexicality) and semantic (e.g. imageability) variables in a novel immediate serial recognition task that altered item identity by manipulating phoneme order (e.g., *bag, rock, sun, hall* → *bag, sock, run, hall*). Performance on this novel task was compared to that on a typical immediate serial recognition task, in which only item order was changed (*bag, rock, sun, hall* → *bag, sun, rock, hall*). They found that the typical immediate serial recognition task was relatively insensitive to lexical/semantic factors, with participants showing larger lexicality and imageability effects in the novel than in the typical immediate serial

recognition task. These results are in line with the view that semantic effects, like immediate false serial recognition for lures, are related to item memory, not order memory. The finding of a false serial recognition effect challenges the original version of the redintegration hypothesis. A modified version that allows for redintegrative processes to occur earlier could accommodate the current findings and those from probe studies (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al. 2010). However, since redintegration only operates on fading traces held in a phonological buffer, one would have to explain how phonological traces of non-studied critical lures enter this buffer (or propose an additional semantic buffer), but it remains unclear how this would work for non-studied items. Hence, currently, the psycholinguistic and feature models seem to be more straightforward in explaining immediate false memory effects.

Three possible limitations of this study are worth noting. First, some methodological issues were considered in the Discussion section of Experiment 1. We raised the possibility that participants developed a strategy based on the total number of associates to reject mismatching/unrelated lists, which in turn may have inflated the difference between the two mismatched conditions. Although we cannot rule out this possibility for all mismatching/unrelated lists, this strategy could not have been used in every list, since there were no inter-item associations between associates in some of them (e.g., *colonne*, *agneau*, *légume*, *tendre*, *humble*, *amer*; Critical lure: *doux*; English translation: *column*, *lamb*, *vegetable*, *tender*, *humble*, *bitter*; Critical lure: *sweet*). In any case, false serial recognition for mismatching/lure lists was found to be greater than that for mismatching/unrelated lists in both AS conditions of Experiment 2. Second, the majority of STM models are based

upon serial recall evidence, not on recognition. For lack of better models, researchers have been forced to use current STM accounts to make predictions for short-term recognition, as we have done here. It should be noted, however, that the findings from Jefferies et al (2006) indicate strong similarities between immediate serial recall and recognition in how lexical and semantic knowledge influence these two tasks. Furthermore, Atkins and Reuter-Lorenz (2008) also found false *recall* effects for critical lures in probe memory, supporting the view that these effects are not unique to recognition memory, but clearly, adequate models of short-term recognition are needed. Another possible limitation is that most models postulating interactions between STM and LTM refer to lexical/semantic processing, not to associative processing. The distinction is important. For example, words like “bee” and “honey” may be associatively related, but it is unlikely that they share many semantic features. In light of this, use of associates may seem inappropriate for testing current STM models. However, Brained, Reyna, Howe and Mills (2008) have recently examined the DRM word lists for 16 dimensions of semantic content and how these dimensions predicted variability across lists in eliciting false memory. Results provided empirical evidence that false memory for critical lures also depends on semantic or meaning-based processing, not only on associative processing. The lists of associated words used here were not examined for their semantic content as the DRM word lists were, but many of them were direct translations of the DRM word lists. Most importantly, they were derived using the same free association procedure as the DRM word lists and therefore, it is reasonable to assume that they share many similarities with the DRM word lists.

In summary, we have found robust effects of immediate false serial recognition for critical lures using a novel paradigm and auditory presentation modality, suggesting that semantic effects occur earlier, likely during presentation of the study lists. Moreover, both true and false serial recognition effects were found to be modulated by AS, suggesting increased reliance on semantic knowledge when phonological information is not readily available. Overall, these findings are compatible with some current STM models that suggest a close relationship between short-term and long-term memory. Investigation of false memory effects in STM tasks may also help to develop theoretically-driven interventions for patients with reduced STM capacity.

References

- Atkins, A. S., & Reuter-Lorenz, P. A. (2008). False working memories? Semantic distortion in a mere 4 seconds. *Memory & Cognition, 36*(1), 74-81.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 14*, 575-589.
- Brainerd, C. J., Reyna, V. F., Howe, M. L., & Mills, B. A. (2008). Semantic processing in "associative" false memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 15*(6), 1035-1053.
- Caza, N., & Belleville, S. (1999). Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology, 34*(5-6), 334-338.
- Caza, N., & Belleville, S. (2008). Reduced short-term memory capacity in Alzheimer's disease: The role of phonological, lexical, and semantic processing. *Memory, 16*(4), 341 - 350
- Coane, J. H., McBride, D. M., Raulerson, B. A., 3rd, & Jordan, J. S. (2007). False memory in a short-term memory task. *Experimental Psychology, 54*(1), 62-70.
- Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology, 58*(1), 17-22.
- Dell, G. S., & O'Seaghdha, P. G. (1992). Stages of lexical access in language production. *Cognition, 42*(1-3), 287-314.

- Flegal, K. E., Atkins, A. S., & Reuter-Lorenz, P. A. (2010). False memories seconds later: The rapid and compelling onset of illusory recognition. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and cognition*, 36(5), 1331-1338.
- Gathercole, S., Pickering, S. J., Hall, M., & Peaker, S. M. (2001). Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A(1), 1-30.
- Gérard, M. (1983). *Contribution à l'évaluation de la détérioration mentale chez l'adulte à l'aide du test de vocabulaire Mill Hill*. Unpublished master's thesis, University of Liège.
- Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30(6), 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G. D. A., & Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86(4), 527-536.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G. D. A., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word-frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a reintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology*, 23(5), 1217-1232.
- Jefferies, E., Frankish, C., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Lexical and semantic influences on item and order memory in immediate serial recognition: evidence from a novel task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(5), 949-964.

- Martin, N., & Gupta, P. (2004). Exploring the relationship between word processing and verbal short-term memory: Evidence from associations and dissociations. *Cognitive Neuropsychology*, *21*(213-228), 213-228.
- Martin, N., & Saffran, E. M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, *14*, 641-682.
- Martin, R. C., Lesch, M. F., & Bartha, M. C. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language*, *41*, 3-29.
- Martin, R. C., & Romani, C. (1994). Verbal Working Memory and Sentences Comprehension: A Multiple-Components View. *Neuropsychology*, *8*(4), 306-323.
- Martin, R. C., Shelton, J. R., & Yaffee, L. S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language*, *33*, 83-111.
- Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, *18*, 251-269.
- Nairne, J. S. (2002). Remembering over the short-term: the case against the standard model. *Annual Review in Neuroscience*, *53*, 53-81.
- Neath, I. (1995). Word-length effects in immediate memory: Overwriting trace decay theory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *2*(4), 429-441.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE. *L'Année Psychologique*, *101*, 447-462.

- Patterson, K., Graham, N., & Hodges, J. R. (1994). The impact of semantic memory loss on phonological representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6(1), 57-69.
- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: Further evidence on the influence of semantic factors in ISR. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 384-404.
- Robinson, K. J., & Roediger, H. L., 3rd. (1997). Associative processes in false recall and false recognition. *Psychological Science*, 8, 231-237.
- Roediger, H. L., III, & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: remembering words not presented in Lists. *Journal of Experimental Psychology*, 21(4), 803-814.
- Romani, C., McAlpine, S., & Martin, R. C. (2008). Concreteness effects in different tasks: implications for models of short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(2), 292-323.
- Saint-Aubin, J., & Poirier, M. (1999). Semantic similarity and immediate serial recall: Is there a detrimental effect on order information? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A(2), 367-394.
- Schweickert, R. (1993). A multinomial processing tree model for degradation and redintegration in immediate recall. *Memory & Cognition*, 21(2), 168-175.
- Tabachnik, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Walker, I., & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract words: Evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 25, 1256-1271.

Appendix A

Example of Each Matching Condition in Experiment 1.

Matching lists:

Porte (door), *soleil (sun)*, vanille (vanilla), *clarté (brightness)*, cheveux (hair), *jour (day)*

Porte (door), *soleil (sun)*, vanille (vanilla), *clarté (brightness)*, cheveux (hair), *jour (day)*

Mismatching/lure lists:

Porte (door), *soleil (sun)*, vanille (vanilla), *clarté (brightness)*, cheveux (hair), *jour (day)*

Porte (door), **lumière (light)**, vanille (vanilla), *clarté (brightness)*, cheveux (hair), *jour (day)*

Mismatching/unrelated lists:

Porte (door), *soleil (sun)*, vanille (vanilla), *clarté (brightness)*, cheveux (hair), *jour (day)*

Porte (door), **message (message)**, vanille (vanilla), *clarté (brightness)*, cheveux (hair), *jour (day)*

Note. Associates are presented in italics and distracters in bold.

Appendix B

Example of Each Matching Condition in Experiment 2.

Matching lists:

Tube (tub), *soleil (sun)*, *clarté (brightness)*, *jour (day)*, garçon (boy), *lampe (lamp)*

Tube (tub), *soleil (sun)*, *clarté (brightness)*, *jour (day)*, garçon (boy), *lampe (lamp)*

Mismatching/lure lists:

Tube (tub), *soleil (sun)*, *clarté (brightness)*, *jour (day)*, garçon (boy), *lampe (lamp)*

Tube (tub), **lumière (light)**, *clarté (brightness)*, *jour (day)*, garçon (boy), *lampe (lamp)*

Mismatching/unrelated lists:

Tube (tub), *soleil (sun)*, *clarté (brightness)*, *jour (day)*, garçon (boy), *lampe (lamp)*

Tube (tub), *soleil (sun)*, *clarté (brightness)*, *jour (day)*, **bateau (boat)**, *lampe (lamp)*

Note. Associates are in italics and distracters in bold.

CHAPITRE 3 : Article 2

The Effect of Response Modality on Immediate Serial Recall in Dementia of the Alzheimer Type

Macé, A.L., Ergis, A.M., Caza, N. (soumis). *Neuropsychology*.

Author's Note

This work was supported by a grant from the Canadian Institutes of Health Research (MOP-68890) to N. Caza. We thank Drs Kergoat, Belleville and Baclet-Roussel for their help in the recruitment of patients and F. Giroux for help with statistical analyses. This manuscript includes data presented for a doctoral dissertation by A.L. Macé.

Abstract

Objective: Psycholinguistic models of short-term memory (STM) predict a close relationship between verbal STM and word processing. The aim of this study was to explore the effect of response modality on verbal STM performance in individuals with dementia of the Alzheimer Type (DAT), and its relationship with the patients' word-processing deficits.

Method: Twenty individuals with mild DAT and 20 controls were tested on an immediate serial recall (ISR) task using the same items across two response modalities (oral and picture pointing), and completed a detailed language assessment.

Results: When scoring of ISR performance was based on item memory regardless of item order, results showed that all participants recalled more items with picture pointing than with oral response. However, this advantage was less marked in patients than in controls, resulting in an interaction. When recall of both item and order was considered, results indicated similar performance between response modalities in controls, whereas performance was better for oral response than for pointing in patients. Picture-naming performance was also reduced in patients relative to controls. However, in the word-to-picture matching task, a similar pattern of responses was found between groups for incorrectly named pictures of the same items.

Conclusion: This study shows that in some individuals with mild DAT, word-processing deficits may be attributed to difficulty accessing word forms from pictures rather than to semantic degradation. Most importantly, the response modality effect observed in this study suggests that verbal STM performance in mild DAT is modulated by the patients' word-

processing deficits. Overall, these findings support psycholinguistic models which assume that verbal STM performance is language-dependent.

Keywords: short-term memory, dementia of the Alzheimer disease, psycholinguistic models, response modality.

Several lines of evidence support the view that verbal short-term memory (STM) capacity and word processing are intrinsically related (Caza & Belleville, 1999; Caza, Belleville, & Gilbert, 2002; N. Martin & Saffran, 1997; R. C. Martin & Romani, 1994; Patterson, Graham, & Hodges, 1994). Some theoretical accounts, like the Interactive Activation (IA) model (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), go as far as making the assumption that STM performance is an activated part of the word processing system. This assumption has major consequences in some clinical populations that present with both STM and word-processing impairments, like individuals with dementia of the Alzheimer type (DAT). Although their STM deficits are typically interpreted independently from their language skills, the IA model and other psycholinguistic frameworks assume that STM deficits in DAT are closely linked to the patients' word-processing impairments, and should be examined concomitantly.

Surprisingly, the study of the relationship between STM and word processing in individuals with DAT has received little interest compared to other clinical populations, like aphasic patients. A reduction of verbal STM capacity is consistently observed in DAT, even at the early stages of the disease (Hulme, Lee, & Brown, 1993; Kopelman, 1985; Miller, 1972; Morris, 1984). The span reduction in these patients is typically attributed to their attentional/executive dysfunctions (Baddeley, Baddeley, Bucks, & Wilcock, 2001; Belleville, Peretz, & Malenfant, 1996), although DAT patients also present with language impairments affecting phonological and/or lexical-semantic processing (Croot, Hodges, Xuereb, & Patterson, 2000; Hodges & Patterson, 1995). Considering the linguistic

impairments in this population, some authors have manipulated the nature of studied items in immediate serial recall (ISR) to explore the impact of word-processing deficits on STM performance in DAT patients (Caza & Belleville, 2008; Collette, Van Der Linden, Bechet, & Salmon, 1999; Hulme et al., 1993; Peters, Majerus, de Baerdemaeker, Salmon, & Collette, 2009; Peters et al., 2007). Peters et al. (2007) found a similar lexicality effect in ISR performance (adjusted to verbal span) in DAT patients and age-matched controls after comparing high frequency words to pseudowords. However, a reduced effect was observed in patients relative to controls when low frequency words were compared to pseudowords (Collette et al., 1999). Peters et al. (2009) also showed that DAT patients have greater difficulty recalling low imageability words than high imageability words in ISR tasks. The reduced lexical-semantic influence on ISR of low frequency and imageability items in DAT patients was interpreted as suggesting that patients' word-processing impairment may be partly responsible for their verbal span reduction. Caza and Belleville (2008) used three types of words (rhyming abstract content words, function words and pseudowords) to explore the contribution of phonological, lexical and semantic knowledge to ISR in DAT patients and controls. They observed increased lexicality effects in ISR in patients due to greater impairment in recalling pseudowords compared to controls. Moreover, phonological processing abilities were negatively correlated with semantic effects in ISR in patients only. These results were interpreted as reflecting greater reliance on residual lexical-semantic representations to support ISR performance when phonological processing is impaired. Overall, these findings support the view that a close relationship exists between STM deficits and word-processing impairments in individuals with DAT.

In this study, we were interested in exploring the effects on ISR of another variable that was found to be sensitive to word-processing impairment in aphasic patients : response modality (N. Martin & Ayala, 2004). A classical STM measure typically involves ISR of short lists of words with both aural presentation and oral response modalities, known as repetition span. However, in aphasic populations, a different response modality may be used to circumvent difficulties in producing oral responses (Allport, 1984; Howard & Franklin, 1990); for instance, after aural list presentation, the patient may be asked to point, in serial order, to the items presented in an array of pictured objects, called pointing span. According to the IA model (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), these two response modalities will differentially engage the different linguistic levels of representation proposed in the model. The IA model postulates three levels of representation (semantic, lexical, and phonological) assumed to interact via bi-directional connections between levels, and therefore to be mutually reinforcing. Although all levels of representation may influence STM performance in this interactive activation account, the order in which linguistic representations are initially activated before output is a determining factor. That is, the first activated level has stronger activation (that is maintained via feedforward and feedback spread of activation between levels) and therefore has greater contribution to STM performance than levels activated later. Hence, in a classic repetition span, phonological representations are activated first with aural presentation of the word list, thereby explaining the greater influence of phonological representations on ISR performance relative to other levels of representations, as found in the literature (Caza & Belleville, 1999; Chassé & Belleville, 2009). This is not to say that lexical and semantic

levels are not activated in repetition span. However, this view accounts for the fact that most healthy individuals are able to repeat short lists of meaningless pseudowords, suggesting a dominant contribution of phonological representations to repetition span. Alternatively, in pointing span, although phonological representations are first activated during the presentation of the word list, the introduction of pictures, before response, triggers activation of lexical-semantic representations, which then become more influential in the pointing relative to the repetition span task.

Importantly, previous research has shown that semantic factors in STM performance essentially affect memory for items, not for order (Jefferies, Frankish, & Lambon Ralph, 2006; Poirier & Saint-Aubin, 1996; Romani, McAlpine, & Martin, 2008; Saint-Aubin & Poirier, 1999). Consequently, the IA model (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997) predicts better item memory with picture pointing than with repetition span in healthy participants, since the former response condition allows for additional support from the semantic level of representation that can boost item memory compared to the latter response condition. Interestingly, N. Martin and Ayala (2004) tested this prediction in a group of 46 aphasic patients by manipulating response modality during verbal span. Using only a measure of item memory (or free recall criterion: a response is considered correct if the item is included in the list, even if it is not recalled in the same serial order as presented), they found that repetition span was positively correlated with phonological processing abilities in patients, whereas picture-pointing span was positively correlated with both phonological and lexical-semantic processing abilities. In line with these findings, they also found that pointing span was significantly reduced compared to

repetition span in a subgroup of aphasics with relatively more lexical-semantic than phonological deficits. However, N. Martin and Ayala (2004) did not include a control group, which limits their conclusions to the clinical population in the study, nor did they measure performance with a strict recall criterion which considers both item and order memory. Overall, these findings not only support the view that response modality affects STM performance but that, in clinical populations with word-processing impairments, the response modality effect depends on the level of representation that is impaired, suggesting that STM performance and word processing are intrinsically linked.

Although individuals with DAT present with both word-processing impairments and STM deficits, no study has ever tested the effect of response modality on ISR performance and its relationship to the word-processing deficits consistently observed in this clinical population. The literature shows that individuals with DAT are typically impaired on picture-naming tasks (Hodges, Salmon, & Butters, 1991; Huff, Corkin, & Growdon, 1986). Importantly for the response modality effect, however, there is no clear consensus regarding the nature of their picture-naming difficulties. Some authors have suggested that impaired visuo-perceptual processing may explain the naming deficits in DAT patients (Rochford, 1971), but this view can only explain part of the data, as others have controlled for this variable and found that naming deficits remain. Patients' naming difficulty has also been associated with semantic impairment, resulting from a degradation of semantic knowledge affecting first the attributes of concepts within a complex semantic network (Garrard, Lambon Ralph, Patterson, Pratt, & Hodges, 2005; Hodges, Patterson, Graham, & Dawson, 1996). To test this view, Chertkow and Bub (1990) explored the performance of

DAT patients on picture naming and word-to-picture matching tasks using the same items in both tasks. In a small subgroup of 10 patients without visuo-perceptual impairment, results showed consistency in performance between the two tasks. That is, items for which patients made an error on the word-to-picture matching task were less likely to be named, and items correctly matched were more likely to be named. Authors concluded that, unlike some aphasic patients, those with DAT show a consistent deficit on certain items across language tasks, suggesting a disruption of lexical-semantic knowledge. An alternative view suggests that picture-naming deficits in DAT patients result from a disturbance in accessing word forms or phonological representations following activation of relatively preserved semantic information (Nebes, 1989; Ober & Shenaut, 1988). Supporting this view, Balthazar Cendes and Damasceno (2008) recently found performances between DAT and control groups in picture naming to be similar when given a phonemic cue. Overall, these findings underline the importance of identifying the functional locus of patients' picture-naming deficits given the different propositions in the literature. Clearly, to further understand the mechanisms involved in the response modality effect in STM, an in-depth assessment of DAT patients' word-processing deficits is needed, especially an examination of the semantic level of representation, since this level is critical in explaining differential performance between repetition and pointing recall, as predicted by the IA model (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997). Warrington and Shallice (1979) suggested looking at item consistency across tasks as a way of differentiating between disruption of semantic knowledge and post-semantic deficits in accessing lexical-phonological representations in DAT patients.

The goals of the current study were to test the predictions of the IA model (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997) regarding the effect of response modality on ISR performance of individuals with DAT and controls, and its relation to the patients' word-processing deficits. Given the distinction between item and order memory, ISR performance was measured using two scoring criteria (free recall and strict serial recall), but predictions were made for item memory in accord with the IA model and previous empirical findings suggesting that lexical-semantic factors affect item not order memory (e.g., Jefferies, Frankish, & Lambon Ralph, 2006). As explicitly predicted by the IA model, item memory in the control group should be increased with picture pointing relative to oral response, given that semantic information may be used to further support performance in the former relative to the latter. In the DAT group, if patients present a deficit in accessing lexical-phonological representations from relatively preserved semantics, item memory may be increased with picture pointing relative to oral response, although not as much as controls given that semantic knowledge may not be entirely intact. Alternatively, if the DAT group presents with impaired semantic knowledge, item memory should be more impaired with picture pointing than with oral response.

Method

Participants

A total of 40 French-speaking participants were recruited for this study. Twenty patients (10 women) diagnosed with DAT were recruited in memory clinics in Canada and in France. All patients met the National Institute of Neurological and Communicative Disorders and Stroke-Alzheimer's Disease and Related Disorders Association criteria for

probable or possible Alzheimer's disease (NINCDS-ADRADA; McKhann et al., 1984). The diagnosis for DAT was based on an exhaustive neurological and neuropsychological examination and was made by experienced neurologists working in the memory clinics. General cognitive status was assessed with the Mini Mental State Examination (MMSE; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) and the Dementia Rating Scale (DRS; Mattis, 1988). Only patients with mild dementia on the basis of their MMSE scores ($\geq 21/30$) were recruited for this study. DAT patients were matched to 20 healthy participants on the basis of age ($t < 1$), ethnic origin (Canadian or French) and years of education ($t < 1$; see Table 1). Control participants had no clinical signs of dementia or mild cognitive impairment based on neuropsychological evaluation (Table 1). For all participants, exclusion criteria were: history of traumatic brain injury, stroke or other cerebrovascular disorder, neurological disorder (other than DAT), depression assessed with the Geriatric Depression Scale (Sheikh & Yesavage, 1986) or other psychiatric illness, alcohol abuse, and general anaesthesia within the last year. The groups differed on MMSE, DRS and GDS scores, $t(38) = 6.17, p < 0.001, d = 1.95$; $t(38) = 8.10, p < 0.001, d = 2.62$, and $t(38) = 2.79, p < 0.01, d = 0.88$, respectively. This study was approved by the research ethics committee, and written consent was obtained from all participants.

Table 1. *Demographic Variables and Clinical Characteristics of Participants with Mean and Standard Deviation (in parentheses)*

	Controls	DAT
Number of participants	20	20
Sex (F/M)	12/8	10/10
Age	76.60 (6.09)	77.90 (6.56)
Education	13.25 (3.63)	13.30 (3.73)
MMSE	27.60 (1.79)	23.90 (2.00) ***
DRS	139.50 (4.84)	119.53 (9.66) ***
GDS	1.00 (1.56)	2.85 (2.52) **
<i>BORB</i>		
Subtest 4 (/30)	25.30 (1.03)	23.95 (2.68) *
Subtest 5 (/40)	34.60 (2.82)	33.90 (2.20)
Word span	4.60 (0.75)	3.75 (0.55)**
<i>RL/RI 16 items (1)</i>		
Encoding (/16)	15.20 (1.15)	10.50 (4.62) ***
Immediate free recall (/48)	28.60 (5.91)	7.85 (6.30) ***
Immediate free + cued recall (/48)	44.10 (4.93)	23.40 (12.41) ***
Delayed free recall (/16)	11.30 (2.27)	2.56 (2.97) ***
Delayed free + cued recall (/16)	15.30 (1.22)	6.56 (4.59) ***
Hit Recognition (/16)	15.80 (0.41)	13.50 (2.73) **
False Recognition (/16)	0.10 (0.31)	3.78 (4.26) **
<i>Rey-Osterrieth Complex Figure test</i>		
Copy (/36)	30.13 (2.85)	27.34 (5.14) *
Time in seconds	184 (77.70)	282.37 (74.52) ***
Delayed recall (/36)	16.89 (7.10)	3.78 (2.87) ***
<i>Stroop(2)</i>		
Inhibition effect (time)	0.76 (0.26)	1.75 (1.6) *

(1) adapted in French from Grober & Buschke paradigm (1987) (Van der Linden, Adam, Agniel, & GREMEM, 2004)

(2) inhibition effect score (time) calculated according to the following equation: (inhibition condition - mean of automatic conditions)/mean of automatic conditions

* Indicates a significant difference ($p < 0.05$). ** Indicates a significant difference ($p < 0.01$). *** Indicates a significant difference ($p < 0.001$).

Materials and Procedure

Short-term memory

Verbal span measure. A classic word span measure using aural presentation and oral response was first administered to assess each participant's STM capacity. A total of 135 concrete mono- and disyllabic words were used to construct 30 lists of items varying between two and seven words, with five lists for each length. Items for lists of a given length had similar logarithm frequencies of use and number of syllables (Lexique 3; New et al., 2001). Three lists of equal length were read to participants at the rate of one word per second, starting with lists of two items. Participants were asked to orally recall all items on each list. If more than one list was incorrectly recalled, two additional lists of equal length were administered before increasing list length. Testing was interrupted when participants failed to correctly report three of the five lists of a given length. Word span was defined as the length of the longest lists correctly recalled on at least three trials. Following the verbal span measure, each participant completed the ISR task.

Immediate serial recall. One hundred black and white drawings of objects and animals were selected from the set of Cycowicz, Friedman, Rothstein, and Snodgrass (1997). From these, 70 were randomly chosen to form 10 lists of seven items. From these 10 lists, other lists were created (varying from three to seven items each) in order to provide 10 lists for which the length was adjusted individually to each participants' span +1 to avoid ceiling effects (Belleville, Peretz, & Arguin, 1992; Chassé & Belleville, 2009). So, for example, if span was equal to 6 items, the participant was tested with 10 lists of 7 items. Regardless of list length, items were matched in terms of logarithm frequency of

use, number of syllables, familiarity, concreteness and visual complexity (Lexique 3: Alario & Ferrand, 1999; Bonin, Peereman, Malardier, Méot, & Chalard, 2003; New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001).

The 10 lists were read aloud by the examiner, at a rate of one word per second. List presentation occurred twice in the same order for each participant: once after which participants provided an oral response and once after which responses were given by picture pointing. In the oral response modality, participants were instructed to verbally recall each item in the same serial order as it was presented, immediately after the last item of the list was shown. In the picture-pointing response modality, immediately following presentation of the last item, participants were required to point to the pictures corresponding to items in the same serial order as they were presented. Pictures were presented on a 3 X 4 matrix, in random order for each trial. The number of items on the cardboard was equivalent to the participant's span +1 + 3 distracters. The three distracter items were sampled without replacement from the remaining set of 30 items and placed on each cardboard. The three distracters were matched to each list of items in terms of frequency of use, number of syllables, familiarity, concreteness and visual complexity (Alario & Ferrand, 1999; Bonin et al., 2003; New et al., 2001). Both response conditions were tested at 1-week intervals to minimize practice effects; presentation order was counterbalanced, with half participants beginning with oral presentation and the other half beginning with picture-pointing presentation. Responses were scored according to both free recall and strict serial recall criterion (a response is correct only if the item is recalled in the

same order as presentation) to determine whether response modality effects in ISR are specific to item memory, as may be suggested in the literature.

Word processing

Pseudoword rhyme judgment. To evaluate the integrity of input phonological processing, a pseudoword rhyme judgment task was used (Caza & Belleville, 2008). A total of 32 pairs of disyllabic pseudowords were read to participants at a rate of one pair every two seconds. Half of the pairs rhymed. For each pair, participants were asked to decide whether the two items rhymed or not (yes/no).

Pseudoword repetition. The integrity of output phonological processing was assessed with a pseudoword repetition task (Belleville, Caza & Peretz, 2003). A total of 30 disyllabic and trisyllabic pseudowords were read to participants. After presentation of each pseudoword, participants were asked to repeat the item.

Picture naming. This task is taken from LEXIS (De Partz, Bilocq, Dewilde, Seron, & Pillon, 2001), a standardized language battery for French-speaking individuals. It includes 64 black and white drawings of objects and animals. Considering cultural aspects, one item (*latte*; in English, *slat*) was excluded because the term is rarely used by French Canadians (total = 63 items). Therefore, the picture-naming task for all participants in our study was composed of a set of 63 items with a mean log frequency of 31.99 ($SD = 67.32$) occurrences by million and a mean number of 1.51 syllables ($SD = 0.50$) (Lexique 3; New et al., 2001). Participants were instructed to name each object within a 30-second time limit. One point was given for each correct response.

Word-to-picture matching. This task from the LEXIS Battery (De Partz et al., 2001) involves the same 63 items used in the picture-naming task. Each participant was asked to point to the picture (e.g., trumpet) that corresponded to the item presented aurally. The target picture was presented among four types of distracters: a visuo-semantic distracter (e.g., bugle), a semantic distracter (e.g., bagpipe), a visual distracter (e.g., revolver) and an unrelated distracter (e.g., eagle). No time limit was imposed. One point was attributed to each correct response. The word-to-picture matching was administered to all participants at least one week after the picture-naming task.

In addition, we examined several important linguistic variables of the stimuli ($N = 70$) presented in the 10 memory lists to determine whether they differed from those used in the LEXIS battery ($N = 63$). On average, no significant difference was obtained in the number of syllables, $t(131) = 1.76, p = 0.08$ and in the log frequency of occurrence, $t(131) = 0.25, p = 0.81$ between lists. We also examined picture naming for these 70 stimuli in a subset of patients ($n = 8$) and controls ($n = 13$) to determine word-processing capacity for these specific items. Participants were asked to name each item from the set of black and white drawings used in the ISR task. One point was allowed for each correct response. This task was administered in the last testing session.

Visuo-perceptual processing

Orientation match task. This subtest (# 4) of the Birmingham Object Recognition Battery (BORB; Riddoch & Humphreys, 1993) evaluates lower level visuo-perceptual abilities. In this task, participants were asked to decide (yes/no) if two lines were parallel. A total of 30 trials were administered; one point was attributed for each correct response.

Position of gap match task. This subtest (# 5) of the BORB (Riddoch & Humphreys, 1993) also measures lower level visuo-perceptual abilities. In this task, two circles containing a gap are presented. Participants were asked to decide (yes/no) if the gaps were placed identical positions in each circle. A total of 40 trials were administrated; one point was attributed for each correct response.

Statistical Analyses

All data were analyzed using SPSS 16.0 for Windows. Statistical analyses were performed using two-tailed *t*-tests, chi-square or mixed analyses of variance (ANOVAs) with alpha levels set at .05; when the homogeneity of variance assumption was not met, appropriate correction measures were used. Pairwise comparisons in ANOVAs were adjusted for multiple comparisons with a Bonferroni correction. Partial eta squared (η_p^2) and Cohen's *d* were used as measures of effect size for ANOVAs and *t*-test analyses, respectively (Cohen, 1988; Tabachnik & Fidell, 2007).

Results

Visuo-perceptual Processing

Since pictures were used in the STM task, visuo-perceptual processing abilities were first assessed in both groups. As can be seen in Table 1, the DAT group showed poorer performance in the orientation match task (Subtest 4: BORB, Riddoch & Humphrey, 1993) than the control group, $t(19) = 2.10$, $p < .05$, $d = 0.66$, suggesting impaired visuo-perceptual processing in patients. No significant difference was observed between groups in the position of gap match task (Subtest 5: BORB, Riddoch & Humphrey, 1993), $t(19) = 0.88$, $p = .39$, $d = 0.28$.

Input/Output Phonology

Similarly, because the STM task involved input/output phonology, these abilities were compared between both groups (Table 2). For the pseudoword rhyme judgment task, statistical analyses revealed that scores were similar between the two groups, $t(38) = 1.80$, $p = .08$, $d = 0.57$, suggesting preserved input phonology in patients. For the pseudoword repetition task, performance was significantly poorer in DAT participants than in controls, $t(38) = 2.07$, $p < .05$, $d = 0.66$, suggesting impaired output phonology in patients.

Because of evidence suggesting that visuo-perceptual processing and/or output phonological deficits may contribute to impaired picture naming or repetition span in individuals with DAT, subsidiary analyses were performed in a subset of DAT participants created by removing individuals whose performance fell below two *SD* of the mean of the control group on subtest 4 of the BORB (Riddoch & Humphrey, 1993) and on the pseudoword repetition task. This resulted in exclusion of eight DAT participants; thus, a total of 12 DAT participants were compared to the 20 control participants. Importantly, this subgroup of patients was similar to the control group on the basis of age, $t(30) = 0.43$, $p = 0.67$, $d = 0.16$, and years of education, $t(30) = 1.03$, $p = 0.31$, $d = 0.38$, but differed from controls on the MMSE, the DRS and the GDS scores, $t(30) = 4.99$, $p < 0.001$, $d = 1.83$; $t(30) = 6.19$, $p < 0.001$, $d = 2.77$, and $t(30) = 2.00$, $p = 0.05$, $d = 0.73$, respectively.

Short-term Memory

First, performance on the word span measure used to determine individual list length in the ISR task was compared between groups (see Table 1). As expected,

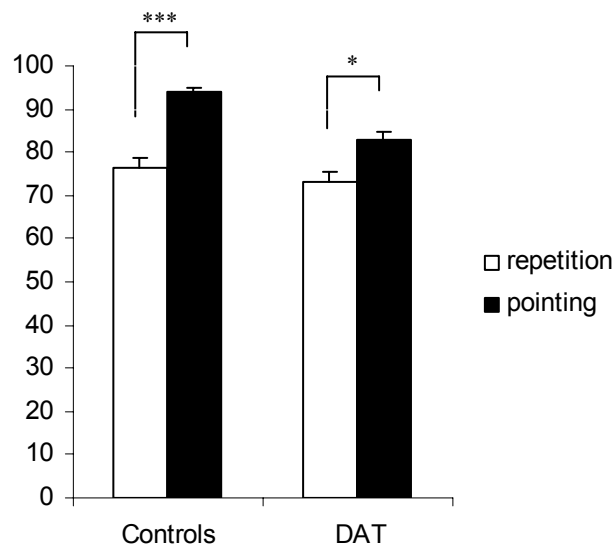
individuals with DAT had a lower word span than controls, $t(38) = 4.07$, $p < 0.001$, $d = 1.29$. Similar results were obtained when comparing the subset of DAT participants without visuo-perceptual/output phonological impairments to controls.

To compare the influence of response modality on ISR performance between groups, data were first analyzed using a measure of item memory (free recall criterion), as reported in N. Martin and Ayala (2004), followed by analyses using a measure of both item and order memory (strict recall criterion), as is generally found in the literature.

Free recall criterion. We examined the mean percentages of items correctly recalled in any serial position under oral and pointing response modalities in both groups. As can be seen in Figure 1, both groups recalled more items with picture pointing than with oral response. However, this beneficial effect from picture pointing appears reduced for DAT participants (oral: $M = 73.19\%$, $SD = 10.95$; pointing: $M = 82.8\%$, $SD = 8.34$) relative to controls (oral: $M = 76.19\%$, $SD = 10.95$; pointing: $M = 93.87\%$, $SD = 4.97$). This impression was confirmed by a mixed ANOVA that included Recall Modality (oral vs. pointing) and Group (DAT vs. control). The results of this analysis revealed significant main effects of Response Modality, $F(1, 38) = 95.31$, $MSE = 3723.45$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.72$, and Group, $F(1, 38) = 7.73$, $MSE = 494.28$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.17$. Importantly, the interaction between Group and Response Modality was significant, $F(1, 38) = 8.34$, $MSE = 325.79$, $p < 0.01$; $\eta_p^2 = 0.18$. Simple effect analyses indicated that the DAT group recalled, on average, a greater percentage of items by picture pointing than orally, $F(1, 38) = 9.74$, $MSE = 923.23$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.20$, as did controls, $F(1, 38) = 43.26$, $MSE = 3126.00$, $p <$

.001, $\eta_p^2 = 0.53$, suggesting that the interaction results from a smaller benefit from pointing in DAT individuals relative to controls. Similar results were obtained when comparing the subset of DAT participants without visuo-perceptual/output phonological impairments to controls.

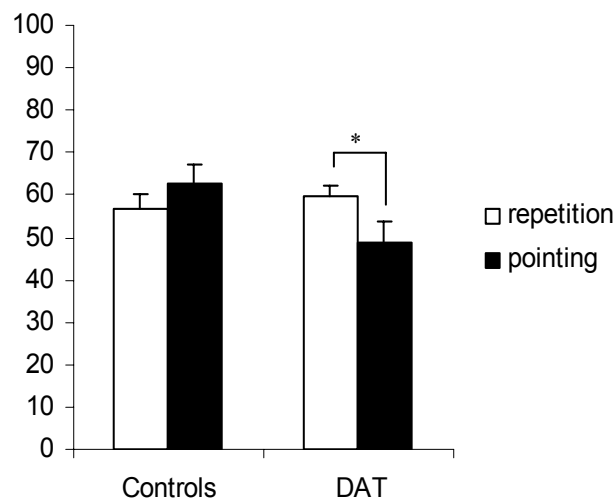
Figure 1. *Mean Percentages of Correct Responses (free recall criterion) on ISR as a Function of Response Modality and Group.*



Strict serial recall criterion. We also examined the mean percentages of items recalled in the correct serial position under oral and pointing response modalities in both groups. As seen in Figure 2, when both item and order were considered, individuals in the control group performed similarly in both response modalities (oral: $M = 56.49\%$, $SD = 16.51$; pointing: $M = 62.48\%$, $SD = 20.19$) whereas DAT patients appeared to be more impaired with picture pointing ($M = 48.74\%$, $SD = 21.54$) than with oral responses ($M = 59.84\%$, $SD = 11.35$). Results of a mixed ANOVA that included Response Modality (oral

vs. pointing) and Group (patient vs. control) confirmed this impression. The main effects of Response Modality, $F(1, 38) = 0.741$, $MSE = 130.18$, $p = .40$, $\eta_p^2 = 0.02$, and Group, $F(1, 38) = 1.17$, $MSE = 539.29$, $p = .286$, $\eta_p^2 = 0.03$, were not significant. However, a significant interaction between Response Modality and Group was obtained, $F(1, 38) = 8.31$, $MSE = 1461.62$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.18$. Simple effect analyses indicated that the DAT group recalled a smaller percentage of items in the pointing than in the oral response modality, $F(1, 38) = 4.16$, $MSE = 1232.1$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.10$, whereas controls performed similarly in both conditions, $F(1, 38) = 1.06$, $MSE = 359.70$, $p = .31$, $\eta_p^2 = 0.03$. Similar results were obtained when comparing the subset of DAT participants without visuo-perceptual/output phonological impairments to controls.

Figure 2. Mean Percentages of Correct Responses (strict serial recall criterion) for ISR Performance as a Function of Response Modality and Group.



Lexical-semantic Processing.

The results for DAT patients and controls in picture naming and word-to-picture matching are presented in Table 2. The number of correct responses in the picture-naming task was reduced in DAT participants relative to controls, $t(38) = 5.02$, $p < .001$, $d = 1.59$. Number of correct responses in the word-to-picture matching task was also reduced in DAT participants relative to controls, $t(38) = 3.45$, $p < .01$, $d = 1.09$. After DAT participants with visuo-perceptual/output phonological impairment were excluded from the analyses, similar results were obtained for the picture-naming and word-to-picture matching tests.

Table 2. *Performance on Word Processing Task in Controls and DAT Groups*

	Controls (n = 20)	DAT (n = 20)
<i>Phonological processing</i>		
Pseudoword repetition (/30)	28.05 (1.73)	26.05 (3.95)*
Pseudoword rhyme judgment (/32)	30.85 (1.09)	30.10 (1.52)
<i>Lexico-semantic processing</i>		
Picture naming (<i>LEXIS</i>) (/63)	54.10 (5.34)	42.75 (8.60)***
Word-to-picture matching (<i>LEXIS</i>) (/63)	60.85 (1.57)	57.20 (4.47)**
Picture naming (ISR items) (%)	93.59 (5.07)	87.71 (7.34)*

We also examined consistency at the item-by-item level by calculating the number of correct and incorrect responses for a given item between picture naming and word-to-picture matching tasks in control and DAT participants (see Table 3). Since pictures were used in our STM task and a picture-naming deficit was found in DAT patients (reported above), the purpose of consistency analyses was to determine the functional locus of the picture-naming deficit as it is relevant to the response modality effect. That is, these analyses aimed to see whether patients' naming deficits reflected a loss of semantic knowledge at the item level or difficulty accessing lexical-phonological representations with relatively preserved semantic knowledge. First, item analysis using a chi-squared test showed an association between responses to picture naming and word-to-picture matching in both DAT, $\chi^2(1) = 112.47, p < .001$, and control groups, $\chi^2(1) = 124.23, p < .001$. Importantly, a chi-squared analysis was performed between groups on the percentage of items that were incorrectly named. Results showed no significant difference between DAT patients and controls, $\chi^2(1) = 1.51, p = .22$, suggesting a similar pattern of correct and incorrect responses in the word-to-picture matching task amongst incorrectly named pictures between groups. Similar results were obtained when comparing the subset of DAT participants without visuo-perceptual/output phonological impairments to controls.

Table 3. *Number of Correct and Incorrect Responses (percentage in parentheses) at the Item-Specific Level for Picture Naming and Word-to-Picture Matching in Control and DAT Groups*

Picture Naming	Word-to-Picture Matching		
	Correct	Incorrect	Total
Controls (n = 20) ^a			
Correct	1071 (98.89%)	12 (1.11%)	1083 (85.95 %)
<i>Incorrect</i> ^c	<i>146 (82.49%)</i>	<i>31 (17.51%)</i>	<i>177 (14.05 %)</i>
Total			1260 items
DAT (n = 20) ^b			
Correct	831 (96.63%)	29 (3.37 %)	860 (68.25%)
<i>Incorrect</i> ^c	<i>312 (78.00%)</i>	<i>88 (22.00%)</i>	<i>400 (31.75%)</i>
Total			1260 items

^a chi-squared test for controls; ^b chi-squared test for DAT patients; ^c chi-squared test for incorrect responses to picture naming (in italics) between groups.

Discussion

The results from this study are clear and, to our knowledge, are the first to indicate that response modality affects verbal STM performance in both mild DAT and healthy older participants. As predicted by the IA model (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), picture-pointing response increased item memory compared to oral response in all participants. These findings are in agreement with those in N. Martin and

Ayala study's (2004) showing that performance (as measured by a free recall criterion) in pointing span is superior to repetition span in aphasic speakers with relatively preserved semantic abilities compared to phonological ones. Furthermore, because our study included a control group, we were able to demonstrate that the response modality effect was reduced in patients relative to controls, which is consistent with their word-processing deficits. Additionally, the picture-pointing response was found to have no effect in controls, but impaired performance in DAT group when order memory was considered in addition to item memory. These latter findings also support previous studies showing that lexico-semantic knowledge exerts its influence on memory for item rather than for order (Gathercole, Pickering, Hall, Peaker, 2001; Poirier & Saint-Aubin, 1995, 1996; Saint-Aubin & Poirier, 1999; Jefferies, Frankish, Lambon-Ralph, 2006).

Improved item memory performance with picture pointing in all participants can be explained by the use of semantic knowledge to support memory performance. Based on psycholinguistic models of STM (e.g., N. Martin & Saffran, 1997; N. Martin & Gupta, 2004; R.C. Martin et al, 1994), the role of semantic representations in STM performance is influenced by the order in which they are first activated for output, which in turn is determined by response modality. In our paradigm, it is assumed that pictures first activated the semantic level of representation in the pointing task, allowing semantic representations to be more influential relative to the oral response task, which may rely exclusively on phonological representations but, in any case, activated semantic representations after the phonological ones. In line with this view, all participants showed increased item memory

with pointing response, which was assumed to reflect the greater contribution of semantic knowledge to ISR in the picture pointing than in the oral response task.

Moreover, the item-by-item analyses of the picture-naming and the word-to picture matching tests support our interpretation of the response modality effect. Results not only showed that patients were able to correctly match an important percentage of items that they correctly named ($M = 96.63\%$), as did controls ($M = 98.89\%$), but also that there was no significant group difference in the percentage of items that participants matched correctly or incorrectly when they failed to name these items correctly (patients, $M = 78.00\%$; controls, $M = 82.49\%$). Similar results were obtained in others studies (Hodges et al., 1992; Astell & Harley, 1998). These latter findings are compatible with the view that mild DAT patients in the present study had relatively preserved semantic knowledge that may be used to support item memory, and therefore, their picture-naming deficits were likely attributed to impaired access to word forms.

Other evidence linking patients' naming deficits to impaired lexical-phonological access is found in a study by Balthazar and colleagues (2008). In this study, authors first showed a picture-naming deficit in mild DAT patients compared to a control group. However, when phonemic cueing was used, similar performance was observed between groups, suggesting difficulty retrieving lexical-phonological information for naming in patients. These findings are consistent with the fact that, in the present study and in that of Balthazar and collaborators, patients had mild dementia. The level of severity of dementia may explain the discrepancy between our study and that of Chertkow and Bub (1990), who

found item consistency between impairment in word-to-picture matching and picture-naming tasks in 10 individuals with DAT, suggesting semantic degradation as the functional locus for naming deficits. However, all 10 DAT participants tested had severe to mild dementia based on their score on MMSE ($M = 17.3$, range = 8-24). Another important difference between our study and theirs is that only used semantic distracters were used in Chertkow & Bub's (1990) word-to-picture matching task, therefore increasing the likelihood of incorrect responses; in the word-to-picture matching task employed here, four types of distracters were used, as described in the Method Section. However, this is not to say that the DAT group in the present study did not have semantic deficits; not only were patients impaired as a group on both picture naming and word-to-picture matching tasks relative to controls, but a Response X Group interaction when using a free recall criterion suggests at least some level of semantic degradation that may have prevented patients from recalling items at the same level as controls.

Importantly, data using a strict serial recall criterion reported here also support findings from previous studies which manipulated lexico-semantic variables of studied items (Jefferies et al., 2006; Poirier & Saint-Aubin, 1996; Romani et al., 2008; Saint-Aubin & Poirier, 1999). These STM studies indicate that lexico-semantic information affects item but not order memory in healthy young participants, as was found in the present study. First considering the performance of controls, our data indicate similar ISR with oral and pointing responses. This finding is also consistent with that of Chassé & Belleville (2009; Experiment 1) in healthy middle-aged adults. Interestingly, in our study, performance of

DAT participants was impaired in the picture-pointing response condition relative to the oral response condition when using a strict serial recall criterion. Several explanations may account for this finding.

First, it is possible that some individuals with DAT present with an impairment in processing serial order. According to some psycholinguistic models (Gupta & Macwhinney, 1997; Majerus, 2009), the storage of item information is distinguished from the capacity to maintain serial order for sequentially presented items. A meta-analysis including 40 studies with 1351 DAT (Schroeter, Stein, Maslowski, & Neumann, 2009) showed bilateral atrophy of the inferior parietal lobes in DAT patients, a region known to affect order memory and sequential treatment (Jubault, Ody, & Koechlin, 2007; Majerus, Poncelet, & Van Der Linden, 2006). However, Peters et al. (2009) did not find differential activation in this region between DAT and control groups during immediate recognition, but this may be due to the fact that authors used probe memory, a task which involves only item memory. Further investigation of this issue with tasks designed to tease apart item and order memory is needed in DAT patients.

Another possibility which may explain performance in patients with strict serial recall criteria relates to attentional control dysfunction. The picture-pointing response condition requires dual tasking, as patients have to recognize the pictures as well as rehearse the word list. The processing involved in recognizing the pictures (which the patients are obviously able to do, given our findings with free recall criteria) may reduce general attentional resources, therefore exerting a detrimental influence on memory for

order. Although N. Martin and Saffran (1997) do not include attentional processes in their model, others psycholinguistic models assume the existence of attentional processes working with linguistic processing (Majerus, 2009).

Similarly, patients' impaired access to lexical-phonological representations, which affect picture naming, as well as their phonological output deficits, may be related to reduced inhibitory control over competing phonological outputs (Faust, Balota, & Multhaup, 2004). In the present study, evidence was found for impaired performance on the Stroop test (see Table 1) in patients relative to controls. Deficits on this test have been associated with difficulty inhibiting automatic verbal responses in DAT patients (e.g., Collette et al., 2007; Spieler, Balota, & Faust, 1996); such a deficit is likely to affect ISR performance in these patients.

There are some possible limitations to this study. First, one could argue that recall (used in the oral response condition) is more difficult than recognition (used in the pointing response condition) given that the latter provides cues for memory. However, this factor is unlikely to have affected results, since use of semantic knowledge for processing pictures did not translate into an overall improvement in performance when a strict serial recall criterion was used in either patients or controls. Similarly, in the only other study we know of that manipulated response modality in ISR (Chassé & Belleville, 2009), no effect of response modality was found in controls when comparing oral to picture pointing response, using a strict serial recall criterion. Importantly, in our paradigm, the participant had to

point serially to each picture from an array of pictures that included distracter items, thus providing as many responses in the oral than in the pointing condition.

In spite of these possible limitations, this study has many strong points. Namely, it is noteworthy that the response modality effects observed here cannot be attributed to either visuo-perceptual or phonological output impairment in patients, since subsidiary analyses in a subgroup of patients performing below two SD of the mean of control participants on visuo-perceptual and phonological output tests confirmed findings from the larger group. At the clinical level, this study has important implications for understanding STM impairment reported in most DAT patients. Current clinical assessment of verbal STM is typically limited to digit span with aural presentation and oral response modalities. However, the present findings in DAT patients, as well as those in aphasic patients (N. Martin & Ayala, 2004), suggest that some clinical populations may be very sensitive to the response modality used to measure STM performance due to their language-processing deficits. Overall, these findings further suggest that there is not a single valid measure of verbal STM that is language independent. Additionally, the improvement of item memory when pointing responses are used support the idea that language abilities need to be considered when assessing STM in DAT patients; use of ISR with different response modalities may help pinpoint the nature of the word-processing deficits in some clinical populations, congruent with psycholinguistics models suggesting that verbal STM performance is language-dependent.

References

- Alario, F. X., & Ferrand, L. (1999). A set of 400 pictures standardized for French: norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition. *Behavioral Research Methods, Instruments & Computers*, 31, 531-552.
- Allport, D. A. (1984). Auditory-verbal short-term memory and conduction aphasia. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance X Control of language processes* (pp. 313-325).
- Astell, A. J., & Harley, T. A. (1998). Naming problems in dementia: Semantic or lexical? *Aphasiology*, 12(4/5), 357-374.
- Baddeley, A. D., Baddeley, H. A., Bucks, R. S., & Wilcock, G. K. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain*, 124, 1492-1508.
- Balthazar, M. L. F., Cendes, F., & Damasceno, B. P. (2008). Semantic Error patterns on the boston naming test in normal aging, amnesic mild cognitive impairment, and mild alzheimer's disease: Is there semantic disruption? *Neuropsychology*, 22(6), 703-709.
- 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.
- Belleville, S., Peretz, I., & Malenfant, D. (1996). Examination of the working memory components in normal aging and in dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychologia*, 34(3), 195-207.
- Bonin, P., Peereman, R., Malardier, N., Méot, A., & Chalard, M. (2003). A new set of 299 pictures standardized in French for name agreement, image agreement, conceptual familiarity, visual complexity, image variability, age of acquisition, and naming latencies. *Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers*, 35, 158-167.
- Caza, N., & Belleville, S. (1999). Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology*, 34(5-6), 334-338.

- Caza, N., & Belleville, S. (2008). Reduced short-term memory capacity in Alzheimer's disease: The role of phonological, lexical, and semantic processing. *Memory, 16*(4), 341 - 350
- Caza, N., Belleville, S., & Gilbert, B. (2002). How loss of meaning with preservation of phonological word form affects immediate serial recall performance: a linguistic account. *Neurocase, 8*(4), 255-273.
- Chassé, V., & Belleville, S. (2009). Input and output modes modulate phonological and semantic contributions to immediate serial recall: Evidence from a brain-damaged patient. *Cognitive Neuropsychology, 26*(2), 195-216.
- Chertkow, H., & Bub, D. (1990). Semantic memory loss in dementia of Alzheimer's type. What do various measures measure? *Brain, 113*(Pt 2), 397-417.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences (2nd ed.)* (NJ: Erlbaum ed.). Hillsdale.
- Collette, F., Amieva, H., Adam, S., Hogge, M., Van der Linden, M., Fabrigoule, C., et al. (2007). Comparison of inhibitory functioning in mild Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Cortex, 43*(866-874).
- Collette, F., Van Der Linden, M., Bechet, S., & Salmon, E. (1999). Phonological loop and central executive functioning in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia, 37*, 905-918.
- Croot, K., Hodges, J. R., Xuereb, J., & Patterson, K. (2000). Phonological and articulatory impairment in Alzheimer's Disease: A case series. *Brain and Language, 76*, 277-309.
- Cycowicz, Y. M., Friedman, D., Rothstein, M., & Snodgrass, J. G. (1997). Picture naming by young children: Norms for name agreement, familiarity and visual complexity. *Journal of Experimental Child Psychology, 65*, 171-237.
- De Partz, M. P., Bilocq, V., Dewilde, V., Seron, X., & Pillon, A. (2001). *LEXIS : Tests pour le diagnostic des troubles lexicaux chez le patient aphasique*: Solal: Marseille.

- Faust, M. E., Balota, D. A., & Multhaup, K. S. (2004). Phonological blocking during picture naming in dementia of the alzheimer type. *Neuropsychology, 18*(3), 526-536.
- 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*(3), 189-198.
- Garrard, P., Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., Pratt, K. H., & Hodges, J. R. (2005). Semantic feature knowledge and picture naming in dementia of Alzheimer's type: A new approach. *Brain and Language, 93*, 79-94.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Hall, M., & Peaker, S. M. (2001). Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 54A*(1), 1-30.
- Grober, E., & Buschke, H. (1987). Genuine memory deficits in dementia. *Developmental Psychology, 3*(1), 13-36.
- Gupta, P., & Macwhinney, B. (1997). Vocabulary acquisition and verbal short-term memory: Computational and neural bases. *Brain and Language, 59*, 267-333.
- Hodges, J. R., & Patterson, K. (1995). Is semantic memory consistently impaired early in the course of Alzheimer's Disease? Neuroanatomical and diagnostic implications. *Neuropsychologia, 33*(4), 441-459.
- Hodges, J. R., Patterson, K., Graham, N., & Dawson, K. (1996). Naming and knowing in dementia of alzheimer's type. *Brain and language, 54*, 302-325.
- Hodges, J. R., Salmon, D. P., & Butters, N. (1991). The nature of the naming deficit in Alzheimer's and hungtington's disease. *Brain, 114*, 1547-1558.
- Hodges, J. R., Salmon, D. P., & Butters, N. (1992). Semantic memory impairment in Alzheimer's disease: failure of access or degraded knowledge? *Neuropsychologia, 30*(4), 301-314.
- Howard, D., & Franklin, S. (1990). Memory without rehearsal. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments os short term memory* (pp. 287-317).

- Huff, F. J., Corkin, S., & Growdon, J. H. (1986). Semantic impairment and anomia in Alzheimer's disease. *Brain & Language*, 28(2), 235-249.
- Hulme, C., Lee, G., & Brown, G. D. A. (1993). Short-term memory impairments in Alzheimer-type dementia: Evidence for separable impairments of articulatory rehearsal and long-term memory. *Neuropsychologia*, 31(2), 161-172.
- Jefferies, E., Frankish, C., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Lexical and semantic influences on item and order memory in immediate serial recognition: evidence from a novel task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(5), 949-964.
- Jubault, T., Ody, C., & Koechlin, E. (2007). Serial organization of human behavior in the inferior parietal cortex. *The journal of Neuroscience*, 27(41), 11028-11036.
- Kopelman, M. D. (1985). Rates of forgetting in Alzheimer-type dementia and Korsakoff's syndrome. *Neuropsychologia*, 23(5), 623-638.
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: the importance of distinguishing item and order information. In A. S. Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain* (pp. 244-276). Hove, UK: Psychological Press.
- Majerus, S., Poncelet, M., & Van Der Linden, M. (2006). The left intraparietal sulcus and verbal short-term memory: Focus of attention or serial order? *Neuroimage*, 32(2), 880-891.
- Martin, N., & Ayala, J. (2004). Measurements of auditory-verbal STM span in aphasia: Effects of item, task, and lexical impairment. *Brain and Language*, 89, 464-483.
- Martin, N., & Gupta, P. (2004). Exploring the relationship between word processing and verbal short-term memory: Evidence from associations and dissociations. *Cognitive Neuropsychology*, 21(213-228), 213-228.
- Martin, N., & Saffran, E. M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 641-682.
- Martin, R. C., & Romani, C. (1994). Verbal Working Memory and Sentences Comprehension: A Multiple-Components View. *Neuropsychology*, 8(4), 306-323.

- Mattis, S. (1988). *Dementia Rating Scale Professional Manual*. Odessa: Psychological Assessment Resources.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., & Stadlan, E. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA Work Group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's disease. *Neurology*, *34*, 939-944.
- Miller, E. (1972). Efficiency of coding and the short-term memory deficit in presenile dementia. *Neuropsychologia*, *10*, 221-224.
- Morris, R. G. (1984). Dementia and the functioning of the articulatory loop system. *Cognitive Neuropsychology*, *1*, 143-157.
- Nebes, R. D. (1989). Semantic memory in Alzheimer's disease. *Psychological Bulletin*, *106*(3), 377-394.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE. *L'Année Psychologique*, *101*, 447-462.
- Ober, B. A., & Shenaut, G. K. (1988). Lexical decision and priming in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *26*(2), 273-286.
- Patterson, K., Graham, N., & Hodges, J. R. (1994). The impact of semantic memory loss on phonological representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *6*(1), 57-69.
- Peters, F., Collette, F., Degueldre, C., Sterpenich, V., Majerus, S., & Salmon, E. (2009). The neural correlates of verbal short-term memory in Alzheimer's disease: an fMRI study. *Brain*, 2009, 1833-1846.
- Peters, F., Majerus, S., de Baerdemaeker, J., Salmon, E., & Collette, F. (2009). Impaired semantic knowledge underlies the reduced verbal short-term storage capacity in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*.
- Peters, F., Majerus, S., Olivier, L., Van der Linden, M., Salmon, E., & Colette, F. (2007). A multicomponent exploration of verbal short-term storage deficits in normal aging and Alzheimer's disease. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, *29*(4), 405-417.

- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: Further evidence on the influence of semantic factors in ISR. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *48A*, 384-404.
- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1996). Immediate Serial Recall, Word Frequency, Item Identity and Item Position. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *50*(4), 408-412.
- Riddoch, M. J., & Humphreys, G. W. (1993). *Birmingham Object Recognition Battery*: Hove, England: Erlbaum.
- Rochford, G. (1971). A study of naming errors in dysphasic and in demented patients. *Neuropsychologia*, *9*, 437-443.
- Romani, C., McAlpine, S., & Martin, R. C. (2008). Concreteness effects in different tasks: implications for models of short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *61*(2), 292-323.
- Saint-Aubin, J., & Poirier, M. (1999). Semantic Similarity and Immediate Serial Recall: Is There a Detrimental Effect on Order Information? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *52A*(2), 367-394.
- Schroeter, M. L., Stein, T., Maslowski, N., & Neumann, J. (2009). Neural correlates of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: A systematic and quantitative meta-analysis involving 1351 patients. *Neuroimage*, *2009*, 1196-1206.
- Sheikh, J. I., & Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS): Recent evidence and development of a shorter version. *Clinical Gerontologist*, *5*(1-2), 165-173.
- Spieler, D. H., Balota, D. A., & Faust, M. E. (1996). Stroop Performance in Healthy Younger and Older Adults and in Individuals With Dementia of the Alzheimer's Type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* *22*(2), 461-479.
- Tabachnik, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Van der Linden, M., Adam, S., Agniel, A., & GREMEM, e. l. m. d. (2004). *L'évaluation des troubles de la mémoire. Présentation de quatre tests de mémoire épisodique (avec leur étalonnage)*. (Solal ed.). Marseille.

Warrington, E. K., & Shallice, T. (1979). Semantic access dyslexia. *Brain*, *106*, 859-878.

CHAPITRE 4 : Discussion générale

1. Rappel des objectifs de la thèse

L'observation d'une co-existence entre des atteintes en RCTv et en langage dans plusieurs pathologies a conduit certains chercheurs à concevoir une alternative à la conceptualisation classique de la RCTv, telle que proposée par le modèle initial de la mémoire de travail (Baddeley, 1986). Particulièrement, les travaux sur l'aphasie ont conduit à l'émergence d'une approche psycholinguistique de la RCTv, postulant que le traitement et le maintien des mots font appel à des processus communs. Cette approche, et particulièrement le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), prédit que les capacités en RCTv sont modulées par les caractéristiques linguistiques engagées durant l'épreuve, qui elles-mêmes varient selon la nature des mots et la modalité de rappel, ainsi que les compétences linguistiques des individus.

Pour tester ces prédictions, deux études ont été proposées dans le cadre de cette thèse. La première étude visait à vérifier si la contribution des représentations sémantiques sur la RCTv reflète l'organisation du système sémantique, tel que le suggère l'approche psycholinguistique. Basée sur le principe d'une activation interactive diffuse, cette approche assume que les représentations sémantiques, activées lors de la présentation de listes de mots, vont aussi activer par rétroaction les mots associés aux mots cibles. Pour vérifier l'activation d'associés aux mots cibles durant la rétention temporaire verbale, une

adaptation du paradigme DRM a été utilisée dans une épreuve de reconnaissance sérielle immédiate de listes de mots associés à un leurre. Un effet de fausse reconnaissance des leures (activés indirectement suivant l'activation des représentations sémantiques) était prédit à cette épreuve, appuyant ainsi l'hypothèse d'une activation interactive et diffuse entre les différentes représentations des mots. De plus, une augmentation de cet effet était attendue en condition de suppression articulatoire, une condition qui réduit les possibilités de répéter mentalement la liste et minimise l'impact des représentations phonologiques. Cette condition favorise en contrepartie l'émergence des effets sémantiques.

La seconde étude avait pour objectif d'étendre la validité de l'approche psycholinguistique et particulièrement du modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997) à la DTA, une population clinique qui présente à la fois des atteintes en RCTv et en langage. En effet, bien que plusieurs supports à l'approche psycholinguistique ont été fournis à partir d'études chez les personnes aphasiques, la validité de cette approche manque auprès d'autres populations cliniques. Un intérêt particulier s'est porté sur la contribution de la modalité de rappel sur la performance en RCTv. En considérant que le rappel oral et le pointage d'images n'engagent pas dans la même mesure les différentes représentations du mot (N. Martin & Ayala, 2004) et que les participants atteints de DTA présentent des perturbations spécifiques au sein du système linguistique, il était attendu que les performances au RSI diffèrent en fonction du groupe et de la modalité de rappel.

2. Résumé des principaux résultats

Conformément aux prédictions émises par le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997), les principales données de cette thèse fournissent une démonstration de l'influence de la nature de l'item, du contexte de rappel et du type d'atteinte linguistique sur les performances en RCTv.

Les résultats du premier article montrent une contribution des liens associatifs des mots sur la RCTv. Deux expériences ont permis de confirmer nos hypothèses en mettant en évidence:

1) la présence d'un effet de fausse reconnaissance des leurres en reconnaissance sérielle immédiate chez l'individu sain, c'est-à-dire que les adultes sans atteinte neurologique ont tendance à faussement reconnaître les listes contenant un leurre comme faisant partie de la liste à retenir.

2) une augmentation de cet effet en suppression articulatoire. Lorsque les participants ne peuvent répéter la liste tout au long de la tâche de mémoire, la probabilité de faussement reconnaître le leurre s'accroît.

Les résultats du second article indiquent, par ailleurs, que la modalité de réponse au RSI module la performance en RCTv chez les participants âgés sans atteinte neurologique et chez ceux atteints de la DTA. Lorsque l'on ne tient pas compte de l'ordre du rappel des mots dans la cotation, tous les participants récupèrent plus d'items au RSI en condition de

pointage d'images plutôt qu'en rappel oral, mais le support du pointage d'images est moindre chez les participants avec DTA. Lorsque l'ordre du rappel des mots est également considéré dans la cotation, les contrôles obtiennent des performances équivalentes aux deux modalités de rappel. Par contre, les performances diminuent au pointage d'images chez les participants atteints de DTA. Ces données sont compatibles avec les atteintes du système de traitement du mot, également trouvées chez ces participants. Elles se caractérisent principalement par une atteinte d'accès aux représentations phonologiques lors de la production verbale. On retrouve aussi, dans une moindre mesure, une atteinte des représentations sémantiques.

3. Implications théoriques

3.1. Interprétation des effets d'associés en reconnaissance sérielle immédiate

Dans le premier article, nous avons mis en évidence pour la première fois, une contribution des liens associatifs sur la performance en reconnaissance sérielle immédiate. Ces données confirment d'autres travaux récents en reconnaissance de cibles et rappel libre de courtes séquences de mots (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al., 2010). De plus, ces données étendent en RCTv ce qui avait déjà été observé en langage à partir d'une dénomination d'images multiples reliées sémantiquement par la catégorie

(Laine & Martin, 1996). Les auteurs avaient notamment mis en évidence que les participants adultes faisaient plus d'erreurs sémantiquement reliées durant cette épreuve. Ces données avaient été interprétées comme le reflet d'une diffusion de l'activation au sein du réseau sémantique.

La présence d'un effet d'associés en RCTv corrobore le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997) qui met l'emphase sur une activation diffuse au système de traitement des mots durant leur rétention. Le modèle postule que, durant le traitement d'un ou plusieurs mots, les différents niveaux de représentations vont être activés via des connexions bidirectionnelles. Ce processus active les mots présentés, mais également les mots qui partagent les mêmes représentations linguistiques. Lors de la présentation d'une liste de mots associés à un leurre, ce dernier sera activé par chacun des mots associés (même s'il n'est pas présenté), augmentant sa probabilité d'être rappelé ou reconnu.

Un des résultats particulièrement novateurs de la présente thèse concerne l'impact de la suppression articulatoire sur l'effet de fausse reconnaissance immédiate. Dans deux expériences, nos données indiquent de façon robuste une augmentation de l'effet de fausse reconnaissance en situation de suppression articulatoire. À notre connaissance, aucune autre étude n'a, à ce jour, étudié spécifiquement cet effet. Plusieurs travaux appuient nos données en démontrant l'impact de la suppression articulatoire sur l'accentuation d'autres effets sémantiques, comme la concrétude et la catégorie sémantique (Caza & Belleville, 1999; Romani et al., 2008; Saint-Aubin & Poirier, 1999). Au plan théorique, l'effet de la

suppression articulatoire sur la fausse reconnaissance en RCTv est attendu par l'approche psycholinguistique. La suppression articulatoire a pour effet de réduire la contribution des représentations phonologiques et ainsi d'accroître le poids des représentations sémantiques, ce qui augmente la probabilité de faussement reconnaître le leurre.

Ces résultats sont également compatibles par les autres modèles psycholinguistiques qui prônent l'existence d'une activation diffuse au sein du système de traitement du mot (Majerus, 2009; R. C. Martin et al., 1999). Il est à noter que le modèle de Nairne (1990; 2002) peut aussi rendre compte de ces effets. Pour rappel, selon ce modèle, l'oubli résulte d'un processus d'interférence plutôt que d'une dégradation de l'activation. L'interférence apparaît dépendamment du degré de similarité entre les traits émergents des mots présentés; l'augmentation de la similarité entre les traits réduit la probabilité de rappel. Lors de la présentation des listes de mots associés à un leurre, les traits communs entre les mots associés et le leurre sont élevés, augmentant la probabilité de faussement reconnaître le leurre. La suppression articulatoire a pour effet d'augmenter le degré de similarité entre les indices existants, amplifiant ainsi l'effet de fausse reconnaissance.

3.2. Interprétation de l'effet de modalité de rappel sur le RSI

Dans le second article, un effet de modalité de rappel sur la mémoire de l'item a été identifié chez les participants contrôles et ceux atteints de la DTA. Tous les participants récupéraient plus d'items au RSI en condition de pointage d'images par rapport à la condition de rappel oral. Selon le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta,

2004; N. Martin & Saffran, 1997), cet effet pourrait être expliqué par une augmentation de l'utilisation des connaissances sémantiques des mots pour supporter la performance en mémoire. Selon ce modèle, le poids des représentations linguistiques des mots diffère en fonction du contexte de rappel. En rappel oral, les représentations phonologiques sont primordiales alors qu'en rappel pointé, les représentations sémantiques sont essentielles à la performance.

Le support du pointage d'images chez les participants avec DTA indique qu'ils détiennent des connaissances sémantiques suffisantes pour supporter la performance en RCTv. Ceci est conforté par leurs performances aux épreuves langagières administrées. L'analyse item par item des performances aux tests de dénomination et de désignation d'images met en évidence des difficultés prépondérantes d'accès aux représentations phonologiques chez notre groupe de participants atteints de DTA. Les difficultés d'accès chez les patients DTA à des stades légers de la maladie ont également été retrouvées dans des études antérieures (Astell & Harley, 1998; Balthazar et al., 2008). Comme attendu, ils sont aidés lorsque le contexte de rappel en RCTv n'implique pas de production verbale, tel qu'en pointage d'images comparativement au rappel oral. Toutefois, le support est réduit par rapport à celui des participants contrôles probablement en raison d'une certaine perturbation au niveau du traitement des connaissances sémantiques. Ceci est appuyé par l'étude de N. Martin et Ayala (2004) qui a montré que le rappel en pointage d'images est plus faible que le rappel oral chez des aphasiques qui présentaient des atteintes prépondérantes du traitement sémantique du mot. En effet, même si les troubles de

dénomination semblent résulter essentiellement d'un problème d'accès lexical, une atteinte des connaissances sémantiques chez les individus atteints de DTA peut abaisser le support du pointage d'images lors d'un RSI.

Un effet de modalité a aussi été obtenu, mais uniquement chez les patients, lorsque le rappel de l'item et de l'ordre sériel était considéré dans la cotation. Bien que le modèle initial d'activation interactive n'inclue pas de processus spécifique impliqué dans la mémoire de l'ordre, N. Martin et Ayala (2004) estiment que le modèle d'activation interactive est compatible avec celui de Gupta et MacWhinney (1997) qui incorpore un système de mémorisation de la séquence au système de traitement (incluant un niveau phonologique, lexical et sémantique). N. Martin et Gupta (2004) ajoutent que le système de mémorisation de la séquence serait étroitement relié au système de traitement du mot via le niveau lexical et phonologique de sortie. Une perturbation de ce système de mémorisation de la séquence chez les participants avec DTA pourrait rendre compte de leurs difficultés à récupérer l'ordre des items lors du pointage d'images.

Dans la lignée du modèle d'activation interactive, Majerus (2009) propose un modèle qui distingue les mécanismes attentionnels de ceux impliqués dans le stockage de l'ordre sériel, les deux interagissant étroitement avec le système de traitement du mot. Une réduction des capacités attentionnelles, souvent rapportées dans la DTA, pourrait réduire l'efficacité de la mémoire de l'item et de l'ordre en pointage d'images. Cette condition de rappel engage possiblement des ressources attentionnelles plus importantes qu'en rappel oral, car elle implique un traitement supplémentaire en raison des modalités d'entrée et de

sortie différentes. Notons que ce dernier modèle ne comprend pas de processus exécutifs, tels que les processus d'inhibition, qui pourraient intervenir lors de la RCTv. Les difficultés d'inhibition des DTA, identifiées au Stroop dans notre étude, pourraient gêner la sélection des items, réduisant leur performance (Hamilton & Martin, 2007; R. C. Martin & Allen, 2008). Des appuis expérimentaux complémentaires sont nécessaires pour vérifier cette hypothèse.

3.3. Implication d'une contribution sémantique précoce sur la performance en RCTv

Les deux études de cette thèse indiquent, par ailleurs, que les caractéristiques linguistiques des mots influencent la performance même lorsque l'épreuve n'implique pas de production verbale. Dans l'étude 1, l'évaluation de la RCTv repose sur une reconnaissance sérielle immédiate sous modalité auditive et, dans l'étude 2, une reconnaissance sérielle immédiate est présentée sous modalité visuelle (images avec distracteurs). Dans la première étude, les effets d'associés se maintiennent, voire augmentent, lorsque les participants ne peuvent répéter les listes. Ces données suggèrent donc que les influences linguistiques interviennent tôt en RCTv, soit dès l'encodage des informations verbales. Ceci est supporté par les études en neuroimagerie fonctionnelle et électrophysiologie montrant que les régions qui sous-tendent le traitement du mot (région temporale gauche aux niveaux supérieur, médial et inférieur) sont activées durant les épreuves de RCTv et restent actives tout au long du processus de rétention (Collette et al., 2001; Majerus et al., 2010; Ruchkin et al., 1999).

Ces données ont des implications théoriques intéressantes en raison des divergences persistantes concernant le moment où interviennent les influences de la mémoire à long terme sur la performance en RCTv. Selon le modèle de Baddeley (2003), les habiletés langagières pourraient avoir une influence sur la RCTv au moment de la production verbale des mots et lors de la récapitulation articulatoire plutôt que directement sur le stockage phonologique en tant que tel. La présence d'un effet d'associés en reconnaissance sérielle immédiate, accru en condition de suppression articulatoire, chez l'individu adulte va à l'encontre de ces prédictions. Toutefois, une relation directe entre le stock phonologique et le système langagier pourrait rendre compte de ces effets. Les mécanismes sous-jacents ne sont toutefois pas précisés. Ces données sont également non attendues par l'hypothèse de la réintégration (Hulme et al., 1991; Hulme et al., 1997; Schweickert, 1993). Selon les détenteurs de cette hypothèse, le processus de réintégration opère sur la trace temporaire seulement lors de la production verbale des items mémorisés. Ce modèle s'appuie sur les travaux de Gathercole et al. (2001) ainsi que ceux de Walker et Hulme (1999), où les effets sémantiques sont radicalement réduits ou disparaissent en reconnaissance sérielle immédiate. Dans leurs études, les auteurs ont utilisé une version classique de l'épreuve de reconnaissance sérielle immédiate, dans laquelle la position de deux items dans la liste est interchangée, mettant ainsi l'accent sur la mémorisation de l'ordre plutôt que de l'item. Dans l'article 1 de la présente thèse, en revanche, un item était changé par un autre dans la seconde liste, ce qui renforce la mémorisation de l'item. Ces aspects méthodologiques pourraient expliquer la divergence des résultats obtenus. Des travaux de Jefferies et al. (2006) renforcent cette interprétation.

En somme, les principaux résultats de la présente thèse, tels que l'évidence d'effets d'associés en reconnaissance sérielle immédiate chez l'individu sain, l'impact de la suppression articulatoire sur ces effets, le support du pointage au RSI chez les individus avec DTA présentant une atteinte post sémantique, s'intègrent bien au modèle initial d'activation interactive (N. Martin & Saffran, 1997). D'autres modèles issus de la lignée psycholinguistique offrent des interprétations complémentaires pour comprendre le fonctionnement de la RCTv dans la démence de type Alzheimer, notamment en ce qui concerne la mémorisation de l'ordre de présentation et l'implication de processus attentionnels, mais nécessitent des investigations futures.

4. Limites des études et perspectives futures

Plusieurs limites nous amènent toutefois à prendre certaines précautions dans l'interprétation des résultats obtenus dans l'étude 1 et 2.

En premier lieu, des aspects méthodologiques doivent être pris en considération dans l'étude sur l'impact de la suppression articulatoire sur l'effet de fausse reconnaissance en reconnaissance sérielle immédiate (article 1). Dans l'expérience 1, cet effet pourrait être relié à l'utilisation d'une stratégie consciente, tel que mentionné dans l'article. En considérant que le nombre d'associés était différent dans les deux listes de mots à comparer, et ceci, seulement dans la condition où un mot neutre a été introduit dans la seconde liste (p. ex. 1^{ère} liste: porte, soleil, vanille, clarté, cheveux, jour ; 2^{nde} liste: porte,

message, vanille, clarté, cheveux, jour), il est possible que les participants aient développé une stratégie basée sur le calcul du nombre d'associés pour rejeter les listes de la condition « différente/leurre ». Ceci aura eu pour effet d'augmenter l'écart de performance entre la condition « différente/neutre » et « différente/leurre ». Cette stratégie n'était toutefois pas applicable sur toutes les listes car il n'y avait pas nécessairement de liens inter-associatifs entre les mots (p. ex. colonne, agneau, légume, tendre, humble, amer ; Leurre : doux), et ainsi le nombre d'associés dans la première liste n'était pas toujours identifié. Cette identification était d'autant plus difficile que l'ordre de présentation des associés variait. La moitié des listes commençait par un mot associé, l'autre moitié par un mot non associé. Dans tous les cas, cet éventuel biais ne peut expliquer l'accroissement de l'effet de fausse reconnaissance en condition de suppression articulatoire et les résultats de l'expérience 2 où ce biais potentiel a été contrôlé.

Un autre aspect concerne l'organisation du système sémantique selon l'approche psycholinguistique. Bien que le modèle d'activation interactive (N. Martin & Gupta, 2004; N. Martin & Saffran, 1997) distingue clairement trois niveaux de représentations, la caractérisation et l'architecture du niveau sémantique du modèle d'activation n'ont pas été testées empiriquement. N. Martin et Gupta (2004) assument l'existence de liens sémantiques (p. ex. abeille et mouche qui partagent certains traits sémantiques communs) au sein de ce niveau, mais les liens associatifs (p. ex. abeille, miel qui n'ont pas de traits sémantiques communs) ne sont pas abordés. Un constat similaire peut être fait pour le modèle de Nairne (1990, 2002) et l'hypothèse de la réintégration (Schweickert, 1993 ;

Hulme et al., 1991, 1997). Les auteurs ne précisent pas si les associés font partie intégrante des liens sémantiques. Il a été documenté que la majorité des mots utilisés dans le DRM partagent de nombreux traits sémantiques avec le leurre (Brainerd, Reyna, Howe, & Mills, 2008) même si les listes ont été créées par voie d'associations libres. Ainsi, il est légitime de supposer qu'un fort recoupement entre les liens associatifs et sémantiques existerait pour les mots utilisés dans l'article 1. Toutefois, une investigation spécifique des effets d'associés en RCTv permettrait de vérifier l'existence ou non d'une distinction entre ces liens. Bartha et al. (1998) ont montré des effets d'associés et de mots reliés sémantiquement similaires sur une épreuve de reconnaissance immédiate. Cependant, tout comme dans notre étude, les associés partageaient des traits sémantiques avec les cibles, ne permettant pas de vérifier l'implication spécifique des associés sur la fausse reconnaissance de leurre. Des travaux complémentaires seront pertinents pour clarifier l'impact du traitement sémantique des mots sur leur rétention.

Il est à mentionner, par ailleurs, que les modèles en RCTv sont fondés sur des épreuves de rappel sériel immédiat. Les processus impliqués spécifiquement en reconnaissance sont moins documentés. L'effet d'associés en RCTv a été principalement étudié à partir d'épreuves de reconnaissance, tel que la reconnaissance de cibles (Atkins & Reuter-Lorenz, 2008; Coane et al., 2007; Flegal et al., 2010) et la reconnaissance sérielle immédiate (article 1, expérience 1 et 2). En considérant que la plupart des modèles s'appuient sur l'épreuve de RSI, il serait pertinent d'étendre l'observation des effets d'associés sur un RSI. À ce jour, aucune étude n'a été réalisée sur cette question.

Quelques aspects méthodologiques et théoriques sont également à considérer dans l'étude sur les effets de modalité sur le RSI chez les patients atteints d'une DTA (article 2). Une première limite à l'article 2 concerne le niveau de difficulté des deux conditions de rappel au RSI. Il peut être argumenté que le rappel (utilisé dans la réponse orale) est plus difficile que la reconnaissance (utilisés dans la réponse avec pointage d'images) car seule cette dernière fournit des indices de récupération aux participants. Cependant, des distracteurs ont été incorporés aux items cibles dans cette condition pour réduire l'indiciage. De plus, nos résultats ne s'enlignent pas dans cette direction ; en effet, bien que le rappel de l'item soit meilleur en pointage qu'en rappel oral chez tous nos participants, aucune différence de modalité de réponse n'a été observée chez nos contrôles lorsqu'on considère également le rappel de l'ordre. Le rappel en pointage d'images a même un effet délétère sur la performance des participants avec DTA sur cette mesure.

Soulignons toutefois que, dans l'article 2, la distinction entre la mémorisation de l'item et de l'ordre reposait sur la cotation des réponses, telles que le recommandent plusieurs auteurs (Poirier & Saint-Aubin, 1996; Saint-Aubin & Poirier, 1999). Nous avons calculé deux scores, soit un score strict (nombre de mots rappelés dans l'ordre de présentation) et un score non strict (nombre de mots rappelés indépendamment de l'ordre). Toutefois, dans notre étude, les participants avaient pour consigne de retenir les items dans l'ordre, engageant à la fois les processus impliqués dans la mémorisation de l'item et de l'ordre. D'autres paradigmes, tels que celui de l'épreuve de reconstruction de l'ordre et le rappel immédiat de courtes séquences, permettent d'isoler ces deux types d'informations et

offrent ainsi une alternative intéressante pour clarifier les processus reliés à la mémorisation spécifique de l'ordre et de l'item dans la DTA.

Finalement, l'étude des effets de modalité dans la DTA nous amène à considérer plusieurs perspectives futures, certaines concernent l'évaluation diagnostique de la DTA. Les données de l'étude suggèrent que RSI avec pointage d'images est une épreuve sensible à ce type de démence. Les patients avec DTA obtiennent de moindres performances que les contrôles lorsqu'ils doivent rappeler les informations verbales dans l'ordre à partir d'un pointage d'images avec distracteurs. L'usage de cette épreuve à un stade prédéméntiel, c'est-à-dire chez des patients avec des troubles légers de la cognition, pourrait être pertinent. Cette épreuve pourrait être également considérée comme un outil de mesure sensible aux atteintes sémantiques plus subtiles, non détectables à partir des mesures classiques de traitement du mot. Selon l'approche psycholinguistique, le déficit léger du traitement sémantique devrait être plus sensible aux épreuves impliquant un maintien sémantique de plusieurs mots (épreuves de RCTv) plutôt qu'un seul mot (épreuves de langage).

5. Implications cliniques

L'approche psycholinguistique a des implications cliniques au plan de l'évaluation et de l'intervention des déficits en RCTv.

5.1. Impact sur l'évaluation de la RCTv

En milieu clinique, les capacités en RCTv sont actuellement évaluées selon l'approche classique de la RCTv. La mesure de l'empan mnésique de chiffres constitue le test classique d'évaluation des capacités de la boucle phonologique chez les patients. Elle est d'ailleurs proposée pour mesurer la RCTv dans la dernière version de l'échelle d'intelligence pour adultes utilisée en Amérique du Nord et au Canada (WAIS-IV; Wechsler, 2008). Cette approche implique une évaluation et une interprétation isolée des déficits langagiers et de RCTv. Selon l'approche psycholinguistique, ce type d'évaluation s'avère insuffisant pour évaluer les capacités en RCTv, en particulier chez des populations à risque de présenter des difficultés langagières. D'une part, l'empan de chiffres ne permet pas d'identifier la présence d'un déficit du maintien temporaire des informations sémantiques. Il engage surtout la mémorisation de l'ordre et les représentations phonologiques et lexicales. Ainsi, une performance normale en empan de chiffres conduirait à la conclusion erronée d'une intégrité des capacités en RCTv. D'autre part, l'empan mnésique de chiffres sous-estime les capacités de maintien temporaire des informations verbales des patients qui présentent un trouble d'accès aux représentations phonologiques de sortie, comme dans la DTA (voir article 1).

L'approche psycholinguistique amène une interprétation conjointe des atteintes en langage et en RCTv. Particulièrement, selon le modèle d'activation interactive (N. Martin & Saffran, 1997; N. Martin & Gupta, 2004), les épreuves de RCTv sont considérées comme des épreuves de langage. Les déficits en RCTv et langage reposent ici selon un

continuum de sévérité (N. Martin & Gupta, 2004). Si le déficit linguistique est léger, seul le traitement de plusieurs mots (comme en RCTv) sera déficitaire, car le processus d'activation sera suffisamment efficace pour supporter l'accès lexical d'un seul mot. Les performances en RCTv seront affaiblies alors que les performances aux tâches langagières habituelles seront relativement bien préservées donnant l'apparence d'une atteinte isolée de la RCTv. Quand l'atteinte linguistique est sévère, le processus d'activation ne pourra ni supporter le traitement d'un mot isolé ni celui de plusieurs mots affectant les performances en RCTv et en langage. Dans ce dernier cas, le profil langagier fournirait des indices sur le lieu fonctionnel du déficit en RCTv tout comme le profil des performances en RCTv apporterait des éléments de compréhension de la perturbation des habiletés langagières.

L'usage de modalités de rappel variées peut aider à clarifier la nature du déficit langagier. Basé sur les résultats de l'article 2, une comparaison des performances entre le RSI oral et pointé peut orienter le clinicien vers la nature du trouble langagier du patient (i.e. trouble d'accès lexical vs sémantique).

5.2. Impact sur l'intervention des troubles en RCTv

Peu d'études se sont intéressées à la rééducation des capacités en RCTv. On peut distinguer deux types d'intervention : la première est basée sur l'utilisation de mécanismes compensatoires alors que la seconde repose sur la restauration de la fonction perturbée.

En premier lieu, les stratégies compensatoires, conscientes ou non, visent à utiliser des processus cognitifs préservés pour compenser ceux qui affectent le maintien temporaire

des informations verbales, lesquels ont été identifiés au préalable durant l'évaluation du fonctionnement cognitif. Il peut s'agir d'optimiser l'usage de l'imagerie mentale durant la rétention verbale (p. ex. création d'images) ou d'utiliser les capacités attentionnelles/exécutives, permettant la mise en place de stratégies (p. ex. création d'une histoire permettant de relier les mots à retenir). L'approche psycholinguistique prône également l'utilisation des représentations linguistiques préservées pour compenser celles qui sont affectées. À titre d'exemples, les représentations sémantiques pourraient être encouragées pour supporter la performance en RCTv chez des patients qui présentent une atteinte des représentations phonologiques. Chez les patients atteints de DTA, l'évaluation préalable de leurs compétences langagières permettrait de vérifier le type de représentations qui pourraient soutenir la mémorisation temporaire. Selon nos données, la mise en place de stratégies permettant de contourner l'atteinte au niveau de l'accès lexical serait pertinente pour améliorer la RCTv dans les stades légers de la DTA.

En second lieu, on peut concevoir une intervention visant à restaurer la fonction perturbée chez les patients présentant des lésions cérébrales. La remédiation cognitive de la RCTv selon l'approche psycholinguistique repose ici sur deux principaux paramètres, à savoir la source de l'atteinte et les activations qui sont impliquées durant le traitement. À ce jour, une seule étude a exploré cette approche dans la rééducation cognitive de la RCTv. Majerus et al. (2005) développent un programme de rééducation chez une patiente aphasique, présentant un trouble de la RCTv des informations phonologiques. Ce programme a pour objectif d'augmenter la taille de l'empan mnésique en tentant de diminuer la vitesse de dégradation de l'activation phonologique. À cette fin, des exercices

réguliers de répétition de paires de mots bisyllabiques et de pseudo-mots sont proposés, en variant le délai entre la présentation des paires et la réponse. Après 18 mois d'entraînement, une augmentation de l'empan de pseudo-mots et de chiffres est notée ainsi qu'une amélioration des tâches impliquant le traitement phonologique (jugement de rimes, répétition de pseudo-mots). Il est à mentionner que la durée du programme est particulièrement longue et peut donc entraver une application en milieu clinique. En outre, des données complémentaires seraient essentielles pour appuyer la validité de cette rééducation cognitive. Il serait également opportun de l'adapter chez des patients qui présentent un déficit du maintien de l'activation des informations sémantiques.

Bibliographie

- Adlam, A. L., Bozeat, S., Arnold, R., Watson, P., & Hodges, J. R. (2006). Semantic knowledge in mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease. *Cortex*, 42(5), 675-684.
- Allen, R., & Hulme, C. (2006). Speech and language processing mechanisms in verbal serial recall. *Journal of Memory and Language*, 55, 64-88.
- Astell, A. J., & Harley, T. A. (1998). Naming problems in dementia: Semantic or lexical? *Aphasiology*, 12(4/5), 357-374.
- Astell, A. J., & Harley, T. A. (2002). Accessing semantic knowledge in dementia: Evidence from a word definition task. *Brain and Language*, 82(3), 312-326.
- Atkins, A. S., & Reuter-Lorenz, P. A. (2008). False working memories? Semantic distortion in a mere 4 seconds. *Memory & Cognition*, 36(1), 74-81.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. D. (2002). Fractionating the central executive. In D. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 246-260). New York: Oxford University Press
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189-208.

- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought and action*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., Della Sala, S., & Spinnler, H. (1991). The two-component hypothesis of memory deficit in Alzheimer's disease. *J Clin Exp Neuropsychol*, *13*(2), 372-380.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *14*, 575-589.
- Balthazar, M. L. F., Cendes, F., & Damasceno, B. P. (2008). Semantic Error patterns on the boston naming test in normal aging, amnesic mild cognitive impairment, and mild Alzheimer's disease: Is there semantic disruption? *Neuropsychology*, *22*(6), 703-709.
- Bartha, M. C., Martin, R. C., & Jensen, C. R. (1998). Multiple interference effects in short-term recognition memory. *American journal of psychology*, *111*(1), 89-118.
- Belleville, S., Caza, N., & Peretz, I. (2003). A neuropsychological argument for processing view of memory. *Journal of Memory and Language*, *48*, 686-703.
- Belleville, S., Peretz, I., & Malenfant, D. (1996). Examination of the working memory components in normal aging and in dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychologia*, *34*(3), 195-207.
- Braak, H., & Braak, E. (1991). Neuropathological staging of Alzheimer-related changes. *Acta Neuropathology (Berl)*, *82*(4), 239-259.
- Braak, H., & Braak, E. (1996). Evolution of the neuropathology of Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, *165*, 3-12.

- Brainerd, C. J., Reyna, V. F., Howe, M. L., & Mills, B. A. (2008). Semantic processing in "associative" false memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(6), 1035-1053.
- Campoy, G., & Baddeley, A. D. (2008). Phonological and semantic strategies in immediate serial recall. *Memory*, *16*(4), 329-340.
- Caza, N., & Belleville, S. (1999). Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology*, *34*(5-6), 334-338.
- Caza, N., & Belleville, S. (2008). Reduced short-term memory capacity in Alzheimer's disease: The role of phonological, lexical, and semantic processing. *Memory*, *16*(4), 341 - 350
- Caza, N., Belleville, S., & Gilbert, B. (2002). How loss of meaning with preservation of phonological word form affects immediate serial recall performance: A linguistic account. *Neurocase*, *8*(4), 255-273.
- Chassé, V., & Belleville, S. (2009). Input and output modes modulate phonological and semantic contributions to immediate serial recall: Evidence from a brain-damaged patient. *Cognitive Neuropsychology*, *26*(2), 195-216.
- Chertkow, H., & Bub, D. (1990). Semantic memory loss in dementia of Alzheimer's type. What do various measures measure? *Brain*, *113*(2), 397-417.
- Coane, J. H., McBride, D. M., Raulerson, B. A., 3rd, & Jordan, J. S. (2007). False memory in a short-term memory task. *Experimental Psychology*, *54*(1), 62-70.

- Collette, F., Majerus, S., Van Der Linden, M., Dabe, P., Degueldre, C., Delfiore, G., et al. (2001). Contribution of long-term memory to verbal short-term memory tasks: A PET activation study. *Memory*, *9*, 249-259.
- Collette, F., Van Der Linden, M., Bechet, S., & Salmon, E. (1999). Phonological loop and central executive functioning in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *37*, 905-918.
- Collette, F., Van Der Linden, M., Poncelet, M., & Pasquier, F. (1998). Exploration of memory span performance in Alzheimer's disease. In B. Vellas, J. Fitten & G. Frison (Eds.), *research and practice in Alzheimer's disease*. (pp. 249-262). New York: Springer Publishing Compagny.
- Conrad, R., & Hull, A. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, *55*(4), 429-432.
- Croot, K., Hodges, J. R., Xuereb, J., & Patterson, K. (2000). Phonological and Articulatory Impairment in Alzheimer's Disease: A Case Series. *Brain and Language* *75*, 277-309.
- Crutch, S.J., & Warrington, E.K. (2005). Abstract and concrete concepts have structurally different representational frameworks. *Brain*, *128*, 615-627.
- Crutch, S.J., & Warrington, E.K. (2010). The differential dependence of abstract and concrete words upon associative and similarity-based information: Complementary semantic interference and facilitation effects. *Cognitive neuropsychology*, *27*(1), 46-71.
- Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*, *58*(1), 17-22.

- Delacourte, A., David, J. P., Sergeant, N., Buée, L., Wattez, A., Vermersch, P., et al. (1999). The biochemical path way of neurofibrillary degeneration in aging and Alzheimer's disease. *Neurology*, 52: 1158-1165. *Neurology*, 52, 1158-1165.
- Dell, G. S., & O'Seaghdha, P. G. (1992). Stages of lexical access in language production. *Cognition*, 42(1-3), 287-314.
- Dell, G. S., Schwartz, M. F., Martin, N., Saffran, E. M., & Gagnon, D. A. (1997). Lexical access in aphasic and nonaphasic speakers. *Psychological Review*, 104, 801-838.
- Duong, A., Whitehead, V., Hanratty, K., & Chertkow, H. (2006). The nature of lexico-semantic processing deficits in mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, 44(10), 1928-1935.
- Flegal, K. E., Atkins, A. S., & Reuter-Lorenz, P. A. (2010). False memories seconds later: The rapid and compelling onset of illusory recognition. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and cognition*, 36(5), 1331-1338.
- Foygel, D., & Dell, G. S. (2000). Models of impaired lexical access in speech production. *Journal of Memory & Language*, 43, 182-216.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Hall, M., & Peaker, S. M. (2001). Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A(1), 1-30.
- Giffard, B., Desgranges, B., Nore-Mary, F., Lalevee, C., de la Sayette, V., & Pasquier, F. (2001). The nature of semantic memory deficits in Alzheimer's disease: new insights from hyperpriming effects. *Brain*, 124, 1522-1532.

- Hamilton, A., & Martin, R. C. (2007). Proactive interference in a semantic short-term memory deficit: Role of semantic and phonological relatedness. *Cortex*, *43*, 112-123.
- Henry, J. D., Crawford, J. R., & Phillips, L. H. (2004). Verbal fluency performance in dementia of the Alzheimer's type: A meta-analysis. *Neuropsychologia*, *42*(9), 1212-1222.
- Huff, F. J., Corkin, S., & Growdon, J. H. (1986). Semantic impairment and anomia in Alzheimer's disease. *Brain & Language*, *28*(2), 235-249.
- Hulme, C., Lee, G., & Brown, G. D. A. (1993). Short-term memory impairments in Alzheimer-type dementia: Evidence for separable impairments of articulatory rehearsal and long-term memory. *Neuropsychologia*, *31*(2), 161-172.
- Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, *30*(6), 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G. D. A., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word-frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a redintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology*, *23*(5), 1217-1232.
- Jefferies, E., Frankish, C., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Lexical and semantic influences on item and order memory in immediate serial recognition: evidence from a novel task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(5), 949-964.
- Joannette, Y., Kahlaoui, K., Champagne-Lavau, M., Ska, B. (2006). Troubles du langage et de communication dans la maladie d'Alzheimer: description clinique et prise en

- charge. In C. Belin, A-M.Ergis, O.Moreaud (Eds). *Actualités sur les démences:aspects cliniques et neuropsychologiques*. Solal, éditeur Marseille.
- Jones, G. V. (1985). Deep dyslexia, imageability, and ease of predication. *Brain and Language, 24*, 1-19.
- Joubert, S., Felician, O., Barbeau, E. J., Didic, M., Poncet, M., & Ceccaldi, M. (2008). Patterns of semantic memory impairment in Mild Cognitive Impairment. *Behavioural Neurology 19*(1-2), 35-40.
- Kempler, D (1991). Language changes in dementia of the Alzheimer type. In J.B. Orange, D. Henderson & N. Stecker (Eds), *Dementia and Communication*. Philadelphia, Hamilton: B.C. Decker, Inc., 98-114.
- Laine, M., & Martin, N. (1996). Lexical retrieval deficit in picture naming: Implications for word production models. *Brain and Language, 53*(3), 283-314.
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: the importance of distinguishing item and order information. In A. S. Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain* (pp. 244-276). Hove, UK: Psychological Press.
- Majerus, S., D'Argembeau, A., Martinez, T., Belayachi, S., Van Der Linden, M., Collette, F., et al. (2010). The commonality of neural networks for verbal and visual short term memory. *Journal of cognitive neuroscience, 22*(11), 2570-2593.
- Majerus, S., Van Der Kaa, M. A., Renard, C., Van Der Linden, M., & Poncelet, M. (2005). Treating verbal short-term memory deficits by increasing the duration of temporary phonological representations: A case study. *Brain and Language, 95*, 174-175.

- Martin, N., & Ayala, J. (2004). Measurements of auditory-verbal STM span in aphasia: Effects of item, task, and lexical impairment. *Brain and Language, 89*, 464-483.
- Martin, N., & Gupta, P. (2004). Exploring the relationship between word processing and verbal short-term memory: Evidence from associations and dissociations. *Cognitive Neuropsychology, 21*(213-228), 213-228.
- Martin, N., & Saffran, E. M. (1990). Repetition and verbal STM in transcortical sensory aphasia: A case study. *Brain and Language, 39*, 254-288.
- Martin, N., & Saffran, E. M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology, 14*, 641-682.
- Martin, R. C., & Allen, C. M. (2008). A disorder of executive function and its role in language processing. *Seminars in speech and language, 29*(3), 201-210.
- Martin, R. C., Lesch, M. F., & Bartha, M. C. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language, 41*, 3-29.
- Martin, R. C., Shelton, J. R., & Yaffee, L. S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language, 33*, 83-111.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., & Stadlan, E. M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA Work Group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's Disease. *Neurology, 34*(7), 939-944.

- Miller, E. (1972). Efficiency of coding and the short-term memory deficit in presenile dementia. *Neuropsychologia*, *10*, 221-224.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, *63*, 81-97.
- Monnier, C., & Syssau, C. (2008). Semantic contribution to verbal short-term memory: Are pleasant words easier to remember than neutral words in serial recall and serial recognition? *memory and cognition*, *36*(1), 35-42.
- Morris, R. G. (1984). Dementia and the functioning of the articulatory loop system. *Cognitive Neuropsychology*, *1*, 143-157.
- Morris, R. G. (1987). Articulatory rehearsal in Alzheimer-type dementia. *Brain and Language*, *30*, 351-362.
- Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, *18*, 251-269.
- Nairne, J. S. (2002). Remembering over the short-term: the case against the standard model. *Annual Review in Neuroscience*, *53*, 53-81.
- Neils, J., Brennan, M. M., Cole, M., Boller, F., & Gerdeman, B. (1988). The use of phonemic cueing with Alzheimer's disease patients. *Neuropsychologia*, *26*(2), 351-354.
- Nicholas, M., Obler, L. K., Au, R., & Alber, M. L. (1996). On the nature of naming errors in aging and dementia: a study of semantic relatedness. *Brain and language*, *54*(2), 184-195.

- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Peters, F., Majerus, S., de Baerdemaeker, J., Salmon, E., & Collette, F. (2009). Impaired semantic knowledge underlies the reduced verbal short-term storage capacity in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*.
- Peters, F., Majerus, S., Olivier, L., Van der Linden, M., Salmon, E., & Colette, F. (2007). A multicomponent exploration of verbal short-term storage deficits in normal aging and Alzheimer's disease. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 29(4), 405-417.
- Plaut, D. C., & Shallice, T. (1991). *Effects of word abstractness in a connectionist model of deep dyslexia*. Paper presented at the Proceedings of the 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: Further evidence on the influence of semantic factors in ISR. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 384-404.
- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1996). Immediate Serial Recall, Word Frequency, Item Identity and Item Position. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 50(4), 408-412.
- Roediger, H. L., III, & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: remembering words not presented in Lists. *Journal of Experimental Psychology*, 21(4), 803-814.
- Romani, C., McAlpine, S., & Martin, R. C. (2008). Concreteness effects in different tasks: implications for models of short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(2), 292-323.

- Roodenrys, S., & Quinlan, P. T. (2000). The effects of stimulus set size and word frequency on verbal serial recall *Memory*, 8(2), 71-78.
- Rosser, A., Hodges, J. R., & (1994). Initial letter and semantic category fluency in Alzheimer's disease, Huntington's disease and progressive supranuclear palsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 57(), 1389-1394.
- Ruchkin, D. S., Berndt, R. S., Johnson, R. J., Grafman, J., Ritter, W., & Canoune, H. L. (1999). Lexical contributions to retention of verbal information in working memory: Event-related brain potential evidence. *Journal of Memory and Language*, 41, 345-364.
- Saffran, E. M., & Martin, N. (1990). Short-term Memory impairment and sentence processing: a case study. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 428–447). Cambridge: Cambridge University Press.
- Saint-Aubin, J., & Poirier, M. (1999). Semantic similarity and immediate serial recall: Is there a detrimental effect on order information? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A(2), 367-394.
- Schweickert, R. (1993). A multinomial processing tree model for degradation and redintegration in immediate recall. *Memory & Cognition*, 21(2), 168-175.
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 20(1), 11-21.

- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1970). Independent functioning of the verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly journal of experimental psychology*, 22, 261-273.
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652-654.
- Sternberg, S. (1969). Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, 57, 421-457.
- Walker, I., & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract words: Evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 25, 1256-1271.
- Wechsler, D. (2008). Wechsler Adult Intelligence Scale (4th ed.). San Antonio, TX: Pearson.

