

UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation

**LES LIENS ENTRE LE MANQUE DU MOT ET  
LES DÉFICITS EN MÉMOIRE VERBALE À  
COURT TERME**

ÉTUDES DANS LE VIEILLISSEMENT COGNITIF ET  
DANS L'APHASIE

**Clémence Verhaegen**

Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de  
Docteur en Sciences Psychologiques et de l'Éducation

**Sous la direction de Martine Poncelet**

Jury de thèse composé de Fabienne Collette, Adrian Ivanoiu,  
Steve Majerus et Stéphanie Mathey

2013-2014



## Remerciements

Me voilà arrivée au bout de ces quatre années de thèse ! Quatre très belles années durant lesquelles j'ai eu l'occasion de faire des découvertes enrichissantes et de belles rencontres. Que de gens à remercier donc au bout de ce parcours !

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement ma promotrice, Martine Poncelet, de m'avoir accueillie avec le sourire il y a 5 ans maintenant, après que je lui aie envoyé un mail lui disant que j'étais très intéressée par la recherche. Merci à toi Martine pour ton enthousiasme, ton soutien, ta confiance, tes conseils judicieux et toutes nos discussions théoriques et empiriques lors de la construction des études, des reviews d'articles et de tout ce qui fait la vie d'un chercheur ! J'ai passé de très bons moments à travailler sur cette thèse avec toi !

Merci à Steve Majerus et Fabienne Collette, membres de mon comité d'accompagnement, pour le temps qu'ils ont consacré à m'encadrer et pour leurs conseils. Merci également de m'avoir donné l'opportunité d'écrire un article avec vous, ce fut très enrichissant pour moi !

Je souhaiterais également remercier Madame le Professeur Stéphanie Mathey et Monsieur le Professeur Adrian Ivanoiu d'avoir accepté d'être membres de mon jury de thèse et pour le temps et l'attention qu'ils ont consacrés à la lecture de ce travail.

Je voudrais remercier l'Université de Liège pour la Bourse *Non Fria* qui m'a été octroyée et grâce à laquelle j'ai eu l'occasion de faire cette thèse dans des conditions optimales.

Je remercie particulièrement toutes les personnes qui ont accepté de me consacrer un peu de temps afin de participer à mes études. Sans vous ce travail n'aurait pas été possible. Merci également aux logopèdes, Florence Piertot, Anne Hiernaux, Marie-Anne Van der Kaa et Michel Frederix (Bill), qui m'ont donné accès aux patients aphasiques et qui m'ont parfois prêté leurs

locaux afin que j'effectue les testings. Un grand merci pour votre aide et pour tous les échanges passionnants.

Merci à mon équipe de relecture de choc, Anne-Sophie, David, Florence, Julie D., Julie T., Mélanie, Simon, Sophie et Trecy, pour le temps consacré à relire les chapitres de ma thèse et les derniers conseils.

Je remercie également mes collègues des unités de Neuropsychologie du Langage et des Apprentissages, de Psychopathologie Clinique, de Logopédie de la Voix et de Logopédie Clinique, mais aussi de l'Université de Mons, pour les bons moments passés avec eux tous, leur aide et leurs encouragements tout au long de ce parcours.

Merci aussi à mes amis qui m'ont soutenue et encouragée durant ces années de thèse !

Et enfin, last but not least, un grand merci à ma belle petite famille pour tout ! Merci à mon mari Thomas, pour son soutien inconditionnel depuis le moment où je me suis lancée dans l'aventure, pour ses encouragements, sa patience, pour son aide technique aussi parfois. Merci aussi à mes enfants, Louise et Victor, qui sont nés durant ce parcours de thèse, pour leur compréhension, leur patience quand Maman avait du travail, leur amour et le bonheur quotidien qu'ils m'apportent.

# Table des matières

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Préface                                                                                                             | 15 |
| Chapitre I. La production orale des mots                                                                            | 23 |
| 1. Les modèles de la production orale des mots                                                                      | 24 |
| 1.1. Les conceptions sérielles et discrètes                                                                         | 25 |
| 1.2. Les conceptions interactives                                                                                   | 32 |
| 2. Les troubles de la production orale des mots : le manque du mot                                                  | 37 |
| 2.1. Le manque du mot dans l'aphasie                                                                                | 38 |
| 2.1.1. Le manque du mot consécutif à une atteinte du système sémantique                                             | 40 |
| 2.1.2. Le manque du mot consécutif à une atteinte de l'accès au lexique phonologique de sortie                      | 41 |
| 2.1.3. Le manque du mot consécutif à une atteinte du lexique phonologique de sortie                                 | 42 |
| 2.1.4. Les troubles de la production de mots consécutifs à une atteinte phonologique sublexicale                    | 44 |
| 2.2. L'influence des variables psycholinguistiques sur les capacités de production des mots                         | 45 |
| 2.2.1. La fréquence lexicale                                                                                        | 46 |
| 2.2.2. L'âge d'acquisition                                                                                          | 47 |
| 2.2.3. Les effets de fréquence sont-ils des effets d'âge d'acquisition déguisés ?                                   | 48 |
| 2.2.4. La longueur                                                                                                  | 50 |
| 2.3. Le manque du mot dans le vieillissement sain                                                                   | 51 |
| 2.3.1. Débats sur la présence d'un manque du mot chez la personne âgée et sur l'âge d'apparition de ces difficultés | 51 |
| 2.3.2. Explications cognitives du manque du mot chez la personne âgée                                               | 53 |

|                  |    |
|------------------|----|
| 3. En conclusion | 64 |
|------------------|----|

## Chapitre II. La mémoire verbale à court terme : un système en interaction avec les représentations langagières 67

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. L'influence des représentations langagières sur la mémoire verbale à court terme                                                                          | 67 |
| 1.1. La conception de la mémoire à court terme de Baddeley et Hitch                                                                                          | 67 |
| 1.2. L'influence des représentations langagières sur la rétention des informations verbales en mémoire à court terme                                         | 69 |
| 2. Les conceptions théoriques qui intègrent des liens entre la mémoire verbale à court terme et les représentations langagières                              | 73 |
| 2.1. Le modèle révisé de Baddeley (2000)                                                                                                                     | 75 |
| 2.2. Les modèles basés sur le processus de réintégration                                                                                                     | 76 |
| 2.3. Les modèles interactifs de la mémoire verbale à court terme                                                                                             | 76 |
| 2.3.1. Le modèle de N. Martin et collaborateurs                                                                                                              | 77 |
| 2.3.2. Le modèle interactif de R. Martin et al. : la séparation des processus de rétention à court terme des informations lexico-sémantiques et phonologique | 80 |
| 2.4. La distinction entre la rétention à court terme des informations langagières et la rétention à court terme de l'ordre sériel                            | 86 |
| 3. En conclusion                                                                                                                                             | 90 |

## Chapitre III. L'influence des troubles de la production des mots sur la mémoire verbale à court terme dans le vieillissement cognitif et dans l'aphasie 93

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. La dégradation des capacités de mémoire verbale à court terme dans le vieillissement | 95 |
| 1.1. Existe-t-il un déclin des capacités de mémoire verbale à court terme lié à l'âge ? | 95 |

|      |                                                                                                                                |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.2. | Les effets de l'âge sur les différentes composantes de la mémoire verbale à court terme                                        | 96  |
| 1.3. | L'influence de la perte auditive liée à l'âge sur la mémoire verbale à court terme dans le vieillissement                      | 97  |
| 2.   | L'influence de la dégradation des capacités de production des mots sur la mémoire verbale à court terme dans le vieillissement | 102 |
| 3.   | L'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de mémoire verbale à court terme dans l'aphasie           | 104 |
| 4.   | En conclusion                                                                                                                  | 106 |
|      | Objectifs et Hypothèses                                                                                                        | 111 |

## Etude 1

|        |                                                                         |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
|        | Changes in naming and semantic abilities with aging from 50 to 90 years | 125 |
|        | Abstract                                                                | 125 |
| 1.     | Introduction                                                            | 127 |
| 2.     | Method                                                                  | 132 |
| 2.1.   | Research Participants                                                   | 132 |
| 2.2.   | Materials                                                               | 133 |
| 2.2.1. | Picture naming task                                                     | 133 |
| 2.2.2. | Cognitive processing speed task: the odd/even judgment task             | 134 |
| 2.2.3. | Semantic assessment                                                     | 135 |
| 2.3.   | Procedure                                                               | 136 |
| 3.     | Results                                                                 | 136 |
| 3.1.   | Age-related effects on naming accuracy                                  | 136 |

|      |                                                                                             |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2. | Age-related effects on response latencies on the picture naming and odd/even judgment tasks | 137 |
| 3.3. | Effects of aging on semantic capacities                                                     | 139 |
| 3.4. | Correlation analyses                                                                        | 140 |
| 4.   | Discussion                                                                                  | 141 |
| 4.1. | Effects of aging on naming capacities: age of onset and theories of naming decline in aging | 141 |
| 4.2. | Age-related effect on semantic capacities                                                   | 144 |
| 5.   | Conclusion                                                                                  | 146 |
|      | Acknowledgements                                                                            | 146 |

## Etude 2

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| The effects of word frequency, age of acquisition and word length on picture naming capacities with aging from 45 to 84 years | 147 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abstract                                                                                                                         | 147 |
| 1. Introduction                                                                                                                  | 149 |
| 2. Method                                                                                                                        | 157 |
| 2.1. Research Participants                                                                                                       | 157 |
| 2.2. Materials                                                                                                                   | 159 |
| 2.2.1. Picture naming task                                                                                                       | 159 |
| 2.2.2. Cognitive processing speed task: the odd/even judgment task                                                               | 162 |
| 2.3. Procedure                                                                                                                   | 162 |
| 3. Results                                                                                                                       | 162 |
| 3.1. Naming accuracy and correct naming latencies                                                                                | 162 |
| 3.2. Impact of aging on the effects of word frequency, subjective age of acquisition, and word length on the picture naming task | 165 |

|        |                                       |     |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 3.2.1. | Word frequency effects                | 165 |
| 3.2.2. | Subjective age of acquisition effects | 167 |
| 3.2.3. | Word length effects                   | 169 |

|    |            |     |
|----|------------|-----|
| 4. | Discussion | 170 |
|----|------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| Acknowledgements | 180 |
|------------------|-----|

## Etude 3

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| The impact of aging and hearing status on verbal short-term memory | 181 |
|--------------------------------------------------------------------|-----|

|          |     |
|----------|-----|
| Abstract | 181 |
|----------|-----|

|    |              |     |
|----|--------------|-----|
| 1. | Introduction | 183 |
|----|--------------|-----|

|    |        |     |
|----|--------|-----|
| 2. | Method | 186 |
|----|--------|-----|

|      |              |     |
|------|--------------|-----|
| 2.1. | Participants | 186 |
|------|--------------|-----|

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| 2.2. | Materials | 192 |
|------|-----------|-----|

|        |           |     |
|--------|-----------|-----|
| 2.2.1. | STM tasks | 192 |
|--------|-----------|-----|

|        |                            |     |
|--------|----------------------------|-----|
| 2.2.2. | Speeded nonword repetition | 194 |
|--------|----------------------------|-----|

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| 2.3. | Procedure | 195 |
|------|-----------|-----|

|    |         |     |
|----|---------|-----|
| 3. | Results | 195 |
|----|---------|-----|

|    |            |     |
|----|------------|-----|
| 4. | Discussion | 200 |
|----|------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| Acknowledgements | 205 |
|------------------|-----|

## Etude 4

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| The effects of aging on the components of auditory-verbal short-term memory | 207 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abstract                                                                     | 207 |
| 1. Introduction                                                              | 209 |
| 2. Method                                                                    | 215 |
| 2.1. Participants                                                            | 215 |
| 2.2. Materials                                                               | 219 |
| 2.2.1. General STM capacity: digit span task                                 | 219 |
| 2.2.2. Order STM                                                             | 219 |
| 2.2.3. Item STM                                                              | 221 |
| 2.2.4. Phonological and lexical-semantic STM: rhyme and category probe tasks | 223 |
| 2.3. Procedure                                                               | 225 |
| 3. Results                                                                   | 225 |
| 3.1. General STM capacity: digit span task                                   | 226 |
| 3.2. Order STM                                                               | 229 |
| 3.2.1. Digit serial order recognition task                                   | 229 |
| 3.2.2. Serial order reconstruction: the animal race task                     | 229 |
| 3.3. Item STM                                                                | 230 |
| 3.3.1. Word recognition task                                                 | 230 |
| 3.3.2. Nonword recognition task                                              | 230 |
| 3.3.3. Nonword delayed repetition                                            | 231 |
| 3.4. Phonological and lexical-semantic STM                                   | 232 |
| 3.4.1. Phonological STM: rhyme probe task                                    | 232 |
| 3.4.2. Lexical-semantic STM: category probe task                             | 232 |
| 4. Discussion                                                                | 233 |
| Acknowledgements                                                             | 237 |

## Etude 5

The relationship between naming capacities and short-term memory performance in participants between the ages of 60 and 84 years: a correlational study 239

Abstract 239

1. Introduction 241

2. Methods 246

2.1. Participants 246

2.2. Material 249

2.2.1. Picture naming task 249

2.2.2. Short-term memory tasks 250

2.3. Procedure 253

3. Results 253

4. Discussion 255

Acknowledgements 260

## Etude 6

Dissociable components of phonological and lexical-semantic short-term memory and their relation to impaired word production in aphasia 261

Abstract 261

1. Introduction 263

2. Case descriptions 270

|        |                                                                                           |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1.   | Patient BN                                                                                | 270 |
| 2.2.   | Patient TM                                                                                | 271 |
| 3.     | Control participants                                                                      | 273 |
| 4.     | Methods and results                                                                       | 273 |
| 4.1.   | General procedure                                                                         | 273 |
| 4.2.   | Receptive language capacities                                                             | 274 |
| 4.2.1. | Tasks                                                                                     | 274 |
| 4.2.2. | Results                                                                                   | 275 |
| 4.3.   | Semantic capacities                                                                       | 276 |
| 4.3.1. | Tasks                                                                                     | 276 |
| 4.3.2. | Results                                                                                   | 277 |
| 4.4.   | Language production assessment                                                            | 278 |
| 4.4.1. | Tasks                                                                                     | 278 |
| 4.4.2. | Results                                                                                   | 281 |
| 4.5.   | Short-term memory assessment                                                              | 285 |
| 4.5.1. | Phonological and lexical-semantic STM : rhyme and category probe tasks                    | 285 |
| 4.5.2. | Influences of language representations on STM                                             | 288 |
| 5.     | Discussion                                                                                | 293 |
|        | Acknowledgments                                                                           | 300 |
|        | Discussion générale                                                                       | 303 |
| 1.     | Rappel des hypothèses et des résultats principaux                                         | 303 |
| 2.     | Le manque du mot dans le vieillissement sain                                              | 313 |
| 2.1.   | L'âge d'apparition du manque du mot dans le vieillissement sain                           | 313 |
| 2.2.   | Explications cognitives des difficultés de dénomination d'images chez les personnes âgées | 315 |

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3. La dégradation des capacités de mémoire verbale à court terme dans le vieillissement sain                                                                                     | 320 |
| 4. L'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en mémoire à court terme dans le vieillissement et dans l'aphasie | 325 |
| Conclusions                                                                                                                                                                      | 335 |
| Références Bibliographiques                                                                                                                                                      | 341 |



## Préface

---

Depuis une vingtaine d'années, un grand nombre d'études ont montré que les capacités de rétention des informations verbales en mémoire à court terme (MCT) sont influencées par les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques stockées en mémoire à long terme (MLT). D'une part, des études réalisées auprès d'adultes et d'enfants sains ont montré que les mots et non-mots qui disposent de représentations langagières plus riches et plus facilement accessibles, tels que les mots de fréquence lexicale élevée, les mots facilement imageables, ou les non-mots de fréquence phonotactique élevée sont mieux rappelés que les mots moins riches et moins facilement accessibles, comme les mots de plus faible fréquence lexicale, les mots moins imageables, ou les non-mots de plus faible fréquence phonotactique (Acheson, Postle, & MacDonald, 2010 ; Gathercole, Frankish, Pickering, & Peaker, 1999 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder, Meulemans, & Peters, 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin, Shelton, & Yaffee, 1994 ; Poirier, Dhir, Saint-Aubin, Tehan, & Hampton, 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995). D'autre part, des données récoltées auprès de patients qui présentent une atteinte neurodégénérative, qui altère les capacités de production du langage, ont montré qu'une atteinte des représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques peut affecter sélectivement les capacités de rétention des informations verbales phonologiques ou lexico-sémantiques en MCT, indiquant la présence de relations étroites entre les capacités langagières et la MCT (Jefferies, Hoffman, Jones, & Lambon Ralph, 2008 ; Knott, Patterson, & Hodges, 1997, 2000 ; Majerus, Norris, & Patterson, 2007 ; Reilly et al., 2012).

Cependant, l'influence délétère des troubles de la production du langage sur les capacités de mémoire verbale à court terme (MCTV) reste peu explorée dans certains domaines cognitifs, notamment le vieillissement sain et l'aphasie d'étiologie acquise non dégénérative. Or, dans ces deux populations, le manque du mot est un trouble récurrent. De plus, des déficits en MCT ont été fréquemment démontrés. Cependant, la nature de ces déficits, de même que les liens qu'ils entretiennent avec les troubles de la production des mots restent peu déterminés. Dès lors, ce travail de thèse est consacré à l'exploration de l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans le vieillissement cognitif ainsi que dans l'aphasie. Notre objectif est de préciser davantage les relations qui existent entre ces deux fonctions cognitives ainsi que de contribuer à une meilleure compréhension des atteintes en MCTV chez les personnes âgées et chez les patients aphasiques. Nous postulons que les troubles de la production des mots sont un facteur explicatif important des déficits en MCTV observés dans ces deux populations.

La partie théorique de ce travail débutera par une présentation des différents niveaux de représentations langagières impliqués dans la production du langage ainsi que des différents modes de propagation de l'activation au sein du système langagier proposés par les modèles de la production des mots (Butterworth, 1982 ; Dell, 1986, 1988 ; Dell, Martin, & Schwartz, 2007 ; Dell, Nozari, & Oppenheim, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Dell, Schwartz, Martin, Saffran, & Gagnon, 1997 ; Foygel & Dell, 2000 ; Garrett, 1975 ; Levelt, Roelofs, & Meyer, 1999 ; Nozari, Kittredge, Dell, & Schwartz, 2010 ; Schwartz, Dell, Martin, Gahl, & Sobel, 2006). Nous nous intéresserons plus particulièrement aux études qui ont montré la présence de liens interactifs entre et au sein des différents niveaux de représentations langagières (Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Dell et al., 1997, 2007, 2013 ; Foygel & Dell, 2000 ; Nozari et al., 2010 ; Schwartz et al., 2006). Ensuite, nous étudierons le manque du mot dans l'aphasie. Nous présenterons les différents patterns de

performances auxquels nous pouvons nous attendre en fonction d'une atteinte aux différents niveaux de représentations langagières décrits au début de ce premier chapitre. Nous les illustrerons par des cas de patients aphasiques issus de la littérature (Goldrick & Rapp, 2007 ; Hillis, Rapp, Romani, & Caramazza, 1990 ; Lambon Ralph, Sage, & Roberts, 2000 ; Shallice, Rumati, & Zadini, 2000). Enfin, nous nous intéresserons au manque du mot dans le vieillissement sain. La présence d'une dégradation des capacités de production des mots liée à l'âge reste plus débattue, de même que l'âge d'apparition et les explications cognitives de cette dégradation (Burke, D.G. MacKay, Worthley, & Wade, 1991 ; Connor, Spiro, Obler, & Albert, 2004 ; Feyereisen, 1997 ; Goulet, Ska, & Kahn, 1994 ; Nicholas, Connor, Obler, & Albert, 1998 ; Salthouse, 1996a). Ces questions seront abordées dans la dernière partie du chapitre 1. Nous nous intéresserons particulièrement aux dégradations langagières qui ont été mises en évidence chez les personnes âgées. Nous discuterons du fait que les difficultés de production des mots dans le vieillissement sont moins importantes que celles observées chez les patients aphasiques. De plus, ces difficultés ont été reliées à des dégradations à différents niveaux de représentations langagières (e.g., Burke et al., 1991), contrairement aux troubles de la production des mots dans l'aphasie qui peuvent être reliés à des loci d'altération plus distincts. Dans un deuxième chapitre, nous présenterons les études qui ont montré que les capacités de rétention des informations verbales en MCT dépendent fortement de la qualité ou de l'intégrité des représentations langagières stockées en MLT (Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder, et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995 ; Reilly et al., 2012). Nous présenterons également différents modèles de la MCTV qui ont pris en compte ces relations (N. Martin & Saffran, 1992 ; N. Martin, Saffran, & Dell, 1996 ; R. Martin, Lesch, & Bartha, 1999 ; Poirier et al., 2011 ; Saint-Aubin & Poirier, 1999 ; Walker & Hulme, 1999). Enfin, le troisième chapitre traitera de

l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans le vieillissement sain et dans l'aphasie. Cependant, avant d'explorer les relations entre les capacités de production des mots et de MCTV dans ces deux populations, nous présenterons une revue de questions relatives à la présence d'une dégradation des capacités de MCTV liée à l'âge. En effet, une dégradation des capacités de MCTV chez les personnes âgées n'a pas été objectivée dans toutes les études (e.g., Bopp et Verhaeghen, 2005). Nous nous intéresserons également aux différentes études qui ont montré la présence d'une influence de la dégradation auditive liée à l'âge sur les capacités de MCTV chez les personnes âgées (e.g. Surprenant, 2007). Ensuite, nous aborderons les liens entre les atteintes de la production du langage et de la MCTV dans le vieillissement sain puis dans l'aphasie. Comme nous le verrons, cette question a reçu peu de considération dans ces deux populations, malgré la cooccurrence des atteintes de la production du langage et de la MCTV (e.g., R. Martin et al., 1999 ; Peters, Majerus, De Baerdemaeker, Salmon, & Collette, 2009 ; Peters, Majerus, Olivier, Van der Linden, Salmon, & Collette, 2007).

Dans la partie expérimentale de ce travail, nous effectuerons dans un premier temps une série d'études préliminaires destinées à explorer les capacités de production des mots et de MCTV dans le vieillissement. En effet, la présence d'une dégradation de ces capacités chez les personnes âgées reste peu déterminée. Il nous a dès lors semblé important de préciser ces difficultés avant d'étudier les relations qui pouvaient exister entre les capacités de production des mots et de MCTV chez les personnes âgées saines. Les deux premières études auront pour objectif d'explorer les difficultés de production des mots et de préciser l'âge d'apparition de même que les explications cognitives de ces difficultés chez les personnes âgées. Ensuite, nous étudierons les dégradations des capacités de MCTV dans le vieillissement et l'impact d'une dégradation des capacités auditives liée à l'âge sur les performances en MCTV, dans la troisième et la quatrième étude. Dans la cinquième étude, nous

examinerons les relations entre la dégradation des capacités de production des mots et les capacités de MCTV chez les personnes âgées. Nous explorerons si les dégradations des capacités de production des mots liées à l'âge, qui sont moins importante que dans l'aphasie, peuvent être reliées à des difficultés en MCTV chez les personnes âgées. Enfin, la sixième étude étudiera l'impact des troubles de la production des mots sur les déficits de rétention des informations verbales en MCT chez les patients aphasiques. Dans les syndromes aphasiques, les atteintes de la production du langage peuvent être reliées à des loci d'altération spécifiques. Nous examinerons dans quelle mesure les atteintes sélectives des représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques peuvent expliquer des déficits distincts des capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV observés chez certains patients aphasiques.



## Partie théorique

---



## Chapitre I. La production orale des mots

---

Les processus impliqués dans la production orale des mots ont fait l'objet de recherches depuis de nombreuses années. A l'heure actuelle, nous disposons de modèles qui décrivent les différentes étapes de la production des mots depuis la préparation du concept jusqu'à la production orale du mot (Burke et al., 1991 ; Butterworth, 1982 ; Caramazza, 1997 ; Dell, 1986, 1988 ; Dell et al., 1997, 2007, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Foygel & Dell, 2000 ; Friedmann, Biran, & Dotan, 2013 ; Garrett, 1975 ; Goldrick & Rapp, 2007 ; Hillis & Caramazza, 1991 ; Laine & Martin, 1996 ; Levelt, 1999, 2001 ; Levelt et al., 1999 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; Nozari et al., 2010 ; Rapp & Goldrick, 2000, 2006 ; Roelofs, 1997 ; Schwartz et al., 2006 ; Wilshire, Keall, Stuart, & O'Donnell, 2007). Ce chapitre commencera par une brève description des différents niveaux de représentations impliqués dans la production orale des mots considérés par les modèles de la production du langage. Ensuite, nous nous intéresserons aux différents modes de propagation de l'activation au sein du système langagier postulés par ces modèles. Il existe deux conceptions principales du mode de propagation de l'activation: d'un côté les conceptions sérielles et discrètes, qui considèrent que l'activation se propage de façon séquentielle d'un niveau de représentations supérieur vers un niveau inférieur, sans possibilité d'interaction entre les différents niveaux (Levelt et al., 1999), et de l'autre, les conceptions à activation interactive, dans lesquelles les niveaux de représentations sont en constante interaction les uns avec les autres, par le biais de processus d'activation et de rétro-activation (Dell et al., 1997, 2007, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Foygel & Dell, 2000 ; Nozari et al., 2010 ; Schwartz et al., 2006). Par après, nous aborderons la question des atteintes de la production des mots dans les deux populations auxquelles nous nous intéressons dans ce travail de thèse, l'aphasie et le vieillissement sain. Dans l'aphasie, les troubles de la production des mots peuvent être consécutifs

à une atteinte à un ou plusieurs niveaux de représentations décrits par les modèles de la production du langage (Friedmann et al., 2013 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). La question de la présence d'une dégradation des capacités de production des mots dans le vieillissement reste plus débattue de même que l'âge d'apparition de cette dégradation et les explications cognitives de ces difficultés (Burke et al., 1991 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; Salthouse, 1996a). Ces questions seront abordées dans la dernière partie de ce chapitre.

## **1. Les modèles de la production orale des mots**

Les modèles s'accordent généralement sur le fait que la production orale des mots implique au moins trois niveaux de représentations. Le premier niveau est le niveau des représentations sémantiques, au sein duquel le locuteur récupère l'ensemble des significations relatives au mot à produire, comme par exemple sa catégorie sémantique, sa fonction ou ses propriétés visuelles (Capitani, Laiacona, Mahon, & Caramazza, 2003 ; Friedmann et al., 2013 ; Hillis & Caramazza, 1991 ; Hillis et al., 1990 ; Nickels, 2002 ; Pillon, 2002 ; Samson, Pillon, & De Wilde, 1998 ; Warrington & Shallice, 1984). La plupart des conceptions actuelles considèrent que le système de représentations sémantiques serait commun à l'ensemble des modalités de compréhension et de production du langage oral et écrit (Capitani et al., 2003 ; Hillis & Caramazza, 1991 ; Hillis et al., 1990 ; Samson et al., 1998 ; cependant voir Warrington & Shallice, 1984). Le second niveau est le niveau lexical au sein duquel le locuteur récupère une représentation abstraite de la forme du mot (Dell, 1986 ; Dell et al., 1997, 2013 ; Foygel & Dell, 2000 ; Goldrick & Rapp, 2007 ; Levelt, 1999, 2001 ; Nozari et al., 2010 ; Rapp & Goldrick, 2000, 2006 ; Schwartz et al., 2006). Selon certains auteurs, ces représentations sont spécifiées sur le plan phonologique (Goldrick & Rapp, 2007 ; Hillis & Caramazza, 1991 ; Levelt, 2001 ; Levelt et al., 1999 ; Rapp & Goldrick, 2006 ;

Roelofs, 1997). Enfin, le troisième niveau consiste en la récupération des informations phonologiques sublexicales. Lors de cette étape, les phonèmes constitutifs du mot à produire seraient insérés au sein de leur trame métrique (Laine & Martin, 2006 ; Larnier et al., 2004 ; Shallice et al., 2000). Finalement, le mot à produire est encodé sur le plan phonétique afin d'être articulé (Levelt, 1999, 2001 ; Levelt et al., 1999).

Les modes de propagation de l'activation entre les niveaux de représentations diffèrent entre les modèles de la production orale des mots. Dans la section suivante, nous présenterons deux conceptions théoriques principales : les conceptions sérielles et discrètes et les conceptions à activation interactive. Nous examinerons ce qui caractérise et ce qui oppose ces conceptions.

### **1.1. Les conceptions sérielles et discrètes**

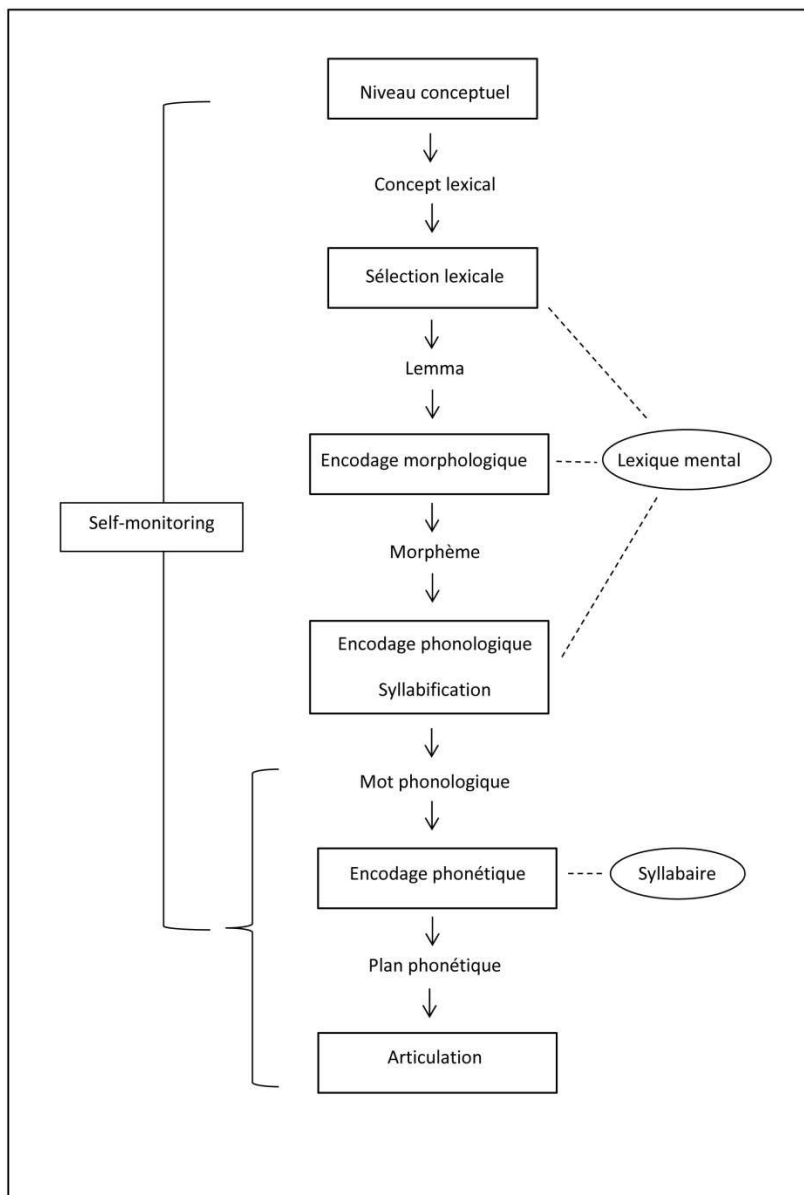
Les modèles sériels et discrets partagent la conception selon laquelle chaque type de représentations langagières est récupéré indépendamment des autres types de représentations. De plus, selon cette conception, l'accès aux différents niveaux de représentations s'effectue de façon strictement séquentielle. Ainsi, la récupération des informations à un niveau de représentations donné ne peut s'effectuer que lorsque le traitement au niveau supérieur est entièrement terminé. Les tenants de cette conception ne conçoivent pas la présence de processus de rétro-activation d'un niveau inférieur vers son niveau supérieur. De plus, à l'exception du niveau conceptuel, il n'y a pas d'activation d'items compétiteurs en même temps que l'activation de l'item cible aux autres niveaux de représentations, ni d'interactions entre l'item cible et ses compétiteurs (Butterworth, 1982 ; Garrett, 1975 ; Levelt et al., 1999 ; Roelofs, 1997). Le modèle sériel et discret le

plus complet est le modèle de Levelt et collaborateurs (Levelt et al., 1999) et sa forme implémentée le modèle Weaver ++ de Roelofs (1997).

Dans le modèle de Levelt et al. (1999), illustré par la figure 1, la production orale débute par une intention de communication qui conduit à l'activation de concepts lexicaux. Ensuite, la sélection lexicale s'opère en deux étapes successives. Tout d'abord, le locuteur récupère une représentation lexicale abstraite correspondant au concept sélectionné au niveau conceptuel, appelée « lemma ». L'activation de ce lemma permet également la récupération des informations syntaxiques correspondantes. Le lemma est donc une représentation abstraite du mot à produire, sémantiquement et syntaxiquement spécifiée. Ensuite, le lemma sélectionné active son lexème correspondant, qui contient les informations phonologiques sur ce mot. Lors de l'encodage phonologique, le locuteur récupère trois types d'informations sur le mot à produire: les informations morphologiques, puis ensuite les informations métriques et segmentales (i.e., les phonèmes qui le constituent). Lors de cette étape a lieu le processus de « syllabification » qui consiste à insérer successivement, du premier au dernier, les segments récupérés au sein d'une structure métrique. Ce phénomène serait dépendant de l'environnement phonologique du mot à produire. Par exemple, « les amis » qui se prononce /lɛ zami/. Le /s/ de « les » transgresse la frontière lexicale entre les mots (Bürki, Ernestus, & Frauenfelder, 2010 ; Levelt, 2001). Le résultat du processus de syllabification est un « mot phonologique », entièrement spécifié sur le plan phonologique. Le mot phonologique active les patrons gestuels articulatoires dans le « syllabaire », qui est un stock de patrons articulatoires disponibles pour l'articulation de l'ensemble des syllabes constitutives d'une langue donnée.

Figure 1

Le modèle sériel et discret de Levelt et al. (1999)



Un grand nombre de données dans la littérature, récoltées auprès d'adultes sains ou cérébrolésés, soutiennent l'hypothèse selon laquelle la récupération des informations sémantiques serait indépendante de la récupération des informations phonologiques. Par exemple, dans une analyse d'un large corpus de langage spontané de sujets adultes sains, Garrett (1975) a identifié deux principaux types d'erreurs de production : les échanges de segments (e.g., « I thought the **p**ark was **t**rucked » pour « I thought the **t**ruck was **p**arked ») et les échanges de mots (e.g., « This **s**pring has a **s**eat in it » pour « « This **s**eat has a **s**pring in it » »). Les échanges de segments concernaient des éléments appartenant au même syntagme mais qui relevaient de catégories grammaticales différentes. Par contre, ils partageaient des similarités phonologiques (e.g., position de la syllabe, consonnes). À l'inverse, les échanges de mots concernaient des éléments appartenant à des syntagmes différents mais qui relevaient de catégories grammaticales similaires. Selon Garrett, les échanges de segments se produisaient lors de l'activation des représentations phonologiques, tandis que les échanges de mots se produisaient lors de l'activation des représentations sémantico-syntaxiques. L'observation des conditions d'apparition différentes de ces deux types d'erreurs a conduit Garrett (1975) à conclure à la séparation des niveaux de représentations phonologiques et sémantico-syntaxiques.

La séparation de l'accès lexical en deux niveaux de représentations distincts, sémantique et phonologique, a également été appuyée par l'examen d'erreurs de production de mots chez des patients aphasiques. Ces erreurs étaient soit sémantiquement reliées à la cible (e.g., « chien » pour « chat »), soit phonologiquement reliées (e.g., [pamis] pour « papillon »). Ainsi, l'existence de telles erreurs a confirmé que la récupération des informations sémantiques et phonologiques étaient bien des opérations distinctes et que chaque type d'informations pouvait être récupéré et atteint sélectivement.

De même, Schriefers, Meyer, et Levelt (1990) ont réalisé une étude chez des adultes sains à l'aide du paradigme d'interférence mot/image qui soutient la conception selon laquelle les informations sémantiques seraient récupérées indépendamment des informations phonologiques. Ce paradigme permet de recueillir des informations sur la nature des représentations qui sont mobilisées ainsi que sur leur décours temporel d'activation (Roux & Bonin, 2011). Dans cette étude, les participants devaient dénommer une image cible. La présentation de cette image était accompagnée d'un distracteur, un mot, présenté auditivement, à des moments différents : 150 ms avant l'image, en même temps que l'image, et 150 ms après la présentation de l'image. Les distracteurs étaient reliés aux images cibles (e.g., « chien »), soit sémantiquement («chien-renard»), soit phonologiquement (« singe-linge»), ou bien ils étaient non-reliés (« pomme-chat »), ou encore neutres (la présentation de « blanco »). La présentation des distracteurs sémantiques ralentissait les capacités de dénomination s'ils étaient présentés 150 ms avant la présentation de l'image. En effet, ces distracteurs avaient pour conséquence d'augmenter le niveau d'activation des associés sémantiques par rapport au mot cible, ce qui ralentissait la sélection de ce dernier dans le processus de production, au moment de l'activation des représentations sémantiques. Par contre, ces distracteurs n'avaient plus d'effet s'ils étaient présentés plus tard, étant donné que la sélection lexicale avait déjà été effectuée. À l'inverse, les distracteurs phonologiques (e.g., « bas » pour « chat ») avaient un effet facilitateur lorsqu'ils étaient présentés 150 ms après la présentation du mot à dénommer, lors de l'activation des représentations phonologiques, en facilitant l'accès à ces représentations, mais n'avaient aucun effet s'ils étaient présentés avant. Les distracteurs neutres et non reliés donnaient lieu à des temps de dénomination intermédiaires. Selon Schriefers et al., (1990) les données suggèrent que la récupération des informations sémantiques est bien séparée de l'accès aux informations phonologiques et aurait temporellement

lieu avant l'accès à la phonologie, comme prédit par la conception sérielle et discrète.

Levelt et al. (1991) ont également apporté des preuves expérimentales à l'hypothèse selon laquelle, à l'exception du niveau conceptuel, il n'y a pas d'activation d'items compétiteurs en même temps que l'activation de l'item cible aux autres niveaux de représentations, ni d'interactions entre l'item cible et ses compétiteurs. En effet, dans leur étude, les auteurs ont montré que, une fois que le lemma cible avait été sélectionné, seul ce lemma activait son lexème cible correspondant. L'activation de lexèmes autres que le lexème cible au niveau lexémique n'est pas envisagée. Les auteurs ont proposé une tâche de dénomination (e.g., dénommer le mot « mouton »). En même temps que les images, les auteurs ont présenté auditivement des mots et des non-mots aux participants qui devaient décider si l'item entendu était un mot qui existait dans leur langue ou non (tâche de décision lexicale). Certains items étaient sémantiquement reliés (« vache »), d'autres étaient phonologiquement reliés (« moulin »), d'autres étaient des associés phonologiques d'associés sémantiques de la cible (« chaise » qui est associée phonologiquement à « chèvre » qui est un associé sémantique de « mouton »). Enfin, d'autres distracteurs étaient non reliés. Le résultat le plus important était que les temps de décision lexicale pour les mots reliés à la fois phonologiquement et sémantiquement n'étaient pas plus rapides que les temps de décision lexicale pour les mots non reliés. Selon Levelt et al. (1991), ce résultat suggère que les associés sémantiques ne sont pas encodés phonologiquement. Cependant, cette conception a été assouplie, en proposant l'activation simultanée de plusieurs lemmas et lexèmes dans un cas précis, celui dans lequel deux items lexicaux sont contextuellement appropriés pour exprimer un concept donné. Dans ce cas de figure, les deux lemmas correspondant à ces synonymes ou quasi-synonymes peuvent être sélectionnés et activent leur lexème correspondant. Cette modification du modèle a été introduite afin de rendre compte de données expérimentales qui suggèrent que des quasi-synonymes

des concepts font l'objet d'une activation phonologique conjointe, tandis qu'on n'observe pas cette co-activation pour des concepts non synonymes mais sémantiquement reliés (Jescheniak & Schriefers, 1998).

De nombreux résultats expérimentaux ont cependant remis en question l'hypothèse selon laquelle il n'y aurait pas de co-activation de plusieurs items à d'autres niveaux de représentations langagières qu'au niveau sémantique. Par exemple, Peterson et Savoy (1998) ont repris le paradigme de Levelt et al. (1991). Dans cette étude, les participants devaient dénommer une image. En même temps, il leur était demandé de lire un mot. Les résultats ont montré que les temps de lecture étaient plus rapides pour les mots phonologiquement reliés à un associé sémantique du mot cible à dénommer (« chaise » pour « chèvre ») que pour des mots non reliés. Ces résultats indiquent que les mots phonologiquement proches des associés sémantiques sont également activés.

L'analyse des erreurs produites par des patients aphasiques appuie également l'hypothèse selon laquelle des items compétiteurs du mot cible seraient activés à d'autres niveaux de représentations qu'au niveau sémantique. En effet, Rapp et Goldrick (2007) décrivent le cas d'un patient CSS, qui suite à une atteinte du lexique phonologique de sortie, produisait des paraphasies formelles (i.e., production d'un mot qui partage 50 pourcents de ses phonèmes avec le mot cible) qui consistaient fréquemment en la production d'un voisin phonologique plus fréquent que le mot cible (e.g., « **b**eaver », castor était dénommé « **w**eaver »). Les erreurs de CSS montrent donc que des items compétiteurs sont également activés au niveau phonologique. En raison de l'atteinte du lexique phonologique, un voisin phonologique plus fréquent est produit à la place du mot cible.

En outre, la mise en évidence d'autres erreurs fréquemment produites par les patients aphasiques remet également en cause l'hypothèse de l'accès indépendant aux niveaux de représentations sémantiques et phonologiques avancée par les conceptions sérielles et discrètes. En plus des erreurs sémantiques et phonologiques, attribuables à une atteinte sélective du niveau sémantique ou phonologique, Dell et collaborateurs (Dell et al., 1997, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Foygel & Dell, 2000 ; Schwartz et al., 2006) décrivent également deux phénomènes fréquemment observés en production de mots chez les patients aphasiques: la production d'erreurs mixtes, i.e., des erreurs qui partagent à la fois des liens sémantiques et phonologiques avec la cible (e.g., « rat » pour « chat »), et le biais lexical des erreurs, i.e., le fait que les erreurs produites ont plus tendance à être des mots que des non-mots.

L'activation des compétiteurs à d'autres niveaux de représentations qu'au niveau sémantique, de même que l'explication des erreurs mixtes et le biais lexical des erreurs nécessitent la prise en compte d'interactions entre et au sein des niveaux de représentations sémantiques et phonologiques. Ces relations sont considérées par les modèles à activation interactive, décrits ci-après.

## **1.2. Les conceptions interactives**

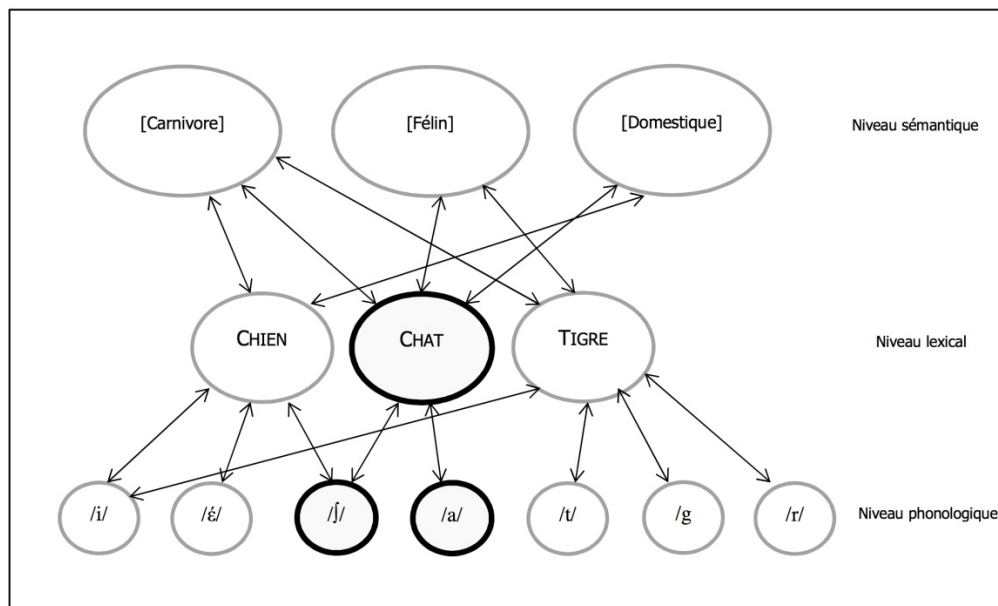
Le modèle à activation interactive le plus influent est le modèle de Dell et collaborateurs (Dell, 1986, 1988 ; Dell et al., 1997, 2007, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Foygel & Dell, 2000 ; Nozari et al., 2010 ; Schwartz et al., 2006). Dell et al. considèrent que le système de représentations langagières consiste en un vaste réseau d'unités, appelées « nœuds » dans lequel l'activation se diffuse. A l'instar des modèles sériels et discrets, les auteurs conçoivent toujours l'existence de différents niveaux de représentations

distincts. En effet, le modèle de Dell et collaborateurs comprend trois niveaux de représentations: un niveau sémantique, lexical, et phonologique (voir figure 2, l'exemple donné représente le processus de production pour le mot « chat »). Cependant, contrairement aux conceptions sérielles et discrètes, les auteurs conçoivent que les différents niveaux de représentations sont reliés par des mécanismes de feed-back et de feed-forward. De plus, à chaque niveau de représentations, le nœud cible est activé, de même que ses compétiteurs.

Plus précisément, selon Dell et al., (Dell, 1986, 1988 ; Dell et al., 1997, 2007, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Foygel & Dell, 2000 ; Nozari et al., 2010 ; Schwartz et al., 2006) lors de la production orale d'un mot, l'activation se propage du niveau sémantique au niveau phonologique. Par exemple, pour la production du mot « chat », au niveau sémantique, les traits sémantiques de ce mot, comme [félin], [domestique], [carnivore] activent le concept cible « chat » et ses compétiteurs, comme les concepts « chien » ou « tigre ». L'activation se propage au niveau lexical où le mot « chat » et ses compétiteurs sémantiques sont également activés. Normalement, le nœud lexical cible « chat » reçoit le plus d'activation et connecte les phonèmes qui le constituent au niveau phonologique. Des compétiteurs phonologiques sont également activés à ce niveau. A chaque niveau de représentations, le nœud cible ainsi que ses compétiteurs renvoient de l'activation vers le niveau supérieur. Ces mécanismes d'activation et de rétro-activation ont pour objectif de renforcer l'activation du nœud cible.

Figure 2

Modèle langagier à activation interactive de Dell et al. (1997), d'après Roux et Bonin (2011)



Dell et al. (1997) et Foygel et Dell (2000) ont implémenté leur modèle de la production des mots dans le but de rendre compte des erreurs observées chez des patients aphasiques. Les résultats ont montré que le modèle simulait efficacement les erreurs des patients. Les auteurs conçoivent que l'efficacité de la propagation de l'activation au sein du système langagier dépend de la force des connexions entre les différents nœuds. Plus les connexions sont fortes, plus l'activation se propage efficacement au sein du réseau de nœuds, et plus l'activation du mot cible est renforcée par les mécanismes d'activation et de rétro-activation provenant des différents niveaux de représentations. En cas d'atteinte de la force des connexions, l'activation se propage moins efficacement au sein du système langagier. Par conséquent, le nœud cible est moins bien renforcé et ses compétiteurs ont plus de chances d'être plus activés et produits à sa place.

Foygel et Dell (2000) considèrent que l'atteinte de la force des connexions peut concerner sélectivement, soit le niveau lexico-sémantique, soit le niveau phonologique. En cas d'atteinte de la force des connexions au niveau lexico-sémantique, le nœud cible est moins bien activé par rapport à ses compétiteurs sémantiques qui ont plus de chances d'être activés à sa place. Les patients produisent dès lors des erreurs sémantiques. Dans le cas d'une atteinte du niveau phonologique, les nœuds phonologiques cibles reçoivent moins d'activation et des phonèmes compétiteurs peuvent être activés à leur place. Cette atteinte aboutit à la production d'erreurs phonologiques. Dans les deux cas envisagés ci-dessus, les erreurs commises peuvent consister en la production d'un voisin phonologique ou d'un associé sémantique qui sont plus fréquents que le mot cible. En effet, les mots plus fréquents résistent mieux à une atteinte du système langagier et disposent d'un seuil d'activation plus bas. Ils ont par conséquent plus de chances d'être plus activés que le mot cible et d'être récupérés à la place de celui-ci.

L'implémentation des modèles interactifs de Dell et al. (1997) et Foygel et Dell (2000) ont également permis de simuler la production d'erreurs mixtes par les patients aphasiques, i.e., des erreurs qui partagent à la fois un lien sémantique et phonologique avec le mot cible (e.g., « rat » pour « chat »). En effet, un associé sur le plan sémantique et phonologique reçoit à la fois de l'activation du niveau sémantique (un animal à quatre pattes, qui a des poils) mais également du niveau phonologique (le /a/ qu'il partage avec « chat »). Cet associé est par conséquent plus activé que ses associés uniquement sémantiques ou phonologiques et a plus de chance d'être récupéré à la place du mot cible.

Le modèle interactif explique également le biais lexical des erreurs. En effet, les nœuds lexico-sémantiques renforcent l'activation des nœuds

phonologiques qui correspondent à un mot existant dans la langue du patient en comparaison avec les non-mots qui ne reçoivent pas d'activation du niveau lexico-sémantique.

En outre, Dell et al. (1997) considèrent également que les nœuds langagiers disposent d'un mécanisme de déclin de l'activation qui leur permet de revenir à leur niveau d'activation initial. En cas de diminution pathologiquement trop rapide de l'activation, celle du nœud cible diminue trop rapidement. Par conséquent, les mécanismes d'activation et de rétro-activation ont plus de chances de renforcer un nœud compétiteur plus activé que le nœud cible. Après avoir augmenté la vitesse de dégradation des nœuds dans l'implémentation de leur modèle, Dell et al. (1997) observent que le système produit un grand nombre d'erreurs mixtes. En effet, les mots qui partagent à la fois un lien sémantique et phonologique avec la cible sont plus activés que les autres nœuds car ils sont renforcés par les deux niveaux de représentations, sémantique et phonologique.

En conclusion, les études présentées ci-dessus montrent la nécessité de prendre en compte des mécanismes interactifs entre et au sein des niveaux de représentations langagières (voir cependant Rapp & Goldrick, 2000 ; qui considèrent l'existence d'interactions uniquement entre les niveaux de représentations mais pas au sein de ceux-ci). En effet, les modèles ont permis de rendre compte d'un grand nombre d'erreurs produites par les patients aphasiques. D'une part, les études ont montré la présence d'activation de nœuds compétiteurs à tous les niveaux de représentations langagières. En cas d'atteinte du système langagier, ce sont ces compétiteurs qui sont récupérés et produits à la place du nœud cible, donnant ainsi lieu à la production d'erreurs. D'autre part, les erreurs mixtes et le biais lexical des erreurs ne peuvent s'expliquer que grâce à la prise en compte de mécanismes d'activation et de rétro-activation entre les différents niveaux de représentations langagières,

phonologiques et lexico-sémantiques, qui conduisent à renforcer davantage des mots qui partagent à la fois un lien sémantique et phonologique avec la cible, ou des mots par rapport aux non-mots, car seuls les mots bénéficient d'une activation du niveau lexico-sémantique.

## **2. Les troubles de la production orale des mots : le manque du mot**

Selon Nespoulous, Rohr, Cardebat, et Rigalleau (2008), «on parle de manque du mot chaque fois que, dans l'encodage de son discours ou en situation de dénomination, un locuteur ne peut évoquer le vocable spécifique correspondant à la cible lexicale » (p. 10). Généralement mise en évidence dans une tâche de dénomination d'images, l'anomie peut, selon les cas, se manifester par la production d'erreurs, appelées paraphasies, la production de périphrases ou circonlocutions (i.e., la production d'une phrase décrivant l'item cible), la production de mots généraux de remplacement (e.g., « chose », « truc »), des latences d'énonciation trop longues, voire une absence de réponse, ou encore par des phénomènes appelés « bribes », comme la production d'hésitations, de répétitions, de retouches, de corrections, ou d'approximations lexicales (Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007).

Dans ce travail de thèse, nous étudierons les relations entre le manque du mot et les déficits en MCTV dans deux populations dans lesquelles l'anomie est un trouble fréquent : l'aphasie et le vieillissement cognitif.

Le manque du mot est une atteinte récurrente dans l'aphasie. Dans ce syndrome, l'anomie survient à une fréquence relativement importante, de sorte qu'elle aboutit à un véritable trouble de la communication. Les atteintes à l'origine du manque du mot chez le patient aphasique peuvent être localisées

aux différents niveaux de représentations présentés dans la section 1 de ce chapitre.

En outre, le manque du mot est la plainte cognitive la plus fréquente chez la personne âgée saine de plus de 50 ans. Dans cette population, la dégradation des capacités de production des mots liée à l'âge est plus légère que dans l'aphasie (Burke et al., 2000) mais également en général multi-déterminée. Selon certains auteurs, elle peut être due à un ralentissement général, affectant toutes les tâches de la même manière (Salthouse, 1996a). Selon d'autres théories, cette dégradation est consécutive à une diminution de la force des connexions au sein du système langagier, qui altère différents niveaux de représentations (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke).

Dans la suite de ce premier chapitre, nous décrirons les troubles de la production des mots dans l'aphasie puis dans le vieillissement cognitif.

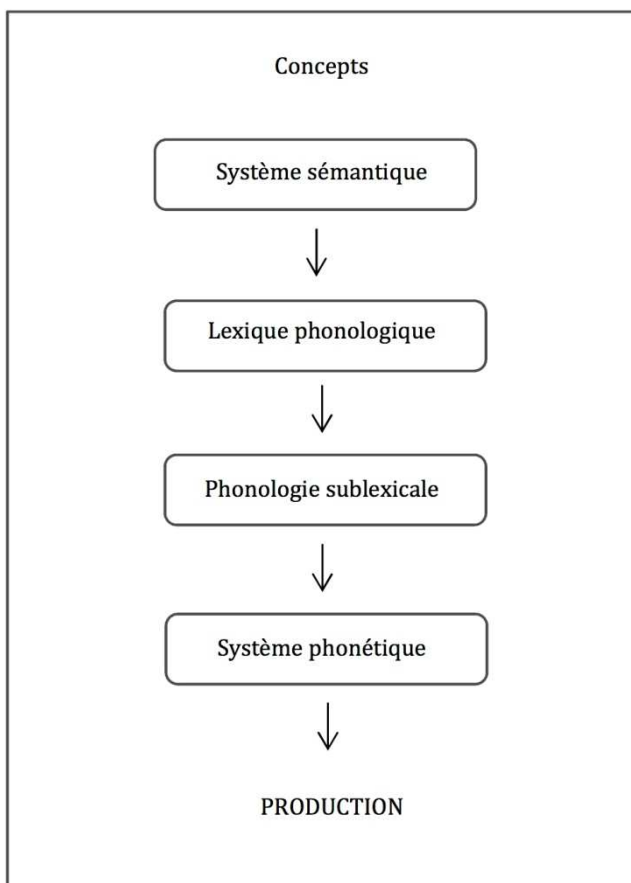
## **2.1. Le manque du mot dans l'aphasie**

Selon une approche neuropsychologique classique, il est généralement admis que les troubles de la production des mots peuvent être consécutifs à une atteinte située à différents niveaux de représentations: au niveau des représentations sémantiques, au niveau du lexique phonologique, ou au niveau sublexical phonologique. De plus, un déficit au niveau des connexions entre le système sémantique et le lexique phonologique de sortie est possible (Friedmann et al., 2013 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). Un rappel de ces niveaux est illustré par la figure 3. Un déficit à un de ces niveaux de représentations engendrera un pattern de performances particulier en production orale des mots. Dans cette section, nous examinerons ces patterns en les illustrant par des cas de patients

aphasiques. Cependant, il est à noter qu'il est également possible de rencontrer des patients qui présentent une combinaison d'atteintes. De plus, les patterns de performances varient généralement d'un patient à l'autre (Laine & Martin, 2006).

Figure 3

Les différents niveaux de représentations impliqués dans la production orale des mots



### ***2.1.1. Le manque du mot consécutif à une atteinte du système sémantique***

Selon Friedmann et al. (2013), les patients qui présentent une atteinte du système sémantique produisent généralement des paraphasies sémantiques en dénomination d'images (i.e., ils remplacent un mot par un associé sémantique, e.g., « chien » pour « chat »)

Étant donné que le système sémantique est considéré comme commun à l'ensemble des modalités de compréhension et de production du langage, les patients avec une atteinte sémantique présentent généralement un déficit non seulement en production orale et écrite de mots, mais également en compréhension orale et écrite (e.g., dans des tâches de désignation d'images à partir de mots oraux et écrits), et dans des tâches qui évaluent plus directement les capacités sémantiques (e.g., appariement d'images, jugement de synonymie, catégorisation d'images ; Capitani et al., 2003 ; Corbett, Jefferies, Ehsan, & Lambon Ralph, 2009 ; Hillis & Caramazza, 1991 ; Hillis et al., 1990 ; Howard & Patterson, 1992 ; Lambon Ralph, Patterson, Garrard, & Hodges, 2003 ; Majerus et al., 2001 ; N. Martin, Schwartz, & Kohen, 2006 ; Pillon, 2002 ; Samson, 2001 ; Samson et al., 1998).

Par exemple, le patient KE (Hillis et al, 1990) présentait une atteinte du système sémantique suite à un large infarctus fronto-pariétal gauche. Le patient produisait 95 pourcents de paraphasies sémantiques en dénomination d'images. Hillis et al. ont également montré que KE produisait le même type d'erreurs dans l'ensemble des modalités de compréhension et de production qui impliquaient le système sémantique, que ce soit en production orale (dénomination orale d'images, lecture à voix haute), en production écrite (écriture sous dictée), en compréhension orale ou écrite (appariements mots oraux ou mots écrits/images, avec associés sémantiques), en compréhension par modalité tactile (appariement mots oraux ou écrits/objets touchés), ou en

production de gestes. De plus, c'étaient les mêmes items qui étaient déficitaires, quelle que soit la tâche effectuée par le patient. Par contre, dans des tâches qui n'impliquaient pas le système sémantique, comme la répétition de non-mots, les performances de KE étaient préservées.

La production de paraphasies sémantiques en cas d'atteinte sémantique peut s'interpréter suivant le modèle interactif de la production du langage de Foygel et Dell (2000). Les auteurs expliquent que, suite à une atteinte du niveau sémantique, l'activation se propage de façon moins efficace au sein du niveau des représentations sémantiques et le mot cible est par conséquent moins bien activé. Dans ce cas, des compétiteurs sémantiques ont davantage de chances d'être plus activés que le mot cible et d'être récupérés et produits à la place de celui-ci.

### ***2.1.2. Le manque du mot consécutif à une atteinte de l'accès au lexique phonologique de sortie***

Lambon Ralph et al. (2000) décrivent les cas de deux patients aphasiques, GM et JS qui, suite à un traumatisme crânien, présentaient un manque du mot consécutif à un déficit de l'accès au lexique phonologique de sortie à partir du système sémantique. Les patients montraient des résultats dans les normes dans des tâches de compréhension ainsi que dans des tâches sémantiques. Par contre, dès que la tâche impliquait la production orale de mots, les patients produisaient des circonlocutions (i.e., une description du mot cible, e.g., l'image d'une pyramide était décrite par la phrase : « la chambre funéraire des rois égyptiens ») ainsi que des paraphasies sémantiques. Lorsqu'un indice phonologique sur le mot à produire était fourni aux patients (e.g., le premier phonème du mot cible), leurs performances de dénomination s'amélioraient. Les résultats dans les tâches de compréhension et dans les tâches sémantiques ainsi que la production de circonlocutions indiquent que

les patients récupéraient correctement les informations sémantiques sur le mot à produire. Par contre, les patients montraient des difficultés à recouvrer la forme phonologique des mots. La présentation d'un indiçage phonologique améliorait leur récupération.

Selon Lambon Ralph et al. (2000) et Laine et Martin (2006), ce type de pattern de performances ne peut s'interpréter qu'en se basant sur une conception interactive de la production du langage. Les concepts sémantiques activeraient les concepts relatifs au mot cible ainsi que leurs associés sémantiques. Chaque concept activerait ensuite sa représentation correspondante au sein du lexique phonologique. Les liens entre le système sémantique et le lexique phonologique renforceraient l'activation du mot cible par rapport à ses associés sémantiques. En cas de déficit de connexion entre ces deux systèmes, le mot cible ne serait plus suffisamment renforcé au niveau phonologique et la probabilité qu'un associé sémantique soit activé à la place de la cible serait plus importante. Friedmann et al. (2013) indiquent en outre que les patients qui présentent un déficit d'accès au lexique phonologique montreraient des effets de fréquence lexicale altérés. En effet, les mots plus fréquents disposeraient de connexions plus fortes et seraient moins sensibles à une altération langagière.

### ***2.1.3. Le manque du mot consécutif à une atteinte du lexique phonologique de sortie***

Goldrick et Rapp (2007) décrivent le patient CSS qui présentait une atteinte du lexique phonologique de sortie suite à un infarctus pariétal gauche. En dénomination d'images, le patient produisait des paraphasies phonologiques (i.e., production d'un mot ou d'un non-mot qui partage au moins 50 pourcents de ses phonèmes avec la cible). Le choix portait fréquemment sur un mot qui était un voisin phonologique de la cible, souvent

de fréquence plus élevée que celle-ci (e.g., « **b**eaver » - « **w**eaver »). Par contre, Caramazza et Hillis (1990) décrivent le cas d'un autre patient, RGB, qui présentait une atteinte du lexique phonologique de sortie, qui produisait principalement des paraphasies sémantiques dans toutes les tâches de production orale.

Ces patterns de performances nécessitent à nouveau la prise en compte de modèles interactifs de la production du langage. Laine et Martin (2006) et Nickels (1997) expliquent ces patterns comme suit : une atteinte du lexique phonologique de sortie entraîne une augmentation du seuil d'activation de la représentation phonologique cible, ce qui a pour conséquence de diminuer les capacités de récupération de cette représentation par le patient. Le choix de la réponse se porte alors sur deux types d'associés possibles : soit un associé sémantique, qui aurait été activé au niveau phonologique par les compétiteurs sémantiques du concept cible, soit un associé phonologique, qui aurait été activé par un processus de rétro-activation des phonèmes activés au niveau phonologique sous-lexical vers le niveau phonologique lexical. En outre, étant donné que les mots plus fréquents présentent un seuil d'activation plus bas, ils sont moins sensibles aux atteintes du système phonologique et ont par conséquent plus de chances d'être activés à la place du mot cible.

Par contre, les performances des patients sont préservées dans des tâches de compréhension ou dans des tâches sémantiques. De même, les capacités de répétition de non-mots ne sont pas altérées. En effet, les patients ne peuvent répéter les non-mots qu'en ayant recours à une voie sublexicale qui n'est pas atteinte par un déficit au niveau du lexique phonologique de sortie.

#### ***2.1.4. Les troubles de la production de mots consécutifs à une atteinte phonologique sublexicale***

Selon Larner et al. (2004) et Shallice et al. (2000), les patients avec un déficit phonologique sublexical produisent des paraphasies phonologiques (i.e, addition, délétion, substitution, transposition de phonèmes, qui résultent en un non-mot, qui partage au moins 50 pourcents de ses phonèmes avec la cible, e.g., « démocratie » est remplacé par [kemokrasi]) dans toutes les tâches impliquant la production orale de mots. En outre, étant donné que le système phonologique sublexical est impliqué à la fois dans les tâches de production de mots (par la voie lexicale) et dans les tâches de production de non-mots (par une voie sublexicale), ces patients présentent également des résultats déficitaires en répétition et en lecture de non-mots (e.g., BON, Goldrick & Rapp, 2007 ; LT, Shallice et al., 2000). Laine et Martin (2006) interprètent ces difficultés comme étant le résultat d'un déficit d'assemblage des phonèmes au sein de leur structure métrique. Shallice et al. (2000) ont principalement mis en évidence ces patterns de production chez des patients qui présentent une aphasie de conduction. Selon Shallice et al. (2000), le système phonologique sublexical contiendrait un dispositif de rétention à court terme ou serait relié à un système de MCTV. Shallice et al. (2000) considèrent que les erreurs phonologiques seraient dues au fait que la trace phonologique, qui doit être maintenue en MCTV le temps que les phonèmes soient insérés dans leur trame métrique, s'effacerait trop rapidement. Le rappel ou la dénomination se baserait alors sur la trace partielle restante et donnerait lieu à la production d'erreurs phonologiques. De même, plus les mots seraient longs, plus le système de MCTV phonologique déficitaire serait surchargé et plus la trace phonologique maintenue serait dégradée. Dès lors, les patients présenteraient un effet de longueur important.

Dans cette section, nous avons évoqué la possibilité qu'en fonction d'une atteinte à un niveau de représentations donné, les patients aphasiques présenteraient une altération des effets de certaines variables psycholinguistiques, comme la fréquence lexicale ou la longueur. Cependant, les niveaux de représentations langagières influencés par ces variables font l'objet de nombreuses controverses. Celles-ci seront présentées dans le point suivant.

## **2.2. L'influence des variables psycholinguistiques sur les capacités de production des mots**

Il a fréquemment été montré que certaines variables psycholinguistiques telles que la fréquence lexicale, l'âge d'acquisition et la longueur ont une influence sur les capacités de production des mots (Alario & Ferrand, 1999 ; Alario et al., 2004 ; Bonin, Peereman, Maladier, Méot, & Chalard, 2003 ; Cuetos, Alvarez, Gonzalez-Nosti, Meot, & Bonin, 2006). Selon certains auteurs, l'effet de ces variables psycholinguistiques sur les capacités de production des mots peut refléter une influence provenant de l'un des niveaux de représentations langagières présentés dans la section 1 (sémantique, lexical, phonologique) (e.g., Alario et al., 2004 ; Bonin, 2013 ; Bonin & Fayol, 2002 ; Brysbaert, Van Wijneneale, et De Deyne, 2000 ; Carroll & White, 1973 ; Ellis & Morrison, 1998 ; Jescheniak & Levelt, 1994 ; Kittredge, Dell, Verkuilen, et Schwartz, 2008 ; Morrison, Chappell, & Ellis, 1997 ; Morrison, Ellis, & Quinlan, 1992 ; Morrison, Hirsh, Chappell, & Ellis, 2002 ; Morrison, Hirsh, & Duggan, 2003 ; Newman & German, 2002, 2005 ; Santiago, MacKay, Palma, & Rho, 2000). Dans cette section, nous examinerons les variables psycholinguistiques dont les effets sur la production verbale ont été les plus étudiés et les plus controversés en ce qui concerne les niveaux de représentations supposés être spécifiquement influencés par ces différentes variables.

### **2.2.1. La fréquence lexicale**

La fréquence lexicale correspond au nombre d'occurrences d'un mot dans une langue donnée (Alario et al., 2004 ; Bonin et al., 2003 ; New, Brysbaert, Véronis, & Pallier, 2007 ; New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001). Les auteurs l'estiment généralement sur la base de corpus issus de films et de séries ou issus de livres (e.g., Content, Mousty, & Radeau, 1990; New et al., 2007). Un grand nombre d'études ont montré que les mots de basse fréquence donnent lieu à plus d'erreurs de production (Newman & German, 2005 ; Schwartz, et al., 2006) et à des latences de dénomination plus longues (Bonin & Fayol, 2002 ; Jescheniak & Levelt, 1994) que des mots de plus haute fréquence.

Une vue proéminente dans la littérature depuis une vingtaine d'années est de situer les effets de fréquence au niveau de la récupération des informations phonologiques lexicales ou lexèmes (Levelt et al., 1999). En effet, Jescheniak et Levelt (1994), ont montré que des mots de basse fréquence (e.g., «buoy» - bouée) homophones de mots de haute fréquence (e.g., «boy» - garçon) étaient dénommés aussi rapidement que leurs homophones de haute fréquence par des participants adultes jeunes et sains. Étant donné que les mots homophones partagent la même représentation phonologique, mais qu'ils possèdent des représentations sémantiques distinctes, les auteurs ont conclu à la localisation lexicale phonologique des effets de fréquence. Cette hypothèse est renforcée par le fait que les auteurs ont également montré que la fréquence n'influait pas les capacités de reconnaissance d'objets ou de dénomination différée, qui évaluaient respectivement les représentations sémantiques et phonétiques.

Cependant, cette hypothèse a été remise en question par d'autres études, comme celle de Bonin et Fayol (2002) qui ont montré que la dénomination d'images de mots de basse fréquence (e.g., « ver »), homophones de mots de haute fréquence (e.g., « verre »), était plus lente que la dénomination des mots de haute fréquence, rejetant par conséquent la localisation lexicale phonologique des effets de fréquence. Étant donné que les auteurs n'ont pas non plus trouvé d'effet de fréquence dans une tâche de catégorisation sémantique et que tous les items étaient appariés sur leurs phonèmes initiaux, les auteurs ont également rejeté la localisation sémantique ou phonétique de cet effet. Par un processus d'élimination, Bonin et Fayol localisent l'effet de fréquence au niveau de l'accès au lexique phonologique de sortie à partir du système sémantique.

Kittredge et al. (2008) ont étudié l'influence de la fréquence lexicale sur les erreurs de 50 patients aphasiques. Les auteurs ont montré que les mots de fréquence élevée donnaient lieu à moins d'erreurs phonologiques, dues à une altération des représentations phonologiques, et d'erreurs sémantiques, dues à une altération des représentations lexico-sémantiques. Ces résultats ont amené les auteurs à conclure que l'effet de fréquence influence à la fois les représentations phonologiques et lexico-sémantiques. Cette conception a depuis été adoptée dans de nombreuses études (e.g., Papagno, Verniche, & Cecchetto, 2013).

### ***2.2.2. L'âge d'acquisition***

L'âge d'acquisition (AOA) consiste en l'âge auquel un mot a été appris par un individu. Les mots acquis plus tôt dans la vie donnent lieu à des latences de dénomination plus courtes et à moins d'erreurs que les mots acquis plus tard (Carroll & White, 1973 ; Ellis & Morrison, 1998 ; Morrison et al., 1992, 1997, 2002, 2003). Pour recueillir l'AOA d'un mot, certains auteurs évaluent

les capacités de dénomination de ce mot par des enfants de 0 à 12 ans (« AOA objectif ») (Hazard, De Cara, & Chanquoy, 2007 ; Morrison et al., 1997). L'AOA objectif d'un mot donné est l'âge auquel 75 pourcents des enfants peuvent dénommer ce mot. Cependant, un grand nombre d'auteurs utilisent une mesure dite « subjective » qui correspond à l'âge auquel des adultes estiment avoir acquis un mot donné (« AOA subjectif ») (Bonin et al., 2003). Morrison et al. (1997) ont montré que les mesures subjectives d'AOA corrôlaient de façon hautement significative avec les mesures objectives de vocabulaire des enfants ( $r = .76$ ) et ont conclu que la mesure subjective de l'AOA ôtait une mesure valide de l'âge auquel un mot ôtait acquis.

L'AOA a longtemps ôté localisé au niveau des représentations phonologiques lexicales (lexèmes). En effet, Morrison et al. (1992) et Morrison et Ellis (1995) n'ont pas observé d'effets d'AOA dans une tâche de catégorisation sémantique (Morrison et al., 1992), ni dans une tâche de production différée de mots (Morrison & Ellis, 1995). Par un processus d'élimination, les auteurs ont conclu à une localisation phonologique des effets d'AOA. Cependant, Brysbaert et al. (2000) ont remis cette interprétation en question. En effet, les auteurs ont trouvé des effets d'AOA dans une tâche de jugement de catégorisation et dans une tâche de génération de mots appartenant à une catégorie sémantique donnée et commençant par une lettre imposée (e.g., des légumes commençant par « C », comme « carotte »). Selon les auteurs, ces résultats indiquent que l'effet d'AOA est localisé au niveau sémantique.

### ***2.2.3. Les effets de fréquence sont-ils des effets d'âge d'acquisition déguisés ?***

Un grand nombre d'études (e.g, Jescheniak et Levelt, 1994 ; Bonin et Fayol, 2002) qui évaluent les effets de fréquence lexicale en dénomination

d'images n'ont pas pris en compte la variable d'AOA. Or, l'AOA est une variable qui est fortement corrélée avec la fréquence lexicale. En effet, les mots fréquents ont souvent été acquis tôt dans la vie (Morrison et al., 2002). Il a fréquemment été démontré que l'effet de fréquence n'avait plus d'influence significative sur les performances en dénomination orale de mots lorsque l'AOA était contrôlé (Morrison et al., 1992, 2002, 2003). Cette observation a amené Morrison et al. à conclure que l'effet de fréquence serait en réalité un effet d'AOA « déguisé ». De même, après ré-analyse post-hoc de l'effet de fréquence en contrôlant l'effet d'AOA, Bonin et Fayol (2002) ont montré que l'effet de fréquence était devenu marginal ( $p = .08$ ). Depuis, le débat continue dans la littérature sur la présence ou non d'effets dissociés de fréquence et d'AOA. Certaines études ont en effet montré des effets de fréquence et d'AOA distincts chez des enfants (Newman & German, 2002) ou chez des jeunes adultes en dénomination d'images (Belke, Brysbaert, Meyer, & Ghyselinck, 2005 ; Brysbaert & Ghyselinck, 2006 ; Ellis & Morrison, 1998 ; Newman & German, 2005).

Enfin, au niveau des loci des effets de fréquence lexicale et d'AOA, notons également que des conceptions plus interactives considèrent que les effets de fréquence et d'AOA n'affecteraient pas un seul niveau de représentations, mais l'ensemble du système langagier (Burke et al., 2000 ; Burke et al., 1991 ; Burke & Shafto, 2004 ; Hodgson & Ellis, 1998). Cependant, Ellis et Morrison (1998) indiquent que ces effets auraient un impact différent sur le système langagier. L'AOA influencerait la qualité des représentations langagières tandis que la fréquence affecterait la force des connexions entre les unités au sein du système langagier (Burke et al., 1991, 2000 ; Burke & Shafto, 2004 ; Ellis & Morrison, 1998).

#### **2.2.4. La longueur**

La longueur d'un mot correspond au nombre de syllabes ou de phonèmes qui le composent. Les données dans la littérature ont montré que les mots plus longs donnent lieu à des latences en dénomination d'images plus longues que les mots courts (Meyer, Roelofs, & Levelt, 2003; Santiago et al., 2000). Les auteurs considèrent que la longueur influence l'encodage phonologique des mots, au moment de l'insertion des phonèmes dans leur trame métrique. Étant donné que cet encodage aurait lieu de façon séquentielle, du premier au dernier phonème (ou syllabe), ce processus prendrait plus de temps pour les mots longs que pour les mots courts (Meyer et al., 2003 ; Santiago et al., 2000 ; Schwartz et al., 2006). Cet effet de longueur n'a cependant pas toujours été démontré (e.g., Alario et al., 2004).

En conclusion, les données ci-dessus montrent que les interprétations concernant les niveaux de représentations influencés par les variables psycholinguistiques de fréquence lexicale, d'AOA et de longueur sont très controversées. La fréquence affecterait soit le niveau phonologique lexical, soit l'accès au lexique phonologique à partir du système sémantique, soit à la fois le système lexico-sémantique et phonologique (Bonin & Fayol, 2002 ; Jescheniak & Levelt, 1994 ; Kittredge et al., 2008). L'AOA pourrait influencer soit le niveau phonologique lexical également, soit être localisé au niveau sémantique (Brysbaert et al., 2000 ; Morrison & Ellis, 1995 ; Morrison et al., 1992, 2002, 2003). Par contre, selon une conception interactive, les effets de fréquence lexicale et d'AOA pourraient influencer l'ensemble du système de représentations langagières (Burke et al., 1991, 2000 ; Burke & Shafto, 2004 ; Hodgson & Ellis, 1998). De plus, certains auteurs considèrent que les effets de fréquence démontrés sur les capacités de production des mots seraient en réalité dus à l'AOA (Morrison et al., 2002, 2003). Enfin, les effets de longueur sont moins consistants dans la littérature. Les auteurs qui en ont observé ont

conclu à une localisation phonologique de ces effets, au moment de l'insertion des phonèmes dans leur trame métrique (Meyer et al., 2003 ; Santiago et al., 2000 ; Schwartz et al., 2006).

## 2.3. Le manque du mot dans le vieillissement sain

### 2.3.1. *Débats sur la présence d'un manque du mot chez la personne âgée et sur l'âge d'apparition de ces difficultés*

Le manque du mot est une des plaintes cognitives les plus fréquentes chez les personnes âgées (Burke et al., 2000 ; Clark-Cotton, Williams, Goral, & Obler, 2007 ; Mortensen, Meyer, & Humphreys, 2006 ; Nicholas et al., 1998). Cependant, malgré ces plaintes, il existe encore aujourd'hui un débat sur la question de la présence d'un manque du mot lié à l'âge (Goulet et al., 1994). En effet, même si un grand nombre d'études ont montré une diminution des capacités de dénomination chez les personnes âgées, que ces études soient transversales (Kavé, Samuel-Enoch, & Adiv, 2009 ; A. MacKay, Connor, Albert, & Obler, 2002 ; Mariën, Mampaey, Vervaet, Saerens, & De Deyn, 1998 ; Newman & German, 2005) ou longitudinales (Au et al., 1995 ; Barresi, Nicholas, Connor, Obler, & Albert, 2000 ; Connor et al., 2004 ; Goral, Spiro, Albert, Obler, & Connor, 2007 ; Zec, Markwell, Burkett, & Larsen, 2005)<sup>1</sup>, il existe certaines études qui n'ont pas objectivé de telles difficultés (Belke & Meyer, 2007 ; Schmitter-Edgecombe, Vesneski, & Jones, 2000). De même, l'âge d'apparition des difficultés de dénomination chez la personne âgée n'est aujourd'hui pas clairement établi.

---

<sup>1</sup> Les études de Au et al. (1995), de Barresi et al., (2000), de Connor et al. (2004) et de Goral et al. (2007) ont été réalisées dans le même laboratoire, dans le cadre du « Language in the Aging Brain Project ». Bien que les auteurs aient examiné les résultats d'un très grand nombre de sujets, sur une très grande période de temps (des années 80 à aujourd'hui), il y a un risque que ce soient, du moins en partie, les mêmes participants que l'on retrouve dans ces études, surtout celles proches dans le temps. L'éventuelle réplification des résultats doit donc être considérée avec précaution.

Après avoir effectué une revue de la littérature de 25 études qui étudiaient les capacités de dénomination chez les personnes âgées, Goulet et al. (1994) ont indiqué que les résultats étaient inconsistants d'une étude à l'autre et qu'on ne pouvait, par conséquent, pas conclure que les capacités à trouver ses mots diminuaient avec l'âge. Les auteurs ont expliqué cette inconsistance par le fait que plusieurs paramètres n'avaient pas été bien contrôlés dans les études considérées. Tout d'abord, les limites d'âges des groupes de participants jeunes et âgés n'étaient pas toujours clairement établies. Dans les groupes de participants « jeunes » inclus dans les études, Goulet et al. (1994) ont noté la présence d'adultes de 18 à 65 ans alors que dans les groupes de participants âgés, ils ont objectivé la présence de participants de 59 à 85 ans. En outre, certaines études ne présentaient que des items fréquents, et donc faciles à dénommer, ou un trop petit nombre d'items. Quelques années plus tard, Feyereisen (1997) a effectué une méta-analyse sur les études de Goulet et al. (1994). Sur la base des résultats obtenus dans les études, qui fournissaient des données suffisantes concernant la moyenne et les écarts-types des performances en dénomination d'images dans trois groupes d'âges sélectionnés (moins de 50 ans, 50-59 ans, plus de 70 ans), Feyereisen (1997) a conclu à la présence de difficultés en dénomination dès l'âge de 70 ans. Par contre, les résultats étaient plus inconsistants avant cet âge et les difficultés de dénomination chez les personnes de 50 à 70 ans n'étaient pas clairement démontrées.

Cependant, des auteurs comme Connor et al. (2004) ou Nicholas et al. (1998) ont montré que les capacités de dénomination déclinaient dès l'âge de 50 ans. La dégradation des capacités de dénomination restait néanmoins subtile jusqu'à 70 ans, où les difficultés devenaient plus apparentes.

Les études ci-dessus ont analysé le nombre de réponses correctes dans le but de comparer les performances des participants jeunes et âgés. Or, chez les sujets sains, les erreurs en production du langage sont peu nombreuses car les difficultés peuvent être subtiles (Connor et al., 2004). Une autre méthode consiste à analyser les latences de dénomination. Ce type d'analyse permettrait de mettre en évidence des troubles plus fins. Cependant il été peu effectué chez la personne âgée. Morrison et al. (2002, 2003) ont indiqué une augmentation des latences de dénomination de participants de 63 à 87 ans, par rapport à des adultes de 18 à 27 ans. Par contre, une analyse des latences de dénomination des sujets de 50 à 60 ans, chez qui les difficultés à trouver leurs mots seraient subtiles, a rarement été effectuée à notre connaissance (Rogalski, Peelle, Reilly, 2011).

### ***2.3.2. Explications cognitives du manque du mot chez la personne âgée***

Deux approches fondamentales tentent de rendre compte des difficultés de production du langage chez la personne âgée : les théories dites « non spécifiques au langage », dont la principale théorie est l'Hypothèse du Ralentissement Général, et les théories « spécifiques au langage », dont la théorie la plus élaborée est l'Hypothèse du Déficit de Transmission.

#### *2.3.2.1. Les théories non spécifiques au langage : L'Hypothèse du Ralentissement Général*

Selon les théories non spécifiques, l'âge affecterait les fonctions cognitives de façon non spécifique. Ces théories postulent en effet la présence d'un déclin dû à l'âge qui affecterait l'ensemble des compétences cognitives, sans distinction entre ces compétences. La principale théorie « non spécifique au langage » est l'Hypothèse du Ralentissement Général.

L'Hypothèse du Ralentissement Général dû à l'âge postule que les personnes âgées présentent un ralentissement dans l'ensemble de leurs capacités cognitives, incluant les capacités de production du langage (Salthouse, 1996a). Cette hypothèse est soutenue par un certain nombre de données expérimentales. Par exemple, Feyereisen, Demaeght, et Samson (1998) ont montré que le ralentissement des latences de dénomination chez les personnes âgées de plus de 60 ans était similaire dans des tâches de dénomination d'images, de dénomination de mots écrits et de catégorisation de mots écrits et oraux. De plus, Myerson, Ferraro, Hale, et Lima (1992) ont indiqué que les latences de réponse chez les personnes âgées de plus de 60 ans étaient simplement une multiplication des latences de réponse chez les personnes plus jeunes soumises aux mêmes conditions expérimentales. Par exemple, ces auteurs ont expliqué que les latences de réponse de personnes âgées dans des tâches lexicales équivalaient à 1.5 fois les latences de réponse chez les personnes plus jeunes. Une variante de cette hypothèse est que le ralentissement lié à l'âge varie en fonction des domaines cognitifs explorés. Par exemple, Lima, Hale, et Myerson (1991) ont montré que le ralentissement lié à l'âge était plus important dans le domaine non-lexical que dans le domaine lexical, alors que les performances étaient similaires entre les deux domaines chez des participants jeunes. Les hypothèses explicatives de cette différence fournies par les auteurs sont diverses sans qu'ils ne puissent cependant en privilégier une. Par exemple, les tâches lexicales pourraient faire appel à des connaissances plus cristallisées que les tâches non lexicales et seraient donc plus faciles à traiter. Ou alors les tâches non lexicales pourraient comporter plus d'informations à traiter et demanderaient donc plus de temps pour être traitées.

En conclusion, selon l'Hypothèse du Ralentissement Général, il y aurait un ralentissement général des latences de réponse dans l'ensemble des tâches

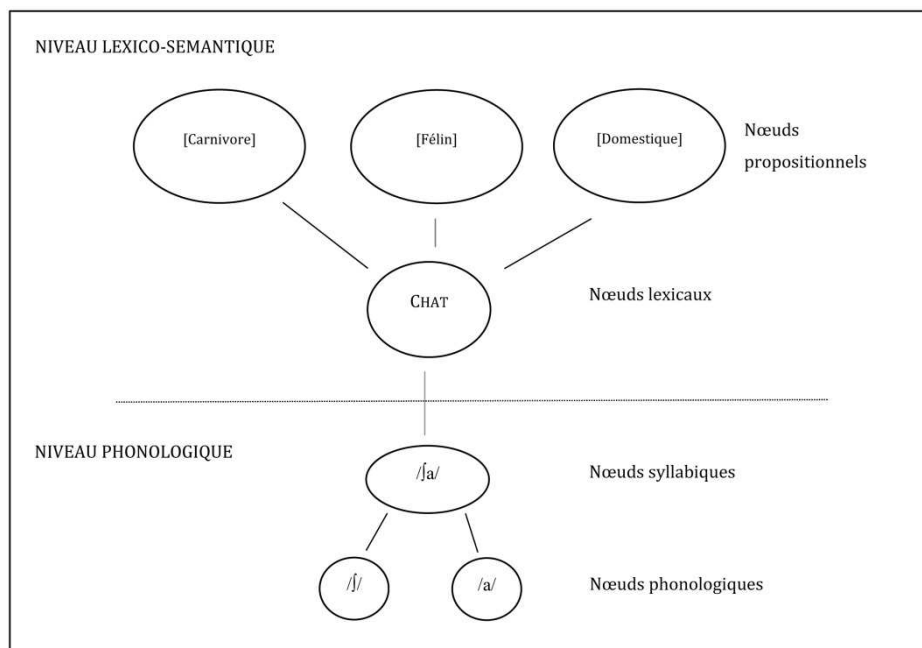
cognitives, incluant les capacités de production orale des mots. Ce ralentissement pourrait être équivalent dans l'ensemble des tâches cognitives ou différer entre des domaines cognitifs, comme entre le domaine lexical et le domaine non-lexical.

### *2.3.2.2. Hypothèses spécifiques au langage : l'Hypothèse du Déficit de Transmission*

A ce jour, l'hypothèse spécifique au langage la plus complète pour expliquer les difficultés des personnes âgées à trouver leurs mots est l'Hypothèse du Déficit de Transmission (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). Cette hypothèse est basée sur un modèle de la production orale de mots, à activation interactive, le « Node Structure Theory » (voir figure 4). Ce modèle comprend deux niveaux de représentations interconnectés : le niveau lexico-sémantique et le niveau phonologique. Deux mécanismes fondamentaux sont responsables de l'efficacité de la propagation de l'activation au sein du système : l'amorçage et l'activation. L'activation est nécessaire pour que le locuteur puisse récupérer l'information associée à un mot. Chaque nœud doit acquérir un certain seuil d'activation donné pour être sélectionné et activé. L'amorçage est un processus relié à l'activation qui prépare un nœud pour son activation. Lorsqu'un nœud est activé, il amorce tous les autres nœuds situés sur un même niveau de représentations mais également aux niveaux inférieurs et supérieurs. L'activation s'étend ensuite de façon séquentielle. Les nœuds déjà amorcés sont activés. Plus un nœud a été amorcé, plus vite il sera activé. Au niveau lexico-sémantique, le mot cible est connecté à ses associés sémantiques qui sont également activés. Puis, une fois le nœud lexico-sémantique cible sélectionné, il ne connecte que le nœud phonologique correspondant. Les connexions entre ces deux niveaux sont donc uniques et par conséquent plus fragiles aux éventuelles altérations du système langagier.

Figure 4

Modèle *Node Structure Theory* selon Burke, D.G. MacKay, Worthley, et Wade (1991)



Selon Burke et al. (1991) et D.G. MacKay & Burke (1990), la force des connexions entre les nœuds détermine la vitesse de propagation de l'amorçage et de l'activation et donc la capacité d'accès au mot cible par l'individu. Dans le modèle NST, les mots fréquents disposent de connexions plus fortes que les mots moins fréquents et sont dès lors récupérés plus facilement. De même, plus un mot a été activé récemment et plus la force des connexions entre les nœuds est importante, ce qui facilite la récupération de ce mot. Burke et al. (1991) considèrent également que l'efficacité de la force des connexions entre les nœuds décline avec l'âge. Ceci signifie que les personnes âgées présentent plus de difficultés d'accès aux noms que les personnes plus jeunes. Par exemple, dans des recueils de journaux de bord, Burke et al. (1991) ont montré que les personnes âgées présentaient plus de difficultés d'accès aux mots que les personnes plus jeunes. Selon Burke et al. (1991) les premières connexions à

souffrir de la diminution de la force des connexions au sein du système langagier sont celles entre le système lexico-sémantique et le système phonologique. En effet, ces connexions sont uniques et sont par conséquent plus sensibles aux effets de l'âge.

Selon Burke et al. (1991) et D.G. MacKay et Burke, la dégradation de l'accès à la phonologie à partir du système lexico-sémantique entraîne le phénomène du mot sur le bout de la langue (MBL). Ce phénomène consiste en une incapacité ponctuelle que rencontre un individu à recouvrer un mot alors qu'il est certain de le connaître. Ce phénomène apparaît à tous les âges de la vie, cependant les personnes âgées en présentent plus que les participants plus jeunes. Par exemple, James et Burke (2000) et White et Abrams (2002) ont proposé une tâche de dénomination à partir de définitions de mots rares à des participants jeunes (18-26 ans) et âgés (69-76 ans). Cette tâche était destinée à éliciter expérimentalement le phénomène du MBL. Les résultats ont montré que les deux groupes de participants présentaient des MBL. Cependant, les personnes âgées en montraient plus que les participants plus jeunes. Les auteurs ont démontré que ces difficultés étaient bien dues à un défaut d'activation des représentations phonologiques à partir du système lexico-sémantique chez les participants jeunes et âgés. En effet, en cas de MBL pour un mot déterminé, les auteurs ont demandé aux participants de lire à voix haute des mots phonologiquement proches du mot cible. Les résultats ont montré que la production de ces associés phonologiques aidait les participants jeunes et âgés à récupérer le mot. Selon les auteurs, ces aides phonologiques ont facilité l'accès aux représentations phonologiques des participants. Ce bénéfice était le même pour les participants jeunes et âgés. Les auteurs ont conclu que les mêmes difficultés d'accès aux représentations phonologiques intervenaient chez les personnes jeunes et âgées mais que les personnes âgées présentaient une dégradation plus importante de la force des connexions, ce qui augmentait les difficultés d'accès à la phonologie et entraînait par conséquent plus de MBL. Par contre, étant donné que les personnes âgées

bénéficiaient autant de l'aide phonologique que les personnes plus jeunes, James et Burke (2000) et White et Abrams (2002) ont conclu que les représentations phonologiques en elles-mêmes n'étaient pas affectées par l'âge.

Selon Goral et al. (2007), l'HDT explique également les difficultés de dénomination d'images. Les auteurs, ainsi que Nicholas, Obler, Albert, et Goodglass (1985) ont également montré que les participants de 70 à 79 ans dénommaient moins d'images que les participants de 30 à 69 ans. Étant donné que la présentation d'un indice phonologique (le premier phonème du mot cible) aidait les participants à récupérer le mot cible en facilitant leur récupération des informations phonologiques, Goral et al. et Nicholas et al. ont conclu que les difficultés de dénomination des personnes âgées étaient dues à une diminution de l'activation des représentations phonologiques par les représentations lexico-sémantiques, en raison d'une diminution de la force des connexions au sein du système langagier.

Cependant, dans leur étude présentée ci-dessus, White et Abrams (2002) ont montré que les participants très âgés de 73 à 83 ans ne bénéficiaient plus de la production de mots phonologiquement proches pour réduire les difficultés de dénomination à partir de définitions. De même, dans une étude longitudinale qui portait sur les capacités de dénomination d'images de participants de 30 à 80 ans, Au et al. (1995) ont noté que les participants de plus de 70 ans ne bénéficiaient pas autant de l'indiciage phonologique que les participants plus jeunes. Ces résultats ont amené Au et al. et White et Abrams à émettre une seconde hypothèse explicative des difficultés de dénomination chez les participants de plus de 70 ans. À partir de cet âge, en plus de la difficulté d'accès à la phonologie, les personnes pourraient également présenter une dégradation de la force des connexions au niveau lexico-

sémantique. Cependant, Au et al. et White et Abrams n'ont pas pu confirmer cette hypothèse car les résultats obtenus ne le permettaient pas.

Afin de discriminer entre une dégradation de la force des connexions au sein du système sémantique ou un déficit d'activation des représentations phonologiques à partir des représentations lexico-sémantiques comme explication des difficultés de dénomination chez la personne âgée, Barresi et al. (2000) ont examiné la consistance des erreurs de dénomination d'images chez des participants dans la cinquantaine, la soixantaine, et la septantaine, lors de trois sessions espacées de trois ans à trois ans et demi. Selon Barresi et al., la consistance des erreurs sur l'ensemble de ces sessions (i.e., dénominations correctes d'une image lors des premières sessions suivies d'un échec de dénomination aux sessions suivantes) refléterait une dégradation au sein du système sémantique, tandis que l'inconsistance des erreurs (i.e., ce ne sont pas toujours les mêmes items qui sont affectés d'une session à l'autre) refléterait un déficit d'activation des représentations phonologiques. Les auteurs ont montré que, chez les personnes de 50 à 69 ans, les erreurs étaient inconsistantes, indiquant que les difficultés de dénomination sont expliquées par un déficit d'activation des représentations phonologiques dans ces tranches d'âge. Par contre, les auteurs ont noté à la fois des erreurs consistantes et inconsistantes chez les personnes de plus de 70 ans. Ces résultats ont amené les auteurs à conclure que les difficultés de dénomination chez les personnes de plus de 70 ans sont expliquées à la fois par une difficulté d'accès aux représentations phonologiques et par une dégradation de la force des connexions au sein du système sémantique. Les auteurs considèrent que cette dégradation de la force des connexions au sein du système sémantique pourrait s'expliquer selon le cadre théorique de l'HDT (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). En effet, selon l'HDT, l'âge entraîne une diminution de la force des connexions au sein de l'ensemble du système langagier. Entre 50 et 60 ans, les connexions plus fragiles entre le système lexico-sémantique et le système phonologique seraient les premières à être

affectées par cette réduction de la force des connexions. Puis, à partir de 70 ans, la force des connexions serait encore plus réduite et les connexions au sein du système sémantique seraient également affectées.

Si les difficultés de dénomination chez la personne âgée sont dues à une dégradation propre au système langagier, alors il devrait être possible d'observer des effets différents des variables psycholinguistiques chez les personnes âgées par rapport aux participants plus jeunes. De même, les participants âgés devraient produire des erreurs différentes de celles des participants plus jeunes. Ceci sera discuté dans les deux sections suivantes.

*Analyse des effets des variables psycholinguistiques sur les capacités de production de mots des personnes âgées*

Comme indiqué précédemment dans ce chapitre, les variables psycholinguistiques de fréquence lexicale, d'AOA subjectif, et de longueur influencent les capacités de production des mots (e.g., Alario et al., 2004 ; Bonin & Fayol, 2002 ; Carroll & White, 1973 ; Ellis & Morrison, 1998 ; Jescheniak & Levelt, 1994 ; Meyer et al., 2003 ; Morrison et al., 2002, 2003 ; Newman & German, 2002, 2005 ; Santiago et al., 2000). Certains auteurs ont analysé les effets de ces variables psycholinguistiques chez les personnes âgées afin de voir si ces variables influençaient différemment les capacités de production des mots dans le vieillissement (e.g., Ellis & Morrison, 1998 ; Hodgson & Ellis, 1998 ; LaGrone & Spieler, 2006 ; Morrison et al., 1992, 1997, 2002, 2003 ; Newman & German, 2005 ; Spieler & Balota, 2000). Étant donné que les effets des variables psycholinguistiques ont fréquemment été analysés afin de mettre en évidence un locus d'altération déterminé au sein du système de production du langage, l'objectif sous-jacent était généralement de déterminer le niveau de représentations langagières qui était dégradé et

responsable des difficultés de production des mots chez les personnes âgées (Mortensen et al., 2006).

En ce qui concerne les effets de fréquence lexicale, beaucoup d'auteurs ont observé des effets similaires de fréquence sur les latences de dénomination de personnes jeunes et âgées (e.g., LaGrone & Spieler, 2006). D'autres auteurs ont cependant montré la présence d'effets de fréquence plus importants chez des participants âgés en comparaison avec des participants plus jeunes. Par exemple, Burke et al. (1991) ont observé que les personnes âgées présentaient plus de MBL que les personnes plus jeunes pour des mots de basse fréquence. De même, Spieler et Balota (2000) ont montré que la fréquence influençait les latences de dénomination de mots écrits des participants plus âgés ( $M = 73$  ans) mais pas des personnes plus jeunes ( $M = 22$  ans).

Cependant, ces études n'ont pas contrôlé l'AOA. Morrison et al. (2002, 2003) ont indiqué que les effets de fréquence qu'ils avaient relevés sur les latences de dénomination de verbes imagés chez des participants jeunes (18-27 ans) et âgés (63-87 ans) n'étaient plus significatifs une fois que les effets d'AOA avaient été contrôlés. Seul l'AOA influençait significativement les latences de dénomination. Ces effets étaient similaires chez les participants jeunes et âgés. Selon Morrison et al. (2002), le fait de trouver des effets d'AOA de même amplitude chez les participants jeunes et âgés indique que l'AOA ne reflète pas le temps qu'un mot a passé dans le système, mais qu'il s'agit plutôt d'une propriété intrinsèque du mot, qui est fixée dès l'acquisition de ce mot et qui reste inchangée avec l'âge. En effet, si l'AOA reflétait le temps passé dans le système, les effets d'AOA devraient diminuer avec le temps, car les différences entre les mots acquis tôt et tard diminueraient avec l'âge. Par exemple, chez un adulte de 20 ans, il y a un écart de 18 ans avec un mot appris à 2 ans et de 10 ans avec un mot appris à 10 ans. Il y a 8 ans d'écart entre ces deux mots. A 70 ans, il y a toujours 8 ans d'écart, mais proportionnellement à la durée de vie du

sujet, cette différence diminue. Ainsi, les effets d'AOA devraient diminuer. Le fait que ça ne soit pas le cas indique alors que l'AOA reflète plutôt le moment auquel un mot a été appris. De même, Hodgson et Ellis (1998) ont trouvé des effets d'AOA sur le nombre de réponses correctes de leurs participants âgés (71-86 ans). Cependant, étant donné que les participants jeunes ne produisaient pratiquement pas d'erreurs, leurs performances n'ont pas pu être analysées et comparées à celles des participants âgés.

Par contre, Newman et German (2005) ont trouvé des effets différents de fréquence et d'AOA sur le nombre de réponses correctes en dénomination d'images chez les participants jeunes et âgés. La fréquence affectait plus la précision des réponses des participants de 12 à 19 ans que celle des participants de 20 à 80 ans. Par contre, l'AOA affectait plus les réponses des participants de 60 à 80 ans que celles des participants plus jeunes de 12 à 59 ans. Selon les auteurs, ceci indique que les effets d'AOA et de fréquence sont distincts l'un de l'autre.

Le plus grand effet d'AOA chez les participants âgés en comparaison avec les participants jeunes mis en évidence par Newman et German (2005) pourrait refléter, selon les différentes hypothèses avancées dans la section précédente, soit une dégradation au niveau lexical phonologique (Morrison & Ellis, 1995 ; Morrison et al., 1992, 2002, 2003), soit une dégradation du niveau sémantique (Brysbaert et al., 2000). De même, le plus grand effet de fréquence mis en évidence par d'autres auteurs (Burke et al., 1991 ; Spieler et Balota, 2000) pourrait refléter une dégradation soit du lexique phonologique, soit de l'accès à ce lexique à partir du système sémantique (Bonin & Fayol, 2002 ; Jescheniak & Levelt, 1994). Par contre, selon Burke et al. (1991), la fréquence affecte la force des connexions dans l'ensemble du système langagier. Les mots plus fréquents disposeraient de connexions plus fortes et seraient moins

sensibles aux effets de l'âge que les mots moins fréquents et seraient donc récupérés plus facilement par les participants âgés.

La présence d'effets de longueur a été moins étudiée chez la personne âgée. Le Dorze et Durocher (1992) ont montré que la précision des capacités de dénomination des personnes âgées de 65 à 74 ans était plus affectée par la longueur que celle de personnes d'âge moyen (45-64 ans) et celles de participants jeunes (25-44 ans). Cependant, les auteurs n'ont pas contrôlé les effets d'autres variables comme la fréquence ou l'AOA. Dès lors, les effets de longueur observés pourraient être dus à ces variables. Hodgson et Ellis (1998) ont contrôlé la fréquence et l'AOA et ont montré que la longueur influençait le nombre de réponses correctes en dénomination d'images des participants âgés. Cependant, comme indiqué plus haut, étant donné les scores plafonds présentés par les participants jeunes, les auteurs n'ont pas pu observer si ces derniers étaient également influencés par la longueur des mots. En analysant les effets de longueur sur les latences de dénomination et en contrôlant fréquence et AOA, Morrison et al. (2003) n'ont pas trouvé d'effet de longueur chez les participants âgés (ni chez les participants plus jeunes) et ont conclu que cette variable ne semblait pas affecter différemment les performances de dénomination des personnes jeunes et âgées.

#### *Analyse des erreurs en dénomination d'images chez les personnes âgées*

D'autres auteurs ont étudié les erreurs de production de mots des personnes âgées dans le but de mettre en évidence une atteinte spécifique des représentations langagières qui serait responsable des difficultés de dénomination observées. Ces auteurs ont noté la présence de paraphasies sémantiques chez les participants âgés (Au et al., 1995 ; Balthazar, Cendes, & Damasceno, 2008 ; Barresi et al., 2000 ; Hodgson & Ellis, 1998 ; Nicholas et al., 1998 ; Nicholas et al., 1985). Au et al. (1995) notent également la présence de

circonlocutions. Les auteurs interprètent ces types d'erreurs comme étant le signe d'une difficulté d'accès au lexique phonologique à partir du système sémantique (Au, et al., 1995 ; Hodgson & Ellis, 1998 ; Nicholas, et al., 1998). Les participants âgés commettent également des confusions visuelles, indiquant des difficultés de perception visuelle (Hodgson & Ellis, 1998).

Cependant, les personnes âgées commettent parfois peu d'erreurs. Ceci est particulièrement le cas pour les personnes de moins de 70 ans chez qui les difficultés de production des mots seraient subtiles (Connor et al., 2004 ; Nicholas et al., 1998). Dans ce cas, l'analyse des erreurs serait plus difficile et les résultats peu interprétables.

### **3. En conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents niveaux de représentations impliqués dans la production orale des mots ainsi que les différents modes de propagation de l'activation entre et au sein de ces niveaux de représentations. Nous avons discuté de la nécessité de prendre en compte des mécanismes interactifs au sein du système de représentations langagières afin de permettre de rendre compte de nombreux patterns de performances rencontrés chez la personne aphasique. En effet, bien que les patients aphasiques puissent présenter une atteinte à un niveau de représentations langagières déterminé, les mécanismes interactifs permettent d'expliquer la production d'un grand nombre d'erreurs chez ces patients (Dell, 1986, 1988 ; Dell et al., 1997, 2007, 2013 ; Dell & O'Seaghdha, 1992 ; Foygel & Dell, 2000 ; Nozari et al., 2010 ; Schwartz et al., 2006). De plus, comme nous allons le montrer dans le chapitre suivant, la présence de mécanismes interactifs au sein du système langagier permet de rendre compte des interactions entre le MCTV.

Nous avons ensuite abordé la question de la présence d'une dégradation de la production des mots chez les personnes âgées. Cette question, de même que l'âge d'apparition de cette dégradation restent débattus. Certains auteurs confirment l'existence de difficultés de dénomination à partir de 70 ans (Feyereisen, 1997) tandis que d'autres indiquent que les difficultés subtiles de dénomination pourraient apparaître dans la cinquantaine (Connor et al., 2004 ; Nicholas et al., 1998).

Les explications cognitives de ces difficultés restent également controversées. Selon l'Hypothèse du Ralentissement Général, le manque du mot est dû à un ralentissement de la vitesse de traitement cognitif qui affecte toutes les tâches cognitives de manière similaire, y compris la production des mots (Salthouse, 1996a). Par contre, selon l'HDT, les difficultés de production des mots chez la personne âgée sont dues à une atteinte spécifique du système langagier qui consiste en une dégradation de la force des connexions au sein de ce système (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay et Burke, 1990). Cette dégradation engendre dans un premier temps un déficit d'activation des représentations phonologiques à partir des représentations lexico-sémantiques chez les adultes dans la cinquantaine et la soixantaine. Puis, la dégradation de la force des connexions augmente avec l'âge et entraîne une diminution de la force des connexions au sein du système sémantique dès 70 ans (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White et Abrams, 2002).



## **Chapitre II. La mémoire verbale à court terme : un système en interaction avec les représentations langagières**

---

### **1. L'influence des représentations langagières sur la mémoire verbale à court terme**

#### **1.1. La conception de la mémoire à court terme de Baddeley et Hitch**

Le modèle de la mémoire de travail (MDT) de Baddeley et Hitch (1974 ; Baddeley, 1986) reste à ce jour une conception théorique influente de la mémorisation à court terme et a été utilisé comme cadre théorique dans de nombreuses études. Ce modèle est décrit comme un système dédié au maintien temporaire et à la manipulation des informations. Il comprend un administrateur central, un système de contrôle amodal, de capacité limitée, dont le rôle principal est de superviser les traitements effectués par deux systèmes esclaves, le calepin visuo-spatial et la boucle phonologique. Le calepin visuo-spatial est dédié à la rétention temporaire des informations visuo-spatiales et la boucle phonologique est responsable du maintien à court terme des informations auditivo-verbales. La boucle phonologique se compose d'un stock phonologique dans lequel les informations verbales sont maintenues durant un temps déterminé. En effet, Baddeley (1986) a montré que le rappel sériel immédiat (RSI) d'items phonologiquement similaires donnait en général lieu à des performances inférieures au rappel d'items phonologiquement dissimilaires. Selon Baddeley (1986), cet effet de similarité

phonologique indique que le stockage à court terme s'effectue sous forme phonologique. L'information n'est maintenue que durant un court laps de temps dans le stock phonologique (1.5 à 2 secondes) et se dégrade rapidement. Cependant, un mécanisme de récapitulation articulatoire permet de rafraîchir l'information en la réintroduisant dans le stock phonologique. L'existence de ce mécanisme a été mise en évidence par les effets de suppression articulatoire et de longueur en RSI d'items. L'effet de suppression articulatoire consiste en une diminution des capacités de répétition d'items lorsque le participant doit en même temps effectuer une tâche de production concurrente (e.g., compter à rebours) durant la tâche de répétition (e.g., Baddeley, Lewis, & Vallar, 1984 ; Peters et al., 2007). Il est expliqué par le fait que la production concurrente d'items empêche le mécanisme de récapitulation articulatoire de maintenir les items cibles dans le stock phonologique. L'effet de longueur consiste en une supériorité du rappel d'items courts sur le rappel d'items longs (e.g., Acheson & Mac Donald, 2009 ; Acheson et al., 2010 ; Peters et al., 2007). Il est dû au fait que les items plus longs mettent plus de temps à être récapitulés. Par conséquent, les participants en rappellent moins.

Baddeley et Hitch (1974) considèrent que la boucle phonologique est indépendante des représentations langagières en mémoire à long terme (MLT). Par exemple, il a été montré que des patients qui présentaient un déficit langagier montraient de bonnes performances dans des tâches de rappel (Baddeley & Warrington, 1970). À l'inverse, des patients qui présentaient un déficit de rétention à court terme des informations verbales ne montraient pas de déficit dans des tâches de compréhension du langage (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998 ; R. Martin & Breedin, 1992). Par conséquent, un grand nombre d'études ont par la suite étudié les capacités de MCTV et les capacités langagières séparément. Cependant, de nombreuses données expérimentales ont montré que les connaissances langagières stockées en MLT constituent un facteur déterminant des capacités de rétention des informations verbales en MCT. Dans la section suivante, nous présenterons des études qui ont montré la

présence de relations entre les représentations langagières et la MCTV et qui ont également montré que les capacités de MCTV dépendent étroitement de l'intégrité des représentations langagières.

## **1.2. L'influence des représentations langagières sur la rétention des informations verbales en mémoire à court terme**

Des études réalisées auprès d'adultes sains et d'enfants ont montré que les capacités de rétention des informations verbales en MCT sont influencées par les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques. En effet, il apparaît que des effets généralement observés dans des tâches langagières peuvent être montrés dans des tâches de MCTV. Ainsi, au niveau phonologique, les non-mots composés de phonèmes fréquemment associés dans la langue des participants sont mieux rappelés que les non-mots contenant des phonèmes rarement associés (effet de fréquence phonotactique). De même, au niveau lexico-sémantique, il a été démontré que les mots fréquents sont mieux rappelés que les mots moins fréquents (effet de fréquence) et les mots plus facilement imageables sont mieux rappelés que les mots moins imageables (effet d'imagerie). Enfin, les mots sont mieux rappelés que les non-mots car seuls les mots disposent d'une représentation langagière lexico-sémantique pour soutenir leur rappel (effet de lexicalité). Ces données témoignent de la présence d'un support des représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques sur les performances en MCTV (Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995).

En outre, des données recueillies auprès de patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant, entre autres, les capacités de production du langage ont apporté des éléments appuyant l'hypothèse que les capacités de MCTV dépendent étroitement de la préservation des représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques.

Par exemple, Knott et al. (1997, 2000) ont montré que leurs patients, FM, AM, et BM, qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières phonologiques (aphasie progressive primaire) ou lexico-sémantiques (démence sémantique) présentaient de meilleures performances pour le rappel de mots qu'ils étaient encore capables de dénommer ou qu'ils connaissaient encore que pour le rappel de mots qu'ils ne pouvaient plus dénommer ou qu'ils ne connaissaient plus.

En outre, il a été démontré que des atteintes des représentations langagières phonologiques affectent sélectivement les capacités de rétention des informations phonologiques en MCTV, en raison d'une diminution du soutien de ces représentations sur la MCTV. Ainsi, des patients qui présentaient une atteinte des représentations langagières phonologiques montraient une atteinte de l'effet de longueur dans des tâches de RSI (Knott et al., 2000 ; Reilly et al., 2012). De même, Jefferies et al. (2008), Knott et al. (1997), Majerus, Norris et al. (2007) et Reilly et al. (2012) ont montré qu'une atteinte des représentations langagières lexico-sémantique a une influence délétère sur les capacités de rétention des informations lexico-sémantiques en MCTV, consécutivement à la diminution du support de ces représentations sur la MCTV. Ces données soulignent la présence de relations étroites entre les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques et la MCTV. Par ailleurs, certains auteurs ont également montré qu'en l'absence du support d'un niveau de représentations déterminé sur la MCTV, les patients ont tendance à montrer une plus grande sensibilité au niveau de représentations

préservé, en raison de l'interactivité au sein du système. Par exemple, Reilly et al. (2012) ont indiqué que les patients qui présentaient une atteinte langagière phonologique montraient des effets de fréquence ou d'imagerie plus importants que les participants contrôles. De même, les patients qui présentaient une atteinte langagière lexico-sémantique montraient de plus grands effets de longueur que les participants contrôles.

Cependant, l'influence des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV a récemment été remise en cause par Papagno, Verniche, et Cecchetto (2013). Les auteurs ont montré que leur patient, MC, qui présentait une démence sémantique, ne montrait pas de différence entre le rappel de listes de mots dont il connaissait toujours la signification et le rappel de mots que MC reconnaissait comme familiers sur le plan de la forme phonologique, mais dont il ne parvenait plus à récupérer la signification. Les auteurs ont conclu que ce pattern de résultats indique que c'est en réalité la familiarité avec la forme phonologique des mots qui a une influence sur la MCTV et non la récupération de la signification de ces mots.

Certains auteurs ont également montré que la MCTV soutient les capacités langagières et qu'une atteinte de la MCTV peut avoir un effet délétère sur les performances dans les tâches langagières qui impliquent la rétention à court terme d'informations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques. Par exemple, R. Martin et Freedman (2001) ont observé que leurs patients qui présentaient une atteinte de la MCTV lexico-sémantique, ML et GR, montraient des résultats déficitaires dans des tâches langagières de production ou de compréhension de phrases longues et complexes, qui impliquaient par conséquent de maintenir temporairement des informations langagières (e.g., des phrases qui comportaient plusieurs adjectifs reliés au nom, comme par exemple : « *long and curly hairs* » - de longs cheveux bouclés). Par ailleurs, d'autres études ont montré qu'une atteinte de la MCTV phonologique entraîne

également des difficultés de production du langage. Par exemple, selon Shallice et al. (2000), les troubles de la production des mots présents chez les patients aphasiques de conduction sont dus à un déficit en MCT phonologique. En effet, selon les auteurs, la trace phonologique maintenue en MCTV s'effacerait trop rapidement pour permettre l'insertion des phonèmes dans leur trame métrique, ce qui engendrerait la production de paraphasies phonologiques en répétition et en production d'items ainsi que des difficultés en répétition de non-mots. En outre, un autre trouble aphasique a été décrit comme résultant d'une atteinte en MCTV : la dysphasie profonde (e.g., Katz & Goodglass, 1990 ; Majerus, Lekeu, Van der Linden, & Salmon, 2001 ; N. Martin, Dell, Saffran, & Schwartz, 1994 ; N. Martin & Saffran, 1992, 1997 ; N. Martin et al., 1996). Ce syndrome est caractérisé par un déficit en compréhension dans lequel les patients ont tendance à choisir des associés sémantiques, une atteinte de la production des mots marquée par la présence de paraphasies formelles et phonologiques, ainsi que par des troubles importants en rappel d'items. Dans les tâches de rappel, les patients produisent des paraphasies sémantiques, présentent un effet d'imagerie important et montrent des difficultés de rappel de non-mots. L'explication la plus fréquemment associée à ce pattern de performances est un déficit en MCTV phonologique (e.g., Katz & Goodglass, 1990). N. Martin et al. (N. Martin & Saffran, 1992, 1997 ; N. Martin et al., 1994, 1996) fournissent une explication différente et parcimonieuse de ce syndrome. Les auteurs considèrent que la MCTV serait intégrée au système langagier et consisterait en l'activation temporaire des représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques. Ce point sera discuté dans la section suivante consacrée aux modèles de la MCTV. Selon les N. Martin et al., le pattern de performances observé dans la dysphasie profonde serait expliqué par une dégradation trop rapide de l'activation temporaire des représentations langagières. Par conséquent, les représentations activées en premier par la tâche seraient les premières à se dégrader et ne pourraient plus soutenir efficacement la sélection de l'item cible. En production de mots, les représentations lexico-sémantiques activées en premier lieu seraient trop

dégradées et la sélection du mot cible se baserait alors uniquement sur le niveau phonologique, rendant possible le choix d'un associé phonologique à la place du mot cible. Dans les tâches de rappel et de compréhension, les représentations phonologiques seraient trop dégradées pour soutenir le rappel, qui se baserait alors principalement sur le niveau lexico-sémantique, ce qui expliquerait les difficultés de rappel de non-mots étant donné qu'ils ne sont pas représentés au niveau lexico-sémantique, ainsi que la présence d'un effet d'imagerie en rappel de mots et la probabilité plus importante de choisir un associé sémantique à la place du mot cible à répéter ou du mot à désigner dans une tâche de compréhension.

En conclusion, les données récoltées auprès de participants sains ou de patients qui présentent une atteinte cérébrale affectant les représentations langagières montrent que les représentations langagières soutiennent les capacités de rétention des informations verbales en MCT. De même, il a été démontré qu'une atteinte des représentations langagières lexico-sémantiques ou phonologiques affecte les capacités de rétention des informations verbales en MCT, en raison de la diminution du soutien des représentations langagières sur la MCT. Par ailleurs, des données recueillies auprès de patients qui présentent un déficit en MCTV indiquent qu'une atteinte de la MCTV peut avoir un effet délétère sur les performances langagières qui impliquent la rétention temporaire d'un matériel verbal.

## **2. Les conceptions théoriques qui intègrent des liens entre la mémoire verbale à court terme et les représentations langagières**

Les données en faveur de l'hypothèse selon laquelle les représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques stockées en

MLT exercent une influence sur les capacités de MCTV ont donné lieu au développement d'un grand nombre de modèles théoriques visant à rendre compte de ces interactions. D'une part, Baddeley (2000) a apporté des révisions à son modèle de la MDT afin d'expliquer la présence d'une influence de la MLT sur la MDT, tout en conservant l'essentiel de son fonctionnement original. Dans d'autres modèles, les traces partiellement dégradées en MCTV sont reconstruites sur la base des représentations langagières stockées en MLT au moment de la phase de récupération, en sélectionnant en MLT les représentations qui correspondent le mieux à ces traces (processus dit de « réintégration » ; Poirier et al., 2011 ; Saint-Aubin & Poirier, 1999 ; Walker & Hulme, 1999). Enfin, d'autres auteurs ont développé des modèles interactifs dans lesquels les représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques stockées en MLT partagent des liens bi-directionnels permanents d'activation et de rétro-activation avec le système de MCTV (Acheson et al., 2010 ; Majerus, 2009 ; 2013 ; N. Martin & Saffran, 1992, 1997 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; R. Martin et al., 1994, 1999 ; Page, Madge, Cumming, & Norris, 2007). Nous avons choisi de développer deux modèles interactifs fréquemment présentés dans la littérature, qui serviront de cadre théorique aux études développées dans la partie expérimentale de ce travail. Le premier modèle est le modèle de N. Martin et Saffran (1992) et N. Martin et al. (1994, 1996). Ces auteurs considèrent que la MCTV consiste en l'activation temporaire des représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques. Par contre, selon R. Martin et al. (1994, 1999), la MCTV ne fait pas qu'interagir avec les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques mais contient des systèmes de stockage distincts, dédiés à la rétention temporaire des informations phonologiques ou lexico-sémantiques, qui entretiennent des liens étroits avec leurs représentations langagières correspondantes. Enfin, en plus des systèmes de MCTV dédiés au maintien des informations langagières, d'autres auteurs considèrent également la présence d'un système de rétention temporaire de l'ordre sériel dans lequel les items ont été présentés. Les modèles qui ont intégré ce système de

rétenion de l'ordre conçoivent que ce système est distinct des représentations langagières et n'est pas affecté par une atteinte de celles-ci (Attout, Van der Kaa, Georges, & Majerus, 2012 ; Brock & Jarrold, 2005 ; Burgess & Hitch, 1999 ; Gupta, 2003 ; Henson, 1998 ; Majerus, 2009, 2013 ; Majerus, Heiligenstein, Gautherot, Poncelet, & Van der Linden, 2009 ; Majerus, Norris, et al., 2007 ; Majerus, Poncelet, Elsen, & Van der Linden, 2006 ; Majerus, Poncelet, Greffe, & Van der Linden, 2006 ; Majerus, Poncelet, Van der Linden, & Weekes, 2008 ; Nairne & Kelley, 2004).

## **2.1. Le modèle révisé de Baddeley (2000)**

Baddeley (2000) a révisé son modèle de la MDT afin de rendre compte des données qui témoignent de l'influence des représentations langagières sur la MCT. L'auteur a ajouté un buffer épisodique, qui consiste en un système de stockage temporaire à capacité limitée, dédié au maintien temporaire d'informations multimodales (e.g., sémantiques, visuelles, kinesthésiques) et à l'intégration, au sein d'une représentation épisodique unitaire, des informations provenant de la boucle phonologique, du calepin visuo-spatial, et de la MLT. Ce buffer épisodique est conçu comme une interface entre la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial et est sous le contrôle de l'administrateur central. Selon Baddeley, le buffer épisodique permet de rendre compte de divers effets rencontrés dans des tâches de MCTV comme la récupération de stratégies en MLT, dans le but d'augmenter les capacités de stockage à court terme lors de la mémorisation de phrases, ou de l'intégration des informations nécessaires à la prise de conscience du monde qui nous entoure. Par contre, le modèle ne décrit pas précisément de mécanismes permettant d'expliquer les influences simples et obligatoires des représentations langagières stockées en MLT sur les capacités de stockage des informations verbales, montrées par les effets de fréquence lexicale, d'imagerie, ou de fréquence phonotactique.

## **2.2. Les modèles basés sur le processus de réintégration**

Les modèles basés sur le processus de réintégration ont été conçus pour rendre compte des effets des connaissances langagières sur la MCTV (Poirier et al., 2011 ; Saint-Aubin & Poirier, 1999 ; Walker & Hulme, 1999). Ces modèles se basent sur le modèle initial de la MDT de Baddeley et Hitch (1974). Ils postulent cependant l'existence d'un mécanisme de reconstruction qui fait intervenir la MLT lors de la phase de récupération dans une tâche de MCT, afin de compenser la dégradation des informations maintenues en MCT. L'hypothèse est que, si la trace en MCT n'est pas dégradée, les informations peuvent être récupérées directement en MCT. Par contre, si les traces en MCT sont dégradées, alors les traces restantes en MCT servent d'indice de récupération des représentations lexico-sémantiques ou phonologiques les plus proches en MLT, qui permettent alors de reconstituer, de « réintégrer », les traces dégradées en MCT au moment du rappel. Ce processus est fonction de l'accessibilité des informations en MLT. Ainsi, les représentations langagières plus fréquentes, plus imageables, ou les mots par rapport aux non-mots, sont plus facilement accessibles et activables, ce qui permet de rendre compte des effets de fréquence lexicale, d'imagerie ou de lexicalité. Par contre, ces modèles n'envisagent pas de feed-back de la MCTV sur la MLT.

## **2.3. Les modèles interactifs de la mémoire verbale à court terme**

A l'instar des modèles langagiers, des modèles interactifs de la MCTV ont été développés. Contrairement au modèle de Baddeley (2000) et aux modèles basés sur le processus de réintégration, ces modèles intègrent des liens permanents entre le système de représentations langagières et la MCTV.

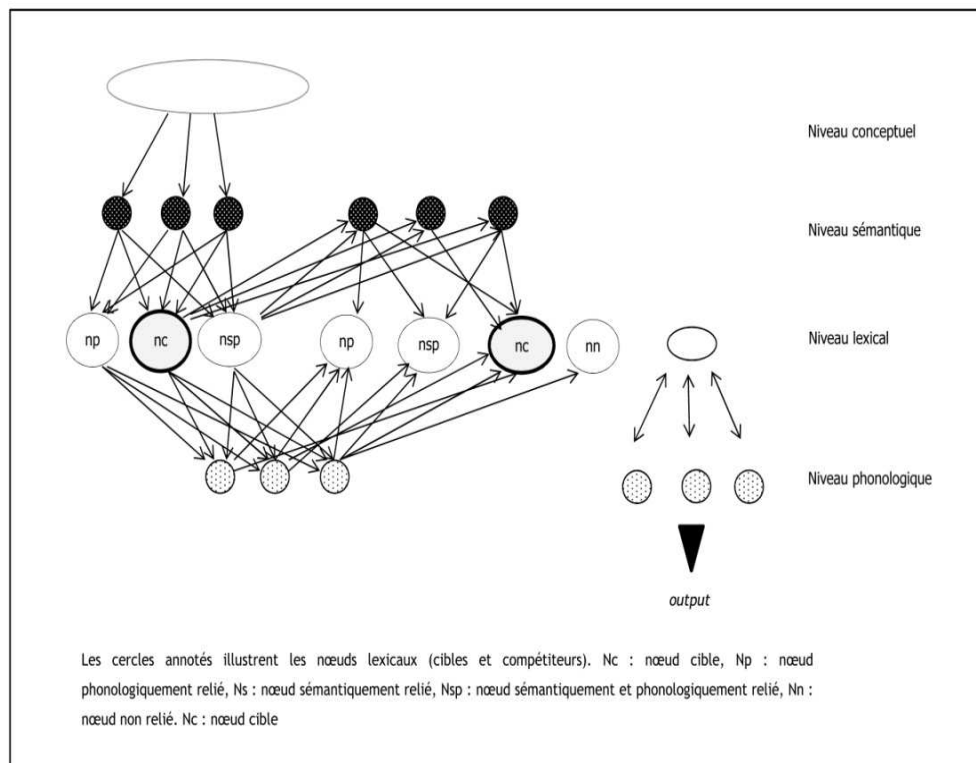
De plus, contrairement aux conceptions décrites ci-avant, les systèmes présentés dans cette section sont des systèmes de MCTV et non de MDT. C'est-à-dire qu'ils sont dédiés au stockage « passif » des informations, sans traitement supplémentaire.

### **2.3.1. *Le modèle de N. Martin et collaborateurs***

Le modèle interactif du langage et de la MCTV de N. Martin et collaborateurs (N. Martin & Saffran, 1992, 1997 ; N. Martin et al., 1994, 1996) est adapté du modèle de la production du langage de Dell (1986) (voir figure 5). Il comporte trois niveaux de représentations reliés par des connexions bidirectionnelles : les représentations sémantiques, les représentations lexicales, et les représentations phonologiques. Tout comme dans le modèle de Dell, chaque niveau est constitué de nœuds interconnectés. Ainsi, à chaque niveau, le nœud cible est activé ainsi que ses compétiteurs sémantiques ou phonologiques. Dans une tâche impliquant la production d'un mot, l'activation se propage du niveau sémantique au niveau phonologique. A l'inverse, en répétition ou en compréhension, l'activation se propage du niveau phonologique vers le niveau lexico-sémantique.

Figure 5

Le modèle à activation interactive de la mémoire verbale à court terme de N. Martin et Saffran (1992) ; N. Martin et al. (1994, 1996), d'après Laine et Martin (2006)



Ce modèle explique les relations entre le langage et la MCTV de façon assez radicale. En effet, N. Martin et al. ne conçoivent pas de séparation entre les systèmes de représentations langagières et de MCTV. En effet, selon N. Martin et al., la MCTV consiste en l'activation temporaire des représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques. Dès lors, une atteinte de l'un de ces systèmes entraînera un déficit de l'autre système.

Cette conception a principalement été basée sur le pattern de déficits observé chez des patients qui présentent une dysphasie profonde (e.g., NC ; N.

Martin & Saffran, 1992 ; N. Martin et al., 1994, 1996). Comme indiqué dans le point précédent, ce syndrome est caractérisé par la présence d'effet de lexicalité et d'imagerie importants en rappel d'items, la production de paraphrasies phonologiques en production de mots et la présence d'erreurs sémantiques en compréhension. N. Martin et al. (1992) ont fourni une explication parcimonieuse à cet ensemble de déficits. Selon les auteurs, ce syndrome serait expliqué par une dégradation trop rapide de l'activation temporaire des représentations langagières. Les premières représentations activées seraient les premières à se dégrader, entraînant une influence plus importante des niveaux de représentations activés plus tard dans la tâche. Dès lors, dans les tâches de compréhension et de répétition, les premières représentations activées sont les représentations phonologiques. Celles-ci seraient trop dégradées pour soutenir les traitements nécessaires à ces tâches, entraînant une plus grande influence des informations lexico-sémantiques. De même, en production du langage, les représentations lexico-sémantiques se dégraderaient trop rapidement, entraînant une plus grande influence des représentations phonologiques.

A l'instar de Dell et al. (Dell, 1986 ; Dell et al., 1997), un autre type d'atteinte consisterait en une diminution de la force des connexions au sein du système de représentations. Dans ce cas, l'activation se propagerait de façon moins efficace au sein du système et les niveaux temporellement les plus éloignés seraient moins bien activés entraînant une influence plus importante des premiers niveaux de représentations activés par la tâche. En répétition, les performances de rappel se baseraient sur les représentations phonologiques. Ceci se traduirait par la production d'erreurs phonologiques. En production, ce déficit entraînerait la production d'erreurs sémantiques, car seules ces représentations seraient correctement activées (e.g., RB ; Croot, Patterson, & Hodges, 1999).

Ainsi, dans ce modèle, il n'existe pas de séparation entre les systèmes langagiers et de MCTV. Cette hypothèse de l'intégration de la MCTV dédiée à la rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques au système langagier a également été reprise dans les conceptions de la MCTV développées par d'autres auteurs (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; Page et al., 2007). Selon ces conceptions, une atteinte au sein du système entraînera la présence conjointe de déficits langagiers et de MCTV.

### ***2.3.2. Le modèle interactif de R. Martin et al. : la séparation des processus de rétention à court terme des informations lexico-sémantiques et phonologiques***

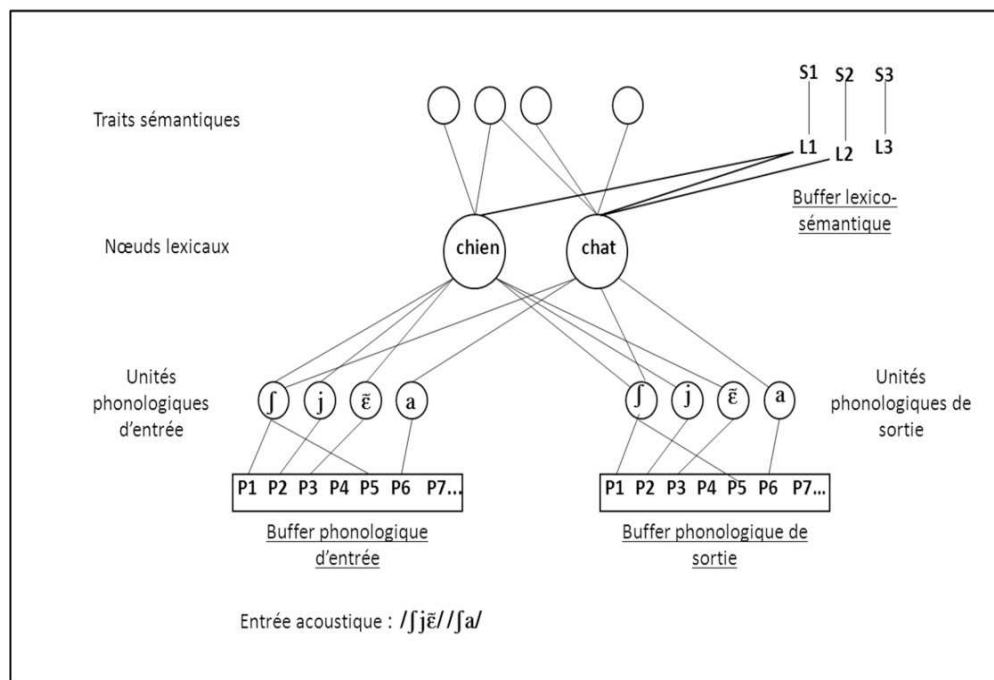
Selon R. Martin et al. (1994, 1999), la MCTV ne ferait pas qu'entretenir des relations avec les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques stockées en MLT, elle contiendrait des systèmes distincts, appelés « buffers », dédiés au stockage temporaire des informations phonologiques et lexico-sémantiques. Ces systèmes seraient cependant connectés aux représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques par des liens bi-directionnels.

Le modèle de R. Martin et al. (1994, 1999) (voir Figure 6) est également inspiré du modèle interactif de Dell (1986) et se compose de représentations phonologiques d'entrée et de sortie, de représentations lexicales et de représentations sémantiques. Ces niveaux sont reliés par des connexions bi-directionnelles et assurent la propagation de l'activation via des processus de proaction et de rétroaction. A ces différents niveaux sont reliés des buffers de MCT qui assurent le maintien temporaire des informations phonologiques d'entrée, de sortie, et des informations lexico-sémantiques. Ces buffers sont distincts des représentations langagières et peuvent être altérés sélectivement. Cependant, ils entretiennent des liens bi-directionnels avec

leurs représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques correspondantes. Ainsi, dans une tâche de MCTV, les représentations langagières interagissent avec les informations maintenues temporairement en MCTV afin de soutenir les traces qui se dégradent. Cette relation permet de rendre compte des effets des variables psycholinguistiques de fréquence lexicale, d'imagerie, de fréquence phonotactique, ou de lexicalité décrits ci-dessus. En effet, les représentations langagières plus riches (e.g., des mots fréquents, imageables, des non-mots avec une fréquence phonotactique élevée) sont plus facilement activables et soutiennent mieux le traitement des informations verbales en MCT. De même, dans les tâches langagières, une trace des stimuli activés est maintenue temporairement en MCTV, et un feed-back allant de la MCTV vers les représentations langagières contribue à garder l'information active au niveau langagier.

Figure 6

Modèle interactif de la mémoire verbale à court terme de R. Martin, Lesch, et Bartha (1999)



Ainsi, selon cette conception, un déficit au niveau des représentations langagières affecte également la MCTV car les représentations langagières ne peuvent plus soutenir le maintien à court terme des informations verbales en MCT. Par exemple, R. Martin et al. (1999) ont décrit le cas du patient aphasique MS (lésion temporale gauche) qui présentait un manque du mot suite à une atteinte langagière lexico-sémantique. En effet, en dénomination d'images, MS produisait des circonlocutions et présentait un effet de longueur. Les auteurs ont montré que son atteinte langagière lexico-sémantique affectait ses capacités de rétention des informations verbales lexico-sémantiques : MS ne montrait pas d'effet de lexicalité en RSI de mots. De plus, le patient présentait des difficultés spécifiques pour le rappel des mots qu'il ne pouvait

pas dénommer et ses erreurs en RSI étaient similaires à celles observées en dénomination d'images. De même, en cas d'altération de la MCTV, les informations langagières ne peuvent plus être maintenues temporairement, entraînant ainsi des difficultés dans les tâches langagières telles que les tâches de production de phrases longues et complexes (e.g., R. Martin et Freedman, 2001).

Les données empiriques à l'origine de l'hypothèse de la distinction entre les buffers phonologique et lexico-sémantique ont été recueillies auprès de patients cérébrolésés qui présentaient un déficit relativement sélectif de la rétention à court terme de l'information, soit phonologique, soit lexico-sémantique. Par exemple, EA et AB (R. Martin et al., 1994) présentaient tous les deux des empan en MCTV déficitaires suite à des lésions cérébrales temporo-pariétales et fronto-pariétales gauches, respectivement. Leurs performances en MCTV variaient en fonction du type d'informations à maintenir. EA présentait un déficit sélectif de la rétention à court terme des informations phonologiques. Elle montrait une diminution de la sensibilité aux variables phonologiques de similarité phonologique et de longueur. De plus, elle présentait des résultats déficitaires dans une tâche d'empan de rimes, évaluant spécifiquement la rétention à court terme des informations phonologiques. Dans cette tâche, la patiente entendait une liste de mots de longueur croissante. Après la présentation de la liste, un mot lui était présenté. EA devait juger si le mot rimait ou non avec un des mots présentés dans la liste. Dans cette tâche, la patiente devait donc spécifiquement maintenir temporairement l'information phonologique afin d'effectuer le jugement de la rime. Par contre, la patiente présentait de meilleures capacités de rétention temporaire des informations lexico-sémantiques, telles que montrées par ses performances préservées dans une tâche d'empan de catégories sémantiques, dédiée à l'évaluation spécifique des capacités de rétention des informations lexico-sémantiques. Dans cette tâche, EA entendait une liste de mots et devait juger si le mot présenté après cette liste appartenait à la même catégorie qu'un

des mots de la liste. La patiente présentait également des effets préservés de lexicalité en RSI de mots et de non-mots. Le patient AB présentait le profil inverse : il présentait de meilleurs résultats dans la tâche d'empan de rimes que dans la tâche d'empan de catégories, des effets phonologiques normaux de longueur et de similarité phonologique en MCTV, mais un effet de lexicalité absent, indiquant la présence d'une atteinte spécifique de la rétention à court terme des informations lexico-sémantiques avec une préservation de la rétention à court terme des informations phonologiques. D'autres patients qui présentaient une atteinte sélective de la rétention à court terme de l'information, soit phonologique (e.g., BS, Hanten & Martin, 2001 ; BJ, Majerus, Van der Kaa, Renard, Van der Linden, & Poncelet, 2005 ; TG, JPH, DC, Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004), soit lexico-sémantique (GR, Freedman & Martin, 2001 ; ML, R. Martin & He, 2004 ; R. Martin & Lesch, 1996) ont été décrits dans la littérature, venant appuyer l'hypothèse de la présence de systèmes de stockage spécifiques des informations phonologiques et lexico-sémantiques.

Cette distinction est également soutenue par des données issues de la neuro-imagerie. Par exemple, Hamilton et Martin (2012) ont examiné les zones cérébrales activées lors de tâches évaluant spécifiquement la rétention temporaire des informations lexico-sémantiques ou phonologiques chez des participants jeunes et sains. La rétention des informations lexico-sémantiques était évaluée à l'aide d'une tâche dans laquelle les participants devaient juger si un mot était synonyme d'un mot précédemment présenté dans une liste. La rétention à court terme des informations phonologiques était évaluée à l'aide d'une tâche d'empan de rimes. Les zones cérébrales activées lors de la tâche d'empan de synonymes étaient le gyrus frontal moyen gauche et le gyrus frontal inférieur gauche. Par contre, les zones actives pour la tâche d'empan de rimes étaient le gyrus précentral gauche ainsi que le lobe pariétal inférieur gauche et le gyrus supra-marginal.

Cependant, le nombre de cas présentés dans la littérature qui montrent une atteinte sélective du buffer phonologique ou lexico-sémantique est peu important. De plus, à l'heure actuelle, aucun cas de double dissociation « pure » entre une atteinte sélective d'un buffer avec la préservation complète de l'autre buffer chez un patient, et le profil inverse chez un autre patient, n'a été démontré à notre connaissance. En effet, les patients décrits dans la littérature présentaient une atteinte dans les deux systèmes de MCTV lexico-sémantique et phonologique, avec cependant de meilleures performances dans des tâches évaluant un système de MCTV que dans des tâches évaluant l'autre système. Par exemple, EA présentait des empan de rimes et de catégories de 2.65 et 2.82 respectivement et AB, des empan de rimes et de catégories de 4.62 et 2.19 respectivement, alors que les participants contrôles avaient des empan supérieurs à 5 (Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004). Les autres cas décrits dans la littérature (e.g., Hanten & Martin, 2001; Majerus et al., 2005; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004) sont de simples dissociations. Des données supplémentaires sont donc encore nécessaires pour confirmer la séparation entre les buffers lexico-sémantique et phonologique.

En ce qui concerne la distinction entre les buffers phonologiques d'entrée et de sortie, les preuves empiriques proviennent d'études de cas de patients qui présentaient une atteinte lors de tâches de MCT en production (RSI) mais pas lors de tâche de MCT en réception (empan de rimes, tâches de reconnaissance) (e.g., R. Martin et al., 1999 ; Romani, 1992).

Enfin, les données à l'origine de l'hypothèse selon laquelle les représentations langagières sont distinctes de la MCTV proviennent d'études de cas de patients (e.g., EA et AB) qui présentaient une atteinte en MCTV mais une préservation des performances dans des tâches impliquant des traitements langagiers phonologiques et lexico-sémantiques sans charge en

MCTV. Selon les auteurs, ces résultats indiquent que les représentations langagières et les buffers peuvent être altérés sélectivement et sont donc distincts. Par contre, selon N. Martin et al. (1996), l'apparente préservation des représentations langagières ne montre pas que la MCTV est séparée du langage. En effet, les auteurs considèrent qu'en cas de dégradation plus légère de l'activation temporaire des représentations langagières, les traitements langagiers pourraient rester relativement préservés. Cependant, les déficits apparaîtront dans des tâches langagières qui requièrent le maintien temporaire d'informations langagières (e.g., NC ; N. Martin et al., 1996).

Notons cependant que l'une des raisons pour lesquelles R. Martin et al. ont postulé l'existence de buffers séparés du langage est que les buffers permettent de stocker l'ordre sériel dans lequel les items ont été présentés dans une tâche de rappel. Par contre, la conception de N. Martin et al. (N. Martin & Saffran, 1992, 1997 ; N. Martin et al., 1994, 1996) ne comprend pas de tels mécanismes. En effet, les buffers de R. Martin et al. (1999) contiennent des emplacements qui permettent de stocker l'ordre de présentation des différentes informations. Le premier item est relié à l'emplacement qui code pour la position 1, le deuxième est relié à l'emplacement qui code pour la position 2, etc. (voir Figure 6). Le stockage de l'ordre sériel dans lequel les items ont été présentés est en effet une composante importante de la MCTV qui est présentée au point suivant.

## **2.4. La distinction entre la rétention à court terme des informations langagières et la rétention à court terme de l'ordre sériel**

De nombreuses études ont montré que le stockage des informations concernant l'ordre dans lequel les items ont été présentés dans une tâche de

RSI (« MCTV ordre sériel ») est une composante distincte des systèmes de rétention à court terme des informations langagières lexico-sémantiques et phonologiques relatives aux items présentés (« MCTV item ») (Brock & Jarrold, 2005 ; Burgess & Hitch, 1999 ; Gupta, 2003 ; Henson, 1998 ; Majerus, 2009, 2013 ; Majerus, Heiligenstein et al., 2009 ; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006 ; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006 ; Majerus, Poncelet et al., 2008 ; Nairne & Kelley, 2004).

Dans la plupart des modèles de la MCTV qui intègrent des mécanismes distincts dédiés à la rétention des informations ordre sériel et item (Burgess & Hitch, 1999 ; Gupta, 2003 ; Henson, 1998 ; Majerus, 2009, 2010, 2013 ; Majerus, Heiligenstein et al., 2009 ; Nairne & Kelley, 2004), l'information item est généralement représentée via l'activation temporaire des représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques, tandis que la rétention à court terme de l'information relative à l'ordre sériel s'effectue via un système de MCTV spécifique, qui encode l'ordre via des codes temporels, contextuels, ou positionnels. Ce système maintient l'ordre dans lequel les items ont été activés dans le système langagier puis réactive les items dans leur ordre de présentation dans la phase de rappel. Le système de rétention de l'ordre sériel est connecté aux représentations langagières mais est distinct de celles-ci. Ainsi, seule la MCTV item est influencée par la richesse des représentations langagières et par un déficit au niveau des représentations langagières. Le système de rétention de l'ordre sériel n'est pas influencé par ces paramètres. C'est pourquoi les modèles relatifs à la rétention de l'ordre sériel seront peu développés dans ce travail.

En effet, des études effectuées auprès d'adultes sains montrent que la richesse des représentations langagières a un impact sur la MCTV item mais pas sur la MCTV ordre sériel. Les études ont mis en évidence un plus grand nombre d'« erreurs items » (i.e., paraphasies et omissions) pour le rappel de

mots de basse fréquence lexicale ou de faible imagerie que pour le rappel de mots plus fréquents ou plus facilement imageables. Par contre, ces mêmes variables de fréquence ou d'imagerie n'influençaient pas le nombre d' « erreurs d'ordre » (i.e., items rappelés dans un ordre incorrect) (Majerus & D'Argembeau, 2011 ; Nairne & Kelley, 2004 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995).

De même, Majerus, Norris et al. (2007) ont montré que deux patients avec une démence sémantique, AT et WM, commettaient des erreurs items en RSI d'items mais peu d'erreurs d'ordre. Selon les auteurs, cette dissociation indique que les patients présentaient un déficit en MCTV item, en raison de la diminution du support des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV item, mais que leurs capacités de rétention à court terme de l'ordre sériel étaient préservées. De même, Attout et al. (2012) ont étudié les performances en MCTV item et ordre sériel de deux patients cérébrolésés, MB et CG. MB était un patient aphasique, qui présentait une atteinte phonologique en compréhension. CG ne présentait pas d'atteinte langagière. MB et CG présentaient des résultats déficitaires en empan de chiffres et en RSI d'items. Cependant, MB et CG présentaient une atteinte sélective pour le maintien à court terme de l'information item ou ordre sériel. MB présentait une difficulté sélective pour la reproduction et la reconnaissance de l'information item. En RSI de mots et de non-mots, le patient commettait des erreurs items (omissions et paraphasies phonologiques) mais les items étaient rappelés dans l'ordre exact. MB était également déficitaire dans une tâche de reconnaissance d'items. Dans cette tâche, il lui était demandé de dire si un mot appartenait à une liste précédemment présentée. Par contre, dans une tâche de reconnaissance de l'ordre sériel, dans laquelle le patient devait juger si deux mots étaient présentés dans le même ordre que dans la liste proposée juste auparavant, MB présentait des résultats dans les normes. De même, ses résultats étaient normaux dans une tâche de reconstruction de l'ordre sériel de chiffres. Dans cette tâche, les auteurs ont présenté au patient des séries de chiffres de longueur croissante. A la fin de la présentation de la liste, MB devait

reconstruire l'ordre dans lequel les items avaient été présentés, à l'aide de cartes qui lui étaient fournies. L'information « item » était connue à l'avance. En effet, les auteurs informaient le patient des items qui feraient partie des listes avant leur présentation. De plus, au moment du rappel, MB ne recevait que les items qui avaient été présentés dans la liste. Ainsi, le patient ne devait se focaliser que sur l'ordre de présentation des items. A l'inverse, CG présentait un déficit de la rétention de l'information ordre sériel avec une préservation de la MCTV item. En effet, CG présentait des résultats qui ne différaient pas des participants contrôles en reconnaissance d'items mais il était plus lent que les contrôles en reconnaissance de l'ordre sériel. De même, ses résultats étaient déficitaires en reconstruction de l'ordre sériel de chiffres.

Finalement, des données de neuro-imagerie suggèrent également l'existence de corrélats cérébraux distincts pour le traitement de l'information item et de l'information ordre sériel en MCTV. Dans une étude comparant les capacités de MCTV item (évaluées à l'aide d'une épreuve de reconnaissance de mots) aux capacités de MCTV ordre sériel (évaluées à l'aide d'une tâche de reconnaissance de l'ordre sériel dans laquelle les participants devaient juger, après présentation d'une liste de mots, si le mot présenté à gauche de l'écran avait été présenté dans la liste avant celui de droite), Majerus, Poncelet, Van der Linden et al. (2006) ont montré que ces deux aspects de la MCTV étaient sous-tendus par des réseaux d'activités cérébrales spécifiques : ainsi, lors de l'exécution de tâches de MCTV ordre sériel, le sillon intrapariétal gauche était activé en connexion avec des régions du sillon intrapariétal droit, du cortex prémoteur et du cervelet, tandis que lors de tâches de MCTV item, le sillon intrapariétal gauche était également activé mais en connexion avec des régions du cortex temporal supérieur et les gyri fusiformes.

### 3. En conclusion

En conclusion, des données recueillies auprès d'adultes et d'enfants sains ont montré que les représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques influencent les capacités de rétention des informations verbales en MCT (Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995). De plus, des études effectuées auprès de patients qui présentent une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières ont montré qu'une atteinte distincte des représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques affecte sélectivement les capacités de rétention des informations verbales phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV, en raison de la diminution du soutien des représentations langagières sur la MCTV (Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Reilly et al., 2012). Un grand nombre de modèles de la MCTV ont été développés afin de rendre compte de l'influence des représentations langagières sur la MCTV. Selon certains modèles, la MCTV est intégrée au système langagier (Acheson & MacDonald, 2009 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992). Dès lors, une atteinte du système affecte à la fois les capacités langagières et de MCTV. Dans d'autres modèles, la MCTV est distincte du langage mais entretient des relations bi-directionnelles avec les représentations langagières (R. Martin et al., 1994, 1999). De plus, R. Martin et al. considèrent la séparation entre un système de MCTV dédié à la rétention des informations phonologiques et un système de MCTV dédié à la rétention des informations lexico-sémantiques. Chaque système de MCTV pourrait être atteint sélectivement. En outre, chaque système de rétention temporaire serait relié à ses représentations langagières correspondantes. La présence de ces liens entre les représentations langagières et les systèmes de MCTV permet de rendre compte de l'impact

négalif d'une atteinte langagière, affectant les représentations phonologiques ou lexico-sémantiques, sur les capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV.

Enfin, en plus des systèmes responsables du stockage temporaire des informations langagières, les conceptions actuelles de la MCTV intègrent également un système de rétention à court terme de l'ordre sériel. Ce système de MCTV ordre sériel est distinct des représentations langagières et n'est pas affecté par une atteinte de celles-ci (Attout et al., 2012; Brock & Jarrold, 2005; Burgess & Hitch, 1999 ; Gupta, 2003 ; Henson, 1998 ; Majerus, 2009, 2013 ; Majerus, Heiligenstein et al., 2009 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006 ; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006 ; Majerus, Poncelet et al., 2008 ; Nairne & Kelley, 2004).



## **Chapitre III. L'influence des troubles de la production des mots sur la mémoire verbale à court terme dans le vieillissement cognitif et dans l'aphasie**

---

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que les représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques soutenaient spécifiquement les capacités de rétention des informations verbales en MCT (Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995). En outre, nous avons également présenté des études réalisées auprès de patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant, entre autres, les capacités de production du langage qui ont démontré que les capacités de MCTV dépendent étroitement de la préservation des représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques. Ainsi, des patients qui présentaient une atteinte langagière phonologique montraient un trouble en MCTV phonologique, en raison de la diminution du support des représentations phonologiques sur la MCTV (Knott et al., 2000 ; Reilly et al., 2012). De même, des patients qui présentaient un trouble langagier lexico-sémantique montraient un déficit en MCTV lexico-sémantique, en raison du manque de soutien des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV (Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Reilly et al., 2012). Nous avons également évoqué que ces relations entre les représentations langagières et la MCTV et avaient été intégrées dans de nombreux modèles récents de la MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009 ; 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994, 1999).

Dans ce travail de thèse, nous nous intéresserons à l'influence négative que peut avoir la dégradation ou l'atteinte de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales phonologiques et lexico-sémantiques dans le vieillissement sain ainsi que dans l'aphasie. Nous avons mis en évidence dans le chapitre I que ces deux populations présentent des troubles de la production des mots. Chez les personnes âgées, selon l'HDT, la diminution des capacités de production des mots liée à l'âge est expliquée par une dégradation de la force des connexions au sein du système langagier, qui affecte l'activation des représentations phonologiques à partir de la sémantique ainsi que les représentations sémantiques (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White & Abrams, 2002). Cette dégradation langagière est cependant plus légère que les déficits langagiers observés dans les atteintes neurodégénératives ou dans l'aphasie (Burke et al., 2000). Dans ce chapitre, nous examinerons si les dégradations de la production du langage liées à l'âge peuvent entraîner une diminution du support des représentations langagières sur la MCTV et dès lors consister en un facteur explicatif de la dégradation des performances en MCTV observées chez les personnes âgées. Chez les patients aphasiques, les atteintes peuvent être reliées à des loci d'altération distincts (e.g., Friedmann et al., 2013 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). Dans la dernière partie de ce chapitre nous discuterons dans quelle mesure les atteintes sélectives des représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques peuvent expliquer des déficits distincts des capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV. Comme nous le décrirons, l'étude des relations entre les capacités de production du langage et de MCTV a reçu peu de considération dans le vieillissement sain et dans l'aphasie.

Cependant, chez les personnes âgées, il apparaît que la dégradation des capacités de MCTV liée à l'âge n'a pas été objectivée dans toutes les études et reste relativement peu précisée. Dès lors, avant d'explorer les relations entre les capacités de production des mots et de MCTV dans le vieillissement, nous examinerons dans un premier temps les différentes études qui ont exploré les capacités de MCTV chez la personne âgée. Ensuite, nous aborderons la question des liens entre les atteintes de la production du langage et la MCTV dans le vieillissement sain puis dans l'aphasie.

## **1. La dégradation des capacités de mémoire verbale à court terme dans le vieillissement**

### **1.1. Existe-t-il un déclin des capacités de mémoire verbale à court terme lié à l'âge ?**

Certaines études montrent un déclin de la MCTV avec l'âge (Bopp & Verhaeghen, 2005 ; Grégoire & Van der Linden, 1997 ; Hester, Kinsella, & Ong, 2004 ; Maylor, Voudsen, & Brown, 1999). Par exemple, Grégoire et Van der Linden (1997) ont observé un déclin significatif en empan de chiffres qui se marquait dès 65 ans, en comparaison avec des adultes de moins de 35 ans. De même, Hester et al. (2004) ont montré une dégradation des capacités de répétition sérielle de chiffres dès 60 ans dans une étude portant sur 1030 sujets de 16 à 89 ans. Enfin, dans leur méta-analyse, Bopp et Verhaeghen (2005) ont montré que les scores en rappel sériel de mots et de chiffres de personnes de 65 ans en moyenne étaient inférieurs de 10 pourcents par rapport aux scores de participants d'une moyenne d'âge inférieure à 20 ans.

Cependant, le déclin des capacités de MCTV lié à l'âge n'a pas été démontré dans toutes les études. Par exemple, Belleville, Peretz, et Malenfant (1996) ont montré que les performances en empan de chiffres de participants âgés de 60 à 80 ans ne différaient pas de celles de participants de 18 à 39 ans. De même, Peters et al. (2007) ont également montré qu'il n'y avait pas de déclin lié à l'âge dans des tâches de RSI de mots similaires et dissimilaires et de non-mots de fréquence phonotactique élevée et faible, entre des participants jeunes de 20 à 29 ans et des participants âgés de 69 à 80 ans.

## **1.2. Les effets de l'âge sur les différentes composantes de la mémoire verbale à court terme**

La majorité des études qui ont étudié le maintien temporaire des informations auditivo-verbales chez les personnes âgées se sont basées sur le modèle de la boucle phonologique de Baddeley (1986). Par exemple, Belleville et al. (1996) et Peters et al. (2007) ont montré des effets de longueur et de similarité phonologique similaires chez leurs participants jeunes et âgés et ont conclu à une préservation de la boucle phonologique avec l'âge. Cependant, comme cela a été indiqué dans le chapitre II, les modèles récents conçoivent la MCTV comme un système constitué de multiples composantes. Chaque composante est distincte des autres composantes et peut être altérée ou dégradée sélectivement. Ainsi, un éventuel déclin en MCTV lié à l'âge pourrait être dû à une dégradation, soit de la MCTV dédiée à la rétention de l'ordre sériel (MCTV ordre sériel), soit de la MCTV dédiée à la rétention à court terme des informations langagières lexico-sémantiques et phonologiques (MCTV item), soit à une dégradation de ces deux systèmes. De plus, au sein de la MCTV item, les difficultés pourraient être dues à un déclin, soit du système de MCTV dédié à la rétention des informations lexico-sémantiques, soit du système dédié au maintien temporaire des informations phonologiques, soit de ces deux systèmes.

A notre connaissance, seuls Maylor et al. (1999) ont exploré les capacités de MCTV item et ordre à travers l'examen des erreurs items (omissions et intrusions) et ordre (items rappelés dans une mauvaise position sérielle) dans une tâche de RSI de consonnes chez des personnes âgées (de 48 à 84 ans) et jeunes (de 18 à 41 ans). Les auteurs ont montré que les performances de rappel des personnes âgées diminuaient de 12 pourcents par rapport aux performances de rappel des participants jeunes. De plus, les participants âgés avaient tendance à commettre plus d'erreurs item et ordre que les participants plus jeunes. Ainsi, le déclin lié à l'âge semblait affecter à la fois la MCTV dédiée à la rétention des informations langagières et la MCTV dédiée à la rétention de l'ordre sériel. Aucune étude n'a par contre proposé des tâches qui évaluent sélectivement la rétention temporaire des informations langagières ou la rétention à court terme de l'ordre sériel. Or, ces tâches permettraient d'examiner plus précisément les capacités de rétention à court terme de ces deux types d'informations. De même, aucune étude n'a étudié les capacités sélectives de rétention temporaire des informations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques à l'aide de tâches spécifiques, comme des tâches d'empan de rimes et de catégories (e.g., R. Martin et al., 1994).

### **1.3. L'influence de la perte auditive liée à l'âge sur la mémoire verbale à court terme dans le vieillissement**

La plupart des études qui évaluent les capacités de MCTV des personnes âgées utilisent des tâches d'empan dans lesquelles les items sont présentés auditivement. Or, de nombreuses données ont démontré que les capacités auditives déclinent avec l'âge. Surprenant (2007) indique qu'un tiers des personnes âgées de plus de 70 ans présentent une perte auditive significative sur le plan clinique (i.e., plus de 25 dB) et que 100 pourcents de ces personnes ont une perte auditive légère à moyenne (Cheesman, 1997 ;

Cruickshanks et al., 1998). Le déclin auditif se marquerait par une perte de 3 dB par décennie entre 40 et 55 ans et de 9 dB par décennie après 55 ans (Cheesman, 1997 ; Pichora-Fuller, Schneider, & Daneman, 1995 ; van Boxtel, et al., 2000). Cependant, Surprenant (2007) souligne que moins de 25 pourcents des recherches sur le vieillissement cognitif ont pris en compte le facteur auditif dans leurs expériences.

Par ailleurs, beaucoup d'études ont démontré l'existence de relations entre les capacités sensorielles et cognitives. Par exemple, Lindenberger et al. (Baltes & Lindenberger, 1997 ; Lindenberger & Baltes, 1994 ; Lindenberger & Ghisletta, 2009) ont montré que les capacités visuelles et auditives corrôlaient avec le fonctionnement cognitif, incluant des tâches de rappel. Ces corrôlations augmentaient avec l'âge des participants. Cependant, ce résultat n'a pas été répliqué dans toutes les études. Par exemple, Grassi et Borella (2013) n'ont montré que des corrôlations faibles entre les capacités auditives et des tâches de MDT (empan de lecture). De plus, Humes et Floyd (2005) et Rönnberg et al. (2011) n'ont pas montré de corrôlations entre l'audition et le fonctionnement cognitif chez les personnes âgées. D'autres auteurs ont cependant démontré que le port d'aides auditives permet d'améliorer les capacités cognitives des participants (Hoi Ning Ng, Rudner, Lunner, Syskind Pedersen, & Rönnberg, 2013 ; Lunner, 2003 ; van Hooren et al., 2005). Cette observation suggère également que les capacités auditives peuvent influencer les performances cognitives.

De plus, de nombreuses études ont démontré que de faibles capacités auditives pouvaient avoir un impact direct sur les capacités en MCTV (Baldwin & Ash, 2011; Cervera, Soler, Dasi, & Ruiz, 2009; McCoy et al., 2005; Murphy, Craik, Li, & Schneider, 2000; Pichora-Fuller, 2003; Pichora-Fuller et al., 1995; Piquado, Cousins, Wingfield, & Miller, 2010; Rabbit, 1968, 1991; Schneider & Pichora-Fuller, 2000; Tun, McCoy, & Wingfield, 2009; van Boxtel et al., 2000;

Wingfield, McCoy, Peelle, Tun, & Cox, 2006; Wingfield, Tun, & McCoy, 2005). Par exemple, McCoy et al. (2005) et Rabbit (1991) ont montré que les personnes âgées avec une perte auditive légère rappelaient moins d'items que les personnes âgées sans perte auditive.

Dans le but de faire la distinction entre les effets de l'âge et les effets de la perte auditive sur les performances en MCTV, certains auteurs ont développé des manipulations expérimentales destinées à simuler la perte auditive due à l'âge chez des participants jeunes avec de bonnes capacités auditives. Par exemple, Baldwin et Ash (2011) ont baissé le niveau auditif de présentation des items à rappeler. Pichora-Fuller et al. (1995) et Murphy et al. (2000) ont quant à eux choisi d'ajouter un bruit de fond à la présentation des items à mémoriser. Les auteurs ont ensuite comparé les performances de rappel des participants jeunes (de 18 à 30 ans) et âgés (de 60 à 90 ans) et ont montré que la dégradation des stimuli avait un effet délétère sur les performances des participants jeunes et âgés, mais que les participants âgés avaient toujours des résultats inférieurs à ceux des participants jeunes mis dans des conditions de discrimination similaires à celles des participants âgés. Ces résultats ont amené les auteurs à conclure que l'âge et le facteur auditif ont tous les deux une influence sur les capacités de MCTV.

Cependant, Pichora-Fuller et al. (1995) ont montré que, lorsque les items à rappeler étaient présentés visuellement (lecture), les scores entre les participants jeunes et âgés ne différaient plus. Bien que les tâches de MCTV auditives et visuelles diffèrent sur certaines dimensions (e.g., vitesse de présentation, vitesse d'analyse perceptuelle, traitement séquentiel versus simultané des items à retenir), ces résultats suggèrent que le déclin auditif lié à l'âge jouerait un plus grand rôle sur la dégradation de la MCTV que l'âge en lui-même. C'est également ce que Cervera et al. (2009) et van Boxtel et al. (2000) ont conclu. Ces auteurs ont en effet observé que, lorsque les seuils

audiométriques des participants étaient contrôlés statistiquement dans une analyse de corrélations partielles (van Boxtel et al., 2000), ou dans une analyse de covariance (Cervera et al., 2009), les différences entre les participants jeunes et âgés observées dans des tâches de rappel disparaissaient.

Enfin, de plus rares études ont comparé les capacités de MCTV de personnes âgées à celles de personnes jeunes appariées au niveau de la perte auditive, dans le but de clairement effectuer la distinction entre les effets de l'âge et les effets de la perte auditive sur la MCTV, sans manipulation expérimentale. En effet, si le facteur âge est responsable de la diminution des performances en MCTV, alors, les personnes âgées devraient toujours présenter des résultats inférieurs aux participants jeunes appariés au niveau auditif. Par contre, si l'audition a un impact plus important que l'âge, alors on ne devrait pas trouver de différence entre les scores en MCTV des participants jeunes appariés et âgés. Wingfield et al. (2006) ont montré que les performances de participants âgés (69-78 ans) avec une perte auditive ne différaient pas de celles de participants jeunes (18-41 ans) appariés au niveau de la perte auditive dans une tâche de compréhension de phrases courtes et simples sur le plan syntaxique. De plus, les résultats de ces deux groupes de participants étaient inférieurs à ceux de participants jeunes (19-39 ans) et âgés (68-78 ans) avec de bonnes capacités auditives. Ces résultats suggèrent que l'audition est un facteur explicatif plus important que l'âge. Cependant, même si des capacités en MCTV sont requises dans des tâches de compréhension de phrases, Wingfield et al. n'ont pas évalué directement les performances des participants dans des tâches de MCTV. C'est par contre ce qu'ont fait Tun et al. (2009). Ces auteurs ont ainsi mené une expérience dans laquelle ils ont proposé une tâche de rappel de listes de mots à des participants jeunes (24-46 ans) et âgés (67-80 ans) appariés au niveau de la perte auditive, et à des participants jeunes et âgés avec de bonnes performances auditives. Dans la tâche proposée, entre la présentation de la liste et le rappel des mots, les participants devaient compter à haute voix par pas de trois durant 30

secondes. Les résultats ont montré que les participants jeunes et âgés avec une perte auditive présentaient des résultats inférieurs aux participants jeunes et âgés avec une bonne audition. Cependant, les participants jeunes avec une perte auditive avaient de meilleurs résultats que les participants âgés avec une perte auditive. Ces résultats ne sont pas en accord avec l'étude de Wingfield et al. (2006). Néanmoins, la différence entre les participants âgés et jeunes avec des capacités auditives réduites peut s'expliquer par l'intervention de deux facteurs supplémentaires dans la tâche de Tun et al. Tout d'abord, la tâche inclut une tâche secondaire de comptage par trois. Cette tâche pourrait avoir fait appel à des capacités exécutives supplémentaires qui sont généralement réduites dans le vieillissement sain (Brink & McDowd, 1999 ; Borella, Carretti, & De Beni, 2008 ; Gaeta, Friedman, Ritter, & Cheng, 2001 ; Kane, May, Hasher, Rahhal, & Stoltzfus, 1997 ; Milham et al., 2002 ; Persad, Abeles, Zacks, & Denburd, 2002 ; Verhaeghen & Cerella, 2002). Deuxièmement, étant donné que les participants devaient maintenir les items durant 30 secondes, il est possible que cette tâche ait fait appel à des capacités de mémoire épisodique à long terme. Par exemple, Öztekin, Davachi, et McElree (2010) ont examiné les activations cérébrales dans une tâche de reconnaissance de mots qui comportait 12 items. Les auteurs ont observé une activation de l'hippocampe, impliqué dans la mémoire épisodique, sur un grand nombre de positions sérielles à l'exception des dernières, suggérant que la mémoire épisodique interviendrait très tôt dans des tâches de rappel et serait très probablement impliquée dans la tâche de Tun et al. Or, une diminution des capacités de mémoire épisodique à long terme dans le vieillissement normal a également été montrée dans la littérature (Balota, Dolan, & Duchek, 2000 ; Burke & MacKay, 1997) et cette dégradation pourrait également expliquer une partie des résultats obtenus dans l'étude de Tun et al.

En conclusion, les études citées ci-dessus indiquent que l'audition aurait un impact important sur les capacités en MCTV et soulignent

l'importance de prendre en considération le niveau auditif des participants dans l'évaluation de la MCTV chez les personnes âgées.

## **2. L'influence de la dégradation des capacités de production des mots sur la mémoire verbale à court terme dans le vieillissement**

Bien que cela soit encore controversé, il a été montré que les personnes âgées présentent une dégradation des capacités de production des mots due à une diminution de la force des connexions au sein du système langagier, qui affecte l'activation des représentations phonologiques à partir des représentations lexico-sémantiques ainsi que les représentations sémantiques (HDT ; Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White & Abrams, 2002). A l'instar de ce qui a été observé dans l'aphasie progressive primaire et dans la démence sémantique (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; R. Martin et al., 1999 ; Reilly et al., 2012), les dégradations langagières phonologiques et lexico-sémantiques liées à l'âge pourraient entraîner une diminution des performances en MCTV, en raison d'une dégradation du support de ces représentations sur la MCTV.

A notre connaissance, l'influence des capacités de production des mots sur les performances en MCTV dans le vieillissement a reçu très peu de considération. Seuls Peters et al. (2007, 2009) ont examiné l'influence des représentations langagières stockées en MLT sur les capacités de MCTV à travers l'étude des effets des variables psycholinguistiques de fréquence phonotactique, de lexicalité, et d'imagerie sur les capacités de rappel sériel de mots chez des personnes âgées de 69 à 84 ans, en comparaison avec des participants jeunes 20 à 29 ans. L'effet de fréquence phonotactique était une

mesure du support des représentations phonologiques sur la MCTV. Les effets de lexicalité et d'imagerie procuraient une mesure du support des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV. Bien que les effets étaient plus importants chez les personnes âgées, ces différences étaient principalement dues au fait que les personnes âgées rappelaient moins d'items que les personnes plus jeunes. Après ré-analyse en tenant compte des capacités de rappel individuelles des participants, les résultats ont montré que les personnes âgées bénéficiaient d'un support provenant des représentations lexico-sémantiques et phonologiques comparable à celui des personnes plus jeunes. Or, étant donnée la dégradation des capacités de production des mots objectivée chez les personnes âgées dans de nombreuses études (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; Burke & Shafto, 2004 ; Goral et al., 2007), nous aurions pu nous attendre à une atteinte des effets d'imagerie, de lexicalité, et de fréquence phonotactique, suite à la possible diminution du soutien des représentations langagières lexico-sémantiques et phonologiques sur la MCTV. De plus, dans le but d'évaluer plus précisément l'influence d'une dégradation des capacités de production des mots sur la MCTV, il aurait été intéressant d'évaluer les capacités de production langagières en elles-mêmes à l'aide de tâches de production de mots comme une tâche de dénomination d'images. Seules les performances sémantiques ont été évaluées dans l'étude de Peters et al. (2009) à l'aide d'une tâche de jugement de synonymie. Dans cette tâche, les personnes âgées ne différaient pas des participants plus jeunes. Cette absence de différence pourrait cependant être expliquée par le fait que les distracteurs sémantiques utilisés dans la tâche de Peters et al. étaient relativement éloignés de la cible. Enfin, il aurait également été intéressant d'examiner les capacités de MCTV dédiées à la rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques à l'aide de tâches qui évaluent spécifiquement ces capacités, telles que les tâches d'empan de rimes et de catégories. En résumé, les effets d'une possible dégradation de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCTV dans le vieillissement sain doivent encore être spécifiés.

### **3. L'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de mémoire verbale à court terme dans l'aphasie**

La deuxième population dans laquelle nous allons explorer l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCTV est l'aphasie. Dans le chapitre I, nous avons décrit que les troubles de la production du langage observés dans l'aphasie peuvent être reliés à des locus d'altération distincts comme le système sémantique, lexical, ou phonologique (Friedmann et al., 2013 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). Dans cette section, nous examinons dans quelle mesure ces déficits distincts peuvent entraîner des altérations spécifiques de la rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV, consécutivement à une atteinte du support des représentations langagières sur la MCTV. Comme nous l'avons présenté dans le chapitre II, ces relations spécifiques ont été démontrées auprès de patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant, entre autres, les capacités de production du langage (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Reilly et al., 2012).

Dans l'aphasie consécutive à une atteinte focale non dégénérative, un grand nombre d'études ont exploré les liens entre les capacités de compréhension ou d'acquisition de mots nouveaux et les performances en MCT (e.g., Attout et al., 2012 ; N. Martin & Saffran, 1997). Par exemple, N. Martin et Saffran (1997) ont montré que des patients qui présentaient un déficit de la compréhension du langage consécutif à une atteinte lexico-sémantique montraient une atteinte de l'effet lexico-sémantique d'imagerie en RSI.

Malgré que les atteintes de la production des mots soient très fréquentes dans l'aphasie, les études qui ont étudié l'influence délétère d'un déficit de la production du langage sur la MCTV sont peu nombreuses (N. Martin & Gupta, 2004). Par exemple, Jefferies et al. (2008) et R. Martin et al. (1999) ont décrit des cas de patients qui présentaient des troubles de la production des mots consécutifs à une atteinte lexico-sémantique. Les patients montraient des effets de lexicalité ou d'imagerie altérés, indiquant que les représentations lexico-sémantiques ne soutenaient plus efficacement la MCTV. De plus, le patient MS, décrit par R. Martin et al. (1999) présentait des difficultés spécifiques pour le rappel des mots qu'il ne pouvait pas dénommer. À l'inverse, Caplan et Waters (1995) ont décrit le cas du patient RW, qui présentait un trouble de la production du langage consécutif à une atteinte phonologique. Le patient manifestait des effets de longueur déficitaires, indiquant une diminution du support des représentations phonologiques sur la MCTV. Cependant, les effets délétères d'une atteinte de la production du langage sur la MCTV mériteraient d'être précisés plus avant. Par exemple, à notre connaissance, l'influence négative d'un trouble de la production des mots consécutif à une atteinte phonologique ou lexico-sémantique sur des tâches qui évaluent spécifiquement les capacités de rétention temporaire des informations phonologiques ou lexico-sémantiques, telles que les tâches d'empan de rimes et de catégories sémantiques a reçu très peu de considération. La présence d'un effet délétère d'un trouble de la production du langage sur les capacités de MCTV dans l'aphasie pourrait consister en un facteur explicatif important des atteintes en MCTV observées dans l'aphasie. En outre, la présence de relations spécifiques entre une atteinte langagière phonologique ou lexico-sémantique et un déficit spécifique de la rétention à court terme des informations phonologiques ou lexico-sémantiques fournirait des preuves supplémentaires aux modèles interactifs de la MCTV qui considèrent l'existence de relations étroites entre les systèmes langagiers et de MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1999).

## 4. En conclusion

En conclusion, bien que les modèles envisagent la présence de liens entre les capacités langagières lexico-sémantiques et phonologiques et la rétention des informations verbales en MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994, 1999) et que des données, principalement recueillies auprès de patients qui présentent des troubles langagiers consécutifs à une atteinte neurodégénérative, indiquent que les capacités de rétention des informations verbales dépendent étroitement de l'intégrité des représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Reilly et al., 2012), la question d'un effet délétère d'une dégradation ou d'une atteinte de la production des mots sur la MCTV a reçu peu de considération dans le vieillissement sain ou dans l'aphasie. Or, les troubles de la production des mots sont fréquents dans ces deux populations et pourraient consister en un facteur explicatif important des atteintes en MCTV.

Dans ce chapitre, nous avons également indiqué que le déclin des capacités de MCTV dans le vieillissement n'a pas été démontré dans toutes les études (e.g., Belleville et al., 1996 ; Peters et al., 2007). De plus, les éventuelles difficultés de MCTV restent peu précisées. En effet, peu d'études ont étudié si le déclin en MCTV lié à l'âge affectait une ou plusieurs composantes de la MCTV (e.g., Maylor et al., 1999). Enfin, la plupart des études qui ont étudié la MCTV chez la personne âgée n'ont pas pris en compte le déclin des capacités auditives lié à l'âge, bien que les auteurs aient présenté des épreuves dans lesquelles les items à rappeler étaient présentés auditivement (Surpenant, 2007). Or, le déclin auditif lié à l'âge a été montré comme étant un facteur explicatif important de la diminution des capacités de MCTV chez les

personnes âgées (e.g., Baldwin & Ash, 2011 ; Cervera et al., 2009 ; McCoy et al., 2005 ; Murphy et al., 2000 ; Pichora-Fuller et al., 1995 ; Piquado et al., 2010 ; Rabbit, 1968, 1991 ; Schneider & Pichora-Fuller, 2000 ; Tun et al., 2009 ; van Boxtel et al., 2000 ; Wingfield et al., 2005, 2006). Dès lors, il est possible que les capacités de MCTV chez les personnes âgées aient été sous-estimées dans les études qui n'ont pas pris en compte le facteur auditif. Par ailleurs, la plupart des études qui ont tenté de déterminer si le facteur auditif consistait en un facteur explicatif du déclin en MCTV chez les personnes âgées plus important que l'âge lui-même ont eu recours à des manipulations expérimentales du signal auditif ou à des manipulations statistiques. Dans le but de clairement faire la distinction entre ces deux facteurs, il serait intéressant de comparer les performances en MCT de personnes âgées à celles de personnes plus jeunes appariées au niveau auditif. Ceci a été rarement effectué dans la littérature (e.g., Tun et al., 2009).

Un autre facteur explicatif de l'éventuel déclin de la MCTV lié à l'âge pourrait être la dégradation des capacités de production de mots observée chez les personnes âgées. Celle-ci est consécutive à une diminution de la force des connexions au sein du système langagier qui affecte l'activation des représentations phonologiques à partir de la sémantique et les représentations sémantiques (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White & Abrams, 2002). Cette dégradation pourrait entraîner une diminution du support des représentations langagières sur la MCT et expliquer en partie la dégradation des capacités de MCTV observée chez les personnes âgées.

Dans l'aphasie, bien que les troubles de la production du langage et de la MCTV soient fréquents, l'influence des atteintes de la production des mots sur la MCT a reçu peu de considération. L'intérêt de l'étude de ces influences auprès des patients aphasiques est que leurs atteintes langagières peuvent être

consécutives à des déficits distincts au niveau du système de représentations langagières (Friedmann et al., 2013 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). Ces atteintes spécifiques peuvent dès lors affecter sélectivement les capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCT, en raison d'une diminution du support des représentations langagières sur la MCTV (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Reilly et al., 2012). En outre, la présence de telles relations pourrait nous fournir des éléments intéressants sur le plan théorique en vue de confirmer davantage les modèles interactifs de la MCTV qui postulent l'existence de liens étroits entre le langage et la MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994, 1999).

## Partie expérimentale

---



## Objectifs et Hypothèses

---

Dans la partie théorique de ce travail de thèse, nous avons décrit des études qui ont montré que les performances de rappel dans des tâches de MCTV sont influencées et soutenues par les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques stockées en MLT. D'une part, des données récoltées auprès d'enfants et d'adultes sains ont montré que des items qui ont des représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques plus riches et plus facilement accessibles (e.g., mots fréquents, mots imageables, non-mots de haute fréquence phonotactique) sont mieux rappelés que des mots qui ont des représentations langagières moins riches et moins facilement accessibles (e.g., mots peu fréquents ou peu imageables, non-mots de faible fréquence phonotactique ; Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995). D'autre part, des données récoltées auprès de patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières ont montré que les capacités de rétention des informations verbales en MCTV dépendent de l'intégrité des représentations langagières. Par exemple, Knott et al. (1997, 2000) ont montré que leurs patients présentaient de meilleures capacités pour le rappel de mots qu'ils étaient encore capables de dénommer ou qu'ils connaissaient encore que pour le rappel de mots qu'ils ne pouvaient plus dénommer ou ne connaissaient plus. En outre, il a également été démontré qu'une atteinte langagière phonologique peut affecter sélectivement les capacités de rétention des informations phonologiques en MCTV, en raison de la diminution du support des représentations phonologiques sur la MCTV. De même, il a été montré qu'une atteinte lexico-sémantique peut avoir une influence délétère sur les capacités de rétention des informations lexico-

sémantiques, en raison d'une diminution du soutien des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV. Ainsi, les patients qui présentaient une atteinte langagière phonologique montraient des effets de longueur réduits dans des tâches de rappel. De même, des patients qui présentaient une atteinte langagière lexico-sémantique manifestaient des effets de lexicalité ou de fréquence lexicale réduits dans des tâches de rappel (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Reilly et al., 2012). Ces résultats soulignent la spécificité des relations entre les représentations langagières et la MCT. Ces relations ont été prises en compte dans un grand nombre de modèles interactifs de la MCTV et du langage (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994, 1999).

Malgré le fait que les relations entre les représentations langagières et la MCTV soient aujourd'hui établies, l'influence des troubles du langage sur la MCTV n'a pas été étudiée dans tous les domaines cognitifs, comme le vieillissement sain et l'aphasie. Or, le manque du mot est un trouble récurrent dans ces deux populations (e.g., Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Connor et al., 2004 ; Friedmann et al., 2013 ; Goral et al., 2007 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). De même, des dégradations ou atteintes de la MCTV ont fréquemment été démontrées (e.g., Attout et al., 2012 ; Bopp & Verhaeghen, 2005 ; Grégoire & Van der Linden, 1997 ; Hester et al., 2004 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin & Gupta, 2004 ; N. Martin & Reilly, 2012 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; N. Martin et al., 1996 ; R. Martin et al., 1999 ; Maylor et al., 1999 ; Murray, 2012). Cependant, la nature de ces déficits de même que les liens qu'ils entretiennent avec les troubles de la production des mots restent peu déterminés dans ces deux populations. L'objectif de ce travail de thèse sera d'étudier dans quelle mesure les dégradations ou atteintes de la production des mots dans le vieillissement cognitif et dans l'aphasie influencent les capacités de rétention des

informations verbales en MCTV et peuvent dès lors consister en un facteur explicatif important des déficits en MCTV observés dans ces deux populations.

Chez les personnes âgées, bien que cela soit encore débattu, les difficultés des capacités de production des mots ont été reliées à des dégradations au niveau de l'accès aux représentations phonologiques et au niveau des représentations sémantiques (HDT ; Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White & Abrams, 2002). De plus, ces dégradations langagières sont moins importantes que dans l'aphasie (Burke et al., 2000). Nous postulons cependant que la dégradation des capacités de production des mots liée à l'âge serait reliée à des difficultés de rétention des informations verbales phonologiques et lexico-sémantiques en MCT. La présence de telles relations nous permettrait de disposer d'une meilleure compréhension des liens existant entre les représentations langagières et la MCTV ainsi que des difficultés de MCTV rencontrées par les personnes âgées.

Dans l'aphasie, les atteintes langagières peuvent être reliées à des loci d'altération distincts lexico-sémantique ou phonologique au niveau du système de représentations langagières (Friedmann et al., 2013 ; Laine & Martin, 1996 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). Nous examinerons dans quelle mesure ces atteintes spécifiques peuvent expliquer des troubles sélectifs des capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques rencontrés chez certains patients aphasiques, en raison d'une diminution du soutien des représentations langagières déficitaires sur la MCTV (e.g., Caplan & Waters, 1995 ; Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; R. Martin et al., 1999 ; Reilly et al., 2012). En effet, malgré la cooccurrence des troubles de la production du langage et de la MCTV dans l'aphasie, les relations entre ces deux déficits ont été peu étudiées et restent peu précisées (Caplan & Waters, 1995 ; Jefferies et al., 2008 ; R. Martin et al., 1999). Par exemple, les effets délétères des atteintes sélectives de la

production des mots phonologiques ou lexico-sémantiques sur des tâches qui évaluent spécifiquement les capacités de rétention temporaire des informations phonologiques ou lexico-sémantiques, telles que les tâches d'empan de rimes et de catégories sémantiques n'ont pas été étudiés. La présence de relations spécifiques entre les atteintes de la production des mots et de la MCTV apporterait des renseignements essentiels pour la compréhension des déficits en MCTV chez les patients aphasiques, de même que pour leur évaluation et leur rééducation. En outre, la mise en évidence de ces liens permettrait d'apporter des preuves supplémentaires aux modèles interactifs de la MCTV, qui postulent l'existence de relations étroites entre les systèmes langagiers et la MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1999).

Avant d'explorer l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans le vieillissement ainsi que dans l'aphasie, nous réaliserons une série d'études préliminaires chez les personnes âgées, destinées à préciser les dégradations des capacités de production des mots et de MCTV. En effet, la présence de difficultés de production des mots et de MCTV liées à l'âge reste débattue, de même que les explications cognitives de ces difficultés. Il nous a dès lors semblé important de préciser davantage ces difficultés avant d'étudier les relations qui pouvaient exister entre les capacités de production des mots et de MCTV dans le vieillissement. Les **études 1 et 2** exploreront la dégradation des capacités de production des mots chez les personnes âgées. En ce qui concerne les explications cognitives des difficultés de production des mots liées à l'âge, nous nous centrerons principalement sur l'exploration de la dégradation au sein du système langagier (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). Les **études 3 et 4** exploreront les difficultés MCTV dans le vieillissement. Ensuite, nous nous intéresserons à la question centrale de notre travail de thèse, à savoir que nous étudierons l'influence des atteintes de la

production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans le vieillissement cognitif et dans l'aphasie. Dans l'**étude 5**, nous examinerons dans quelle mesure les dégradations au sein du système langagier liées à l'âge, investiguées au sein des **études 1 et 2**, sont reliées à des difficultés de rétention des informations verbales en MCT. Pour finir, l'**étude 6** étudiera l'influence des troubles de la production des mots sur les déficits en MCTV chez la personne aphasique. Nous explorerons dans quelle mesure des atteintes langagières spécifiques peuvent affecter sélectivement les capacités de rétention temporaire des informations phonologiques ou lexico-sémantiques.

Les objectifs et hypothèses spécifiques associés à chacune de ces études sont présentés ci-dessous.

Les **études 1 et 2** porteront sur l'exploration du manque du mot chez les personnes âgées saines. Nous aurons pour objectif de déterminer l'âge d'apparition des difficultés de production des mots liées à l'âge de même que les explications cognitives de ces difficultés. En effet, selon certains auteurs, le déclin des capacités de production apparaît à l'âge de 70 ans (Feyereisen, 1997), tandis que d'autres auteurs ont indiqué la présence de difficultés subtiles de production des mots dès 50 ans, qui deviennent plus marquées à partir de 70 ans (Connor et al., 2004 ; Nicholas et al., 1998). En ce qui concerne les explications cognitives du manque du mot dans le vieillissement, certaines théories postulent que les difficultés de production des mots sont dues à la présence d'un ralentissement général, qui affecte toutes les tâches de la même façon (Salthouse, 1996a), tandis que d'autres théories plus spécifiques au langage, comme l'HDT, postulent que ces difficultés sont dues à une diminution de la force des connexions au sein du système langagier avec l'âge. Cette dégradation affecte d'abord l'activation des représentations phonologiques à partir des représentations sémantiques car les connexions entre ces deux

systèmes de représentations seraient uniques et par conséquent plus fragiles aux effets de l'âge (Burke et al., 1991 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White & Abrams, 2002). Ensuite, dès 70 ans, cette diminution de la force des connexions devient plus marquée et engendre une dégradation des représentations sémantiques (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000).

Dans les **études 1 et 2**, nous tenterons tout d'abord de spécifier l'âge d'apparition des difficultés de production des mots liées à l'âge. Pour ce faire, nous présenterons une tâche de dénomination d'images. Etant donné que Connor et al. (2004) ainsi que Nicholas et al. (1998) ont indiqué que les difficultés de dénomination chez des personnes de moins de 70 ans restaient subtiles, nous analyserons, non seulement le nombre de réponses correctes en dénomination d'images, mais également les latences de dénominations correctes (e.g., Morrison et al., 2002, 2003; Rogalski et al., 2012; Rossion & Pourtois, 2004). Dans l'**étude 1**, nous étudierons les capacités de dénomination d'images de participants de 50-59, 60-69, et de plus de 70 ans, en comparaison avec les capacités de dénomination de participants jeunes contrôles de 25 à 35 ans. L'**étude 2** sera une extension de l'étude 1. Nous ajouterons 109 participants aux participants de l'étude 1 afin de confirmer les résultats obtenus dans l'**étude 1** sur un plus grand nombre de participants. Nous étudierons les capacités de dénomination de participants de 45-54, 55-64, 65-74, et 75-84 ans, en comparaison avec celles de participants contrôles de 25 à 34 ans. Nous évaluerons la dégradation des capacités de dénomination de participants dès 45 ans, soit 5 ans plus tôt que dans l'**étude 1**, afin d'explorer si les capacités de dénomination se dégradent avant 50 ans. Dans l'**étude 1**, nous nous attendons à observer des difficultés de dénomination d'images dès 50 ans. Dans l'**étude 2** nous nous attendons à ce que ces difficultés apparaissent dès 45 ans. A cet âge-là, les difficultés seraient subtiles et se marqueraient par une augmentation des latences de dénominations correctes par rapport aux participants jeunes de 25 à 34 ans, sans diminution du nombre de réponses correctes. En relation avec les observations de Connor

et al. (2004), nous postulons que le déclin des capacités de production des mots deviendrait plus important dès 70 ans dans **l'étude 1** et dès 65 ans dans **l'étude 2**, et se marquerait par une diminution du nombre de réponses correctes en plus de l'augmentation des latences de dénomination.

Dans les **études 1 et 2**, étant donné que nous examinerons les latences de dénomination, afin de nous assurer que l'éventuel ralentissement en dénomination n'est pas expliqué par un ralentissement général affectant toutes les tâches de la même manière (Salthouse, 1996a), nous analyserons également les latences de réponse des participants dans une tâche de jugement pair/impair de chiffres, qui évalue la vitesse de traitement cognitif. Nous nous attendons à ce que le ralentissement général n'explique pas l'entière du ralentissement en dénomination d'images et que le ralentissement des latences de dénominations correctes soit dès lors spécifique à la tâche de dénomination. Nous postulons qu'il est dû à une dégradation au sein du système langagier (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. Mac Kay & Burke, 1990).

Dans la suite des **études 1 et 2**, nous chercherons à spécifier les dégradations langagières. Dans **l'étude 1**, nous aurons comme objectif de confirmer la présence de difficultés sémantiques, tel que cela a été objectivé par Barresi et al. (2000). Pour ce faire, nous présenterons des tâches destinées à évaluer spécifiquement le système sémantique, la tâche « Pyramides et Palmiers » (Howard & Patterson, 1992) et une tâche de jugement de synonymie. Dans **l'étude 2**, nous analyserons les effets des variables psycholinguistiques de fréquence lexicale, d'AOA subjectif, et de longueur sur les latences de dénominations correctes des participants. Notre hypothèse principale est que si le ralentissement des latences de dénominations correctes chez les personnes âgées est bien spécifique au langage et est consécutif à une dégradation au sein du système langagier, alors nous devrions observer des effets différents de ces variables chez les personnes de plus de 45 ans qui

montrent un ralentissement des latences de dénominations correctes, en comparaison avec des personnes plus jeunes de 25 à 34 ans qui ne présentent pas ce ralentissement. Certaines études ont montré des effets plus importants de ces variables psycholinguistiques chez les personnes âgées, mais les résultats restent controversés (e.g., Burke et al., 1991 ; Hodgson & Ellis, 1998 ; LaGrone & Spieler, 2006 ; Le Dorze & Durocher, 1992 ; Morrison et al., 2002, 2003 ; Newman & German, 2005 ; Spieler & Balota, 2000).

Les **études 3 et 4** porteront sur l'examen des capacités de MCTV chez la personne âgée. Une revue de la littérature nous a amenés à constater qu'un grand nombre d'études évaluaient généralement les capacités de MCTV par des tâches de rappel dans lesquelles les items étaient présentés auditivement (e.g., Belleville et al., 1996 ; Hester et al., 2004 ; Peters et al., 2007, 2009). Or, il a été démontré que les capacités auditives déclinaient avec l'âge (Cheesman, 1997 ; Cruickshanks et al., 1998 ; Surprenant, 2007). Cependant, peu d'études ont contrôlé le facteur auditif lors de l'exploration des capacités de MCTV chez les personnes âgées. Dès lors, le déclin éventuel de la MCTV observé chez les personnes âgées pourrait être en partie expliqué par la perte auditive liée à l'âge (Suprenant, 2007). Dans l'**étude 3**, nous examinerons dans quelle mesure le déclin auditif lié à l'âge peut être considéré comme un facteur explicatif important des difficultés de MCTV chez la personne âgée. Notre hypothèse est que l'audition est un facteur explicatif plus important de la dégradation des capacités en MCTV liée l'âge que ne l'est l'âge lui-même. Dans le but d'étudier cette hypothèse, nous présenterons des tâches de MCTV verbales, dans lesquelles les items sont présentés auditivement, à des participants âgés avec une perte auditive et nous comparerons leurs performances à celles de participants jeunes, appariés au niveau des seuils auditifs, ainsi qu'à celles de participants jeunes, sans perte auditive. Cette méthode nous permettra de clairement faire la distinction entre les effets de l'âge et les effets de la perte auditive sur les capacités de MCTV, sans recourir à des manipulations statistiques ou expérimentales, destinées à placer les participants jeunes dans

les mêmes conditions d'audition que les participants âgés, telles que la présentation d'un bruit de fond en même temps que les items à rappeler ou de baisser le niveau sonore lors de la présentation des items (Baldwin & Ash, 2011 ; Cervera et al., 2009 ; Murphy et al., 2000 ; Pichora-Fuller et al., 1995 ; van Boxtel et al., 2000). Nous nous attendons à ne pas observer de différence entre les performances en MCTV des participants âgés et jeunes appariés au niveau auditif. Enfin, nous présenterons également une tâche de répétition immédiate de non-mots avec une faible charge en MCTV dans le but de contrôler si les plus faibles performances en MCTV chez les participants avec des difficultés auditives peuvent être dues au fait que les items auraient été mal perçus.

Dans l'**étude 4**, nous aurons pour objectif d'explorer les effets de l'âge sur les différentes composantes de la MCTV. En effet, la plupart des études ont évalué les capacités de la MCTV en suivant le modèle de la boucle phonologique de Baddeley (1986) et ont proposé des tâches classiques de RSI d'items (e.g., Belleville et al., 1996 ; Grégoire & Van der Linden, 1997 ; Hester et al., 2004). Or, comme nous l'avons présenté dans l'introduction théorique de ce travail, la MCTV est un système qui comprend différentes composantes. En effet, en plus du système de rétention des informations langagières lexico-sémantiques et phonologiques (MCTV item), certains auteurs ont également montré la présence d'un mécanisme de MCTV dédié au stockage temporaire des informations concernant l'ordre sériel dans lequel les items ont été présentés. Ce système de MCTV ordre sériel serait distinct du système de rétention des informations langagières (Attout et al., 2012 ; Brock & Jarrold, 2005 ; Burgess & Hitch, 1999 ; Gupta, 2003 ; Henson, 1998 ; Majerus, 2009, 2013 ; Majerus, Heiligenstein et al., 2009 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006 ; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006 ; Majerus, Poncelet et al., 2008). De plus, la MCTV item, dédiée au stockage des informations langagières, pourrait être séparée en deux composantes distinctes, un buffer lexico-sémantique et un buffer phonologique (R. Martin et

al., 1994, 1999). Dès lors, la dégradation des capacités de MCTV liée à l'âge observée dans les tâches classiques de RSI (e.g., Grégoire & Van der Linden, 1997 ; Hester et al., 2004) pourrait être reliée à une dégradation de l'une des composantes de la MCTV ou de l'ensemble de ces composantes. Dans notre étude, nous examinerons les capacités de MCTV ordre, de MCTV item, et de MCTV phonologique et lexico-sémantique de participants de 45 à 84 ans à l'aide de tâches évaluant spécifiquement chacune de ces composantes. Les capacités de MCTV ordre seront évaluées à l'aide de tâches de reconnaissance et de reconstruction de l'ordre sériel de chiffres, les capacités de MCTV item seront évaluées à l'aide de tâches de reconnaissance de mots et de non-mots ainsi que d'une tâche de répétition de non-mots avec délai. Les systèmes de rétention à court terme des informations lexico-sémantiques et phonologiques seront évalués à l'aide de tâches d'empan de catégories et d'empan de rimes, respectivement. L'intérêt d'étudier distinctement les différentes composantes de la MCTV est également de mettre en évidence des difficultés en MCTV item, que nous pourrions ensuite relier à d'éventuelles dégradations langagières. Par ailleurs, étant donné que les items dans nos tâches seront présentés auditivement, nous contrôlerons également l'impact du facteur auditif sur les capacités de MCTV (Cervera et al., 2009 ; van Boxtel et al., 2000). Dans ce but, nous mesurerons les seuils auditifs des participants à l'aide d'un audiomètre.

Enfin, notons que dans les deux études 3 et 4, nous présenterons uniquement des tâches de MCTV dites « passives » qui requièrent le maintien à court terme de l'information, sans manipulation de celle-ci. En effet, les tâches de MDT qui demandent à la fois de rappeler et de maintenir l'information font appel à des capacités exécutives, qui sont dégradées chez les personnes âgées (Verhaeghen & Cerella, 2002). Nous souhaitons limiter le fait que la dégradation des capacités exécutives liée à l'âge n'interfère avec les résultats.

Après avoir exploré séparément les capacités de production des mots et de MCTV dans le vieillissement, nous évaluerons les relations entre ces deux

capacités dans l'**étude 5**. Notre objectif sera d'examiner dans quelle mesure les dégradations au niveau des représentations langagières liées à l'âge sont reliées à des difficultés de MCTV dédiée à la rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques. Dans ce but, nous réaliserons des analyses de corrélations entre, d'une part, les capacités de production des mots, évaluées à l'aide d'une tâche de dénomination d'images, et d'autre part, les capacités de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV, évaluées à l'aide d'une tâche de reconnaissance de mots ainsi que de tâches d'empan de rimes et de catégories sémantiques (Freedman & Martin, 2001 ; Majerus, Metz-Lutz, Van der Kaa, Van der Linden, & Poncelet, 2007 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; R. Martin et al., 1994, 1999). Ces analyses seront des analyses de corrélations partielles dans lesquelles nous contrôlerons l'âge, la vitesse de traitement cognitif des participants, mesurée à l'aide d'une tâche de jugement pair/impair de chiffres, les seuils auditifs des participants, ainsi que les scores à l'échelle de Mattis (Schmidt, Freidl, Fasekas, Reinhart, & Grieshofer, 1994), comme mesure du fonctionnement cognitif global. Nous examinerons la relation entre les capacités de production du langage et les capacités de MCTV chez des participants de 60 à 84 ans, chez qui des difficultés de production langagières et en MCTV ont été démontrées dans littérature (e.g., Barresi et al., 2000 ; Bopp & Verhaeghen, 2005 ; Connor et al., 2004 ; Grégoire & Van der Linden, 1997 ; Hester et al., 2004 ; Maylor et al., 1999). Nous nous attendons à observer des corrélations entre la tâche de dénomination d'images et les tâches de MCTV dédiées à la rétention des informations langagières.

Enfin, la **sixième étude** portera sur l'examen de l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans l'aphasie. Nous réaliserons une étude de cas neuropsychologique sur deux patients, BN et TM, qui présentent une atteinte de la production du langage, consécutive à une atteinte sélective des représentations langagières phonologiques chez BN, et lexico-sémantiques

chez TM. L'objectif de cette étude sera d'explorer dans quelle mesure ces atteintes langagières distinctes affectent sélectivement les capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV, tel que cela a été montré chez des patients qui présentent une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; R. Martin et al., 1999 ; Reilly et al., 2012).

Etant donné que notre objectif sera de mettre en évidence un lien entre un déficit distinct des représentations langagières et une atteinte sélective de la MCTV, dans un premier temps, nous tenterons de préciser les déficits en MCTV chez les deux patients. Nous présenterons des tâches de MCTV destinées à évaluer spécifiquement les capacités de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques : une tâche d'empan de rimes et une tâche d'empan de catégories sémantiques, respectivement (e.g., Freedman & R. Martin, 2001 ; Hamilton & Martin, 2012 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; R. Martin et al., 1994, 1999). Nous chercherons à mettre en évidence une double dissociation claire entre les capacités de MCTV phonologique et lexico-sémantique et ainsi confirmer la séparation entre les deux systèmes de MCTV postulée dans le modèle de R. Martin et al. (1994, 1999). En effet, l'hypothèse selon laquelle il existe une dissociation entre ces deux systèmes de MCTV repose sur des cas de patients qui présentaient une atteinte à la fois en MCTV phonologique et lexico-sémantique, avec cependant de meilleures performances dans des tâches évaluant un des systèmes de MCTV par rapport à l'autre (e.g., EA et AB, R. Martin et al., 1994). A notre connaissance, aucune double dissociation claire, entre une déficit sélectif dans des tâches évaluant l'un des deux systèmes de MCTV et la préservation des performances dans des tâches évaluant l'autre système chez un patient donné, et le pattern de performances inverse chez un autre patient n'a été démontrée.

Ensuite, nous examinerons dans quelle mesure les déficits en MCTV des deux patients sont reliés à leur atteinte de la production des mots. Pour ce faire, nous présenterons aux patients des tâches fréquemment utilisées dans la littérature dans le but d'étudier l'impact des représentations langagières sur la MCTV (Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Majerus, Van der Linden, Mulder et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994, 1999 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995 ; Reilly et al., 2012). L'influence des représentations langagières phonologiques sera étudiée à travers l'analyse de l'effet de fréquence phonotactique dans une tâche de rappel isolé de non-mots de haute et de basse fréquence phonotactique, incluant un rebours entre la présentation du non-mot et le rappel de celui-ci. L'influence des représentations langagières lexico-sémantiques sera étudiée à travers l'analyse des effets de lexicalité et de fréquence lexicale dans une tâche de RSI de mots et de non-mots et dans une tâche de RSI de mots de basse et de haute fréquence lexicale, respectivement. En cas de déficit langagier phonologique, nous nous attendons à noter une atteinte de l'effet de fréquence phonotactique, indiquant que les représentations phonologiques ne soutiennent plus efficacement la MCTV. Dès lors, la MCTV phonologique serait altérée. Ceci se marquerait par des résultats déficitaires en empan de rimes. Par contre, si les représentations langagières lexico-sémantiques ne sont pas altérées, nous nous attendons à ce que ces représentations supportent toujours efficacement les capacités de rétention des informations lexico-sémantiques. Dès lors, nous nous attendons à noter une préservation des effets de lexicalité et de fréquence lexicale ainsi que des performances en empan de catégories dans les normes. A l'inverse, en cas de trouble langagier lexico-sémantique, la MCTV lexico-sémantique ne serait plus supportée par ces représentations langagières. Nous nous attendons dès lors à observer une atteinte des effets de lexicalité et de fréquence lexicale ainsi que des performances déficitaires en empan de catégories. Par contre, si les

représentations langagières phonologiques restent préservées, nous nous attendons à noter une préservation de l'effet de fréquence phonotactique ainsi que des performances en empan de rimes dans les normes. D'autres auteurs ont également suggéré qu'en raison de l'interactivité au sein du système, en cas d'atteinte sélective d'un niveau de représentations langagières, les patients ont tendance à montrer une plus grande sensibilité au niveau de représentations préservé. Dès lors, en cas d'atteinte langagière phonologique, nous pouvons également nous attendre à observer une plus grande sensibilité aux variables lexico-sémantiques de lexicalité et de fréquence. A l'inverse, en cas d'atteinte langagière lexico-sémantique, nous pouvons nous attendre à noter une plus grande sensibilité à la fréquence phonotactique (e.g., Reilly et al., 2012).

## Etude 1

# Changes in naming and semantic abilities with aging from 50 to 90 years

---

Clémence Verhaegen & Martine Poncelet

*Journal of the International Neuropsychological Society* (2013), 19, 119–126.

### Abstract

The aim of this study was to determine whether naming difficulties arise in individuals as young as their 50s. Participants of 25-35, 50-59, 60-69 and above 70 years of age were given a picture naming task. To uncover subtle naming difficulties, latencies were analyzed in addition to accuracy. In order to control whether the expected slower naming latencies could be due to a general slowing affecting all cognitive tasks, participants were also given an odd/even judgment task to assess cognitive processing speed. The results confirmed that participants in their 50s presented decline in naming performance, reflected by an increase in naming latencies, whereas adults in their 60s and their 70s showed both a decrease in accuracy and an increase in latency. Moreover, the increase in naming latencies remained significant even after controlling for odd/even judgment latencies, suggesting a degradation specific to the picture naming task. We assumed that these slower latencies may result from a language-specific impairment. As a further test for language-specific degradation, participants' semantic capacities were also assessed with a synonym judgment task and the Pyramids and Palm Trees test. The above-70 group showed semantic degradation. The contributions of multiple factors to naming difficulties in aging are discussed.



## 1. Introduction

One of the most frequent cognitive complaints among older people is difficulty finding words (Albert et al., 2009; Clark-Cotton et al., 2007; Hough, 2007; Mortensen et al., 2006; Neumann et al., 2009). These difficulties have been confirmed in many studies showing a word naming decline on the Boston Naming Test (BNT), both cross-sectional (e.g., A. MacKay et al., 2002; Mariën et al., 1998) and longitudinal (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Connor et al., 2004; Goral et al., 2007).

Although older people complain of word-finding difficulties, not all experimental studies have found an age-related decline in naming. Moreover, the age at which the decrease in naming performance arises in the elderly is still a matter of debate. Indeed, after reviewing 25 picture naming studies, Goulet et al. (1994) concluded that “age-related decline in picture naming tasks is an inconsistent finding” (p. 629). They pointed out that the chances of finding a picture naming decline in aging may be influenced by many factors. For example, the age groupings used in different studies have varied considerably, the youngest participants ranging from 18 to 65 and the oldest from 59 to 85 years old. Moreover, they argued that, the results may have been influenced by the type of material used, such as the use of highly familiar items or a very low number of naming trials, probably resulting in relatively insensitive measures. Feyereisen (1997) presented contrasting findings in a meta-analysis of many of the studies reviewed by Goulet et al., selecting only studies that provided means and standard deviations for naming scores in 3 particular age groups -under 50, between 50 and 69, and over 70 years old. Feyereisen concluded that a significant age-related decline in naming accuracy occurs only above the age of 70. In contrast, Connor et al. (2004) and Nicholas et al. (1998) found subtle signs of decreased naming accuracy in participants in

their 50s, although the naming decline appeared to become more pronounced in adults in their 70s.

It is also important to note that few studies have analyzed naming latencies in aged participants. For example, Morrison et al. (2003), showed that older participants ( $M = 75.5$  years) responded more slowly on a picture naming task than younger ones ( $M = 19.6$  years). Moreover, to our knowledge, no study has analyzed naming latencies in individuals in their 50s. We assume that such analyses are more likely to reveal a subtle naming decline in middle-aged participants than are analyses of naming accuracy.

The explanation of this age-related decline in naming also remains controversial. Two principal hypotheses have been proposed: the General Slowing theory and the Transmission Deficit Hypothesis (TDH).

According to General Slowing theories (e.g., Myerson et al., 1992; Salthouse, 1996a), the elderly experience a general slowing of all cognitive processes, including language processes. According to Myerson et al. (1992), the mean response latencies of the elderly on speeded tasks are simply a multiplicative function of those of younger participants under the same conditions. A variant of this general slowing assumption is the view that age-related slowing varies across different task domains. For example, Lima et al. (1991) reported a significantly greater degree of slowing in the non-lexical domain than in the lexical domain in older adults. Unfortunately, they did not offer an explanation of the difference between these two domains. Thus, according to the General Slowing theory, response time on cognitive tasks increases with age. However, the question of whether this slowing is constant across all cognitive tasks or whether it is different in each cognitive domain remains controversial.

The Transmission Deficit Hypothesis (Burke & Shafto, 2004; Burke, et al., 1991, 2000; D.G. MacKay & Burke, 1990) is more language-specific. It is based on an interactive activation model of language known as Node Structure Theory (NST). The NST postulates two hierarchically related systems of nodes: lexical-semantic and phonological. The nodes are interconnected inside each system and between these systems. The strength of the connections to a given node determines the rate and amount of priming transmitted to it and thus determines what information becomes available in production. According to the TDH, aging weakens the strength of the connections between nodes, resulting in a reduction of priming transmission and thus of word activation, ultimately leading to more word naming failures in the elderly.

According to Goral et al. (2007), the TDH can account for picture naming difficulties in the elderly. Nicholas et al. (1985) conducted a naming study using the BNT in participants between 30 and 79 years old. In case of naming failure, participants were presented a phonemic cue. They found that the number of occasions where phonological cues were needed increased with age. Nevertheless, the benefit of cueing was the same at all ages. Nicholas et al. argued that this equal benefit from phonological cueing showed that the older participants' phonological representations were intact, but their access to phonological information was disrupted, leading to more naming difficulties. With the aid of phonological cues they could overcome this disruption. However, in a longitudinal study using the same paradigm, Au et al. (1995) found that adults above 70 years of age benefited less from phonemic cueing than younger participants. Au et al. hypothesized that the decline in naming ability across the lifespan may reflect not only a connectional deficit between lexical-semantic and phonological systems, but a subtle lexical-semantic degradation in the elderly.

Attempting to test the hypothesis of Au et al. (1995); Barresi et al. (2000) tried to discriminate between semantic degradation (i.e., a semantic system in which concepts are weakly represented or weakly interconnected) and impaired access to phonological forms by investigating the consistency of naming failures on the BNT in a longitudinal study with participants in their 50s, 60s or 70s. Participants performed three sessions at 3- to 3½-year intervals. The authors considered that successful naming or naming after cueing in an early test session followed by failure to name an item after a phonological cue in a later test session may indicate semantic degradation, whereas they interpreted failure in an early test session followed by successful naming or cueing in a later test session as an indication of impaired access to the phonological form. The results showed that the younger two age groups (50s and 60s) produced mainly naming failures of the type attributed to impaired phonological access, whereas both types of naming failures were observed in the participants above 70 years of age. The authors concluded that age-related naming failures may be due not only to impaired phonological access, but also in part to semantic degradation. Finally, according to Barresi et al. (2000), these results are compatible with the TDH, according to which “aging weakens connections within the entire network of nodes, reducing the rate and amount of priming transmitted across connections” (Burke et al., 1991, p. 545).

In sum, the age-related decline in naming remains a controversial subject. First, the age at which naming difficulties arise is still debated. Indeed, according to Feyereisen (1997), the significant decline in naming occurs after the age of 70. However, Connor et al. (2004) and Nicholas et al. (1998) found subtle naming difficulties in people in their 50s. Secondly, the explanation for these naming failures in aging is also debated. According to some authors (e.g., Salthouse, 1996a), these failures result from a general slowing on all cognitive tasks in the elderly, including language; others argue instead for a more language-specific explanation, attributing the decline in naming performance

to a weakening of connections across the entire language system, including inside the semantic system (Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991).

The first aim was to determine whether there is in fact an age-related decline in naming in the elderly, and particularly whether these difficulties arise in individuals in their 50s. Participants of 25-35, 50-59, 60-69 and above 70 years of age were given a picture naming task. In order to check for subtle naming difficulties, both naming accuracy and naming latencies were analyzed. We predicted that the naming difficulties of participants in their 50s in particular might be subtle and could be revealed by longer naming latencies unaccompanied by any decrease in naming accuracy. We assumed that the age-related naming disadvantage may increase with age (Connor et al., 2004), with the eventual onset of naming errors. Thus, in participants above 70 years old, we expected to find both slower naming latencies and lower picture naming scores. We assumed that the naming difficulties in participants in their 50s, their 60s and above 70 years old may result from a language-specific impairment (TDH, Burke et al., 1991). However, because we analyzed naming latencies, we wanted to control whether these expected slower latencies may result from a general slowing that affects all cognitive tasks equally (Salthouse, 1996a). For that purpose, participants were also given an odd/even judgment task, to assess cognitive processing speed.

The second aim was to seek further support for the hypothesis of a language-specific impairment in aging by assessing participants' semantic capacities. Indeed, Barresi et al. (2000) reported semantic degradation in people in their 70s. In our study, we used more direct methods to evaluate the semantic system: the Pyramids and Palm Trees Test (Howard & Patterson, 1992) and a synonym judgment task. We expected to find lower semantic scores in participants in their 70s.

## 2. Method

### 2.1. Research Participants

Four groups of participants took part in the present study: (1) 30 participants between 25 and 35 years of age ( $M = 28.87$ ;  $SD = 2.94$ ), (2) 30 between 50 and 59 years of age ( $M = 54.40$ ;  $SD = 3.42$ ), (3) 30 between 60 and 69 years of age ( $M = 63.77$ ;  $SD = 2.59$ ) and (4) 30 above 70 years of age ( $M = 80.67$ ;  $SD = 5.25$ ). Participants responded to a questionnaire on their health and reported no history of neurological, cardiac, neuropsychological or psychiatric disorders, and no uncorrected hearing or visual problems. They were also carefully screened for medication use. Participants taking antidepressants or other psychoactive medications were excluded from the study. Participants above 50 years of age were given the Mattis Dementia Rating Scale (Schmidt et al., 1994) and performed above the cut-off score of 130/144. All participants were native speakers of French. There were no reliable differences between the 4 groups in the distribution of socio-economic backgrounds. Participants were classified into 3 socio-economic levels: (1) low, (2) middle and (3) high, according to the classification of Amos et al. (2003) which determines socio-economic level on the basis of participants' years of schooling and profession. A chi-squared test showed no significant relationship between socio-economic background and group,  $\chi^2(6, n = 120) = .57, ns$ . Participants' level of vocabulary was evaluated using the Mill Hill test (Deltour, 1993). An ANOVA computed on the number of correct responses out of 33 revealed that all age groups performed equally,  $F(3,116) = 1.74, ns$ . The local research ethics committee approved the study, and all human data included in this manuscript was obtained in compliance with the Helsinki Declaration. All participants gave their informed consent. Demographic data are summarized in Table 1.

Table 1

Demographic data of the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups

| Variable                               | Age group:           | 25-35 years  | 50-59 years  | 60-69 years   | Above 70 years |
|----------------------------------------|----------------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| Number of participants                 |                      | 30           | 30           | 30            | 30             |
| Age (years) <sup>a</sup>               |                      | 28.87 (2.94) | 54.40 (3.42) | 63.77 (2.60)  | 80.67 (5.25)   |
| Gender (M/F)                           |                      | 14/16        | 8/22         | 14/16         | 14/16          |
| Socio-economic background <sup>b</sup> | Level 1 <sup>c</sup> | 0.27         | 0.23         | 0.27          | 0.27           |
|                                        | Level 2 <sup>c</sup> | 0.23         | 0.30         | 0.27          | 0.30           |
|                                        | Level 3 <sup>c</sup> | 0.50         | 0.47         | 0.47          | 0.43           |
| Mattis Scale (/144) <sup>a</sup>       |                      | -            | 143.5 (0.94) | 143.07 (1.23) | 140.10 (2.77)  |
| Mill Hill (/33) <sup>a</sup>           |                      | 26.10 (2.55) | 26.30 (3.60) | 27.73 (3.99)  | 25.60 (4.73)   |

Note. <sup>a</sup>Means and standard deviations in parentheses; <sup>b</sup>Proportions; <sup>c</sup>1 = weak, 2 = middle and 3 = high.

## 2.2. Materials

### 2.2.1. Picture naming task

One hundred and fifty black and white line drawings were selected from the set of Bonin et al. (2003). Bonin et al. reported a name agreement percentage for each picture, consisting of the percentage of participants who produced the most common name. On the basis of these results, we selected pictures with a name agreement higher than 60%. In the present study, each picture was presented centered on the computer screen using the E-Prime 2.0 software package (Psychology Software Tools). Participants were asked to name each picture as quickly as possible. The pictures were presented in a

pseudo-randomized order. A ready signal (“\*”) appeared at the center of the screen for 500 ms and was followed by a 100-ms tone, which ended at the onset of the picture. The experimenter then pressed a button to begin the next trial. Participants were given a short break after every 45 trials. Fifteen additional pictures were used as warm-ups. Standard phonemic and semantic cues were provided in case of naming failure. The test session was recorded and transcribed for scoring. The accuracy score consisted of the number of correctly named items (out of a total of 150). An item was counted as correct if the participant named the item correctly and spontaneously. Self-corrected naming errors were accepted. Correct responses after a cue were not included in the number of correct responses. The warm-up trials were not included in the score. Cueing effect differences were not analyzed given the small number of naming failures in the 3 younger groups. Correct naming latencies (in ms) were analyzed with the Audacity 1.2.6. software (Mazzoni, 2006). Correct naming latencies consisted of the latencies between the presentation of the picture and the items named correctly and spontaneously, without any cue.

### ***2.2.2. Cognitive processing speed task: the odd/even judgment task***

In this task from Schyns and Poncelet (2002), 50 digits between 1 and 9 were presented in random order, centered on the computer screen, using the E-Prime 2.0 software. Participants had to indicate whether the digits were odd or even by pressing a designated “odd” or “even” key as quickly and accurately as possible. Ten additional digits were used as warm-ups. Response latencies were recorded by the computer.

### **2.2.3. Semantic assessment**

The participants' semantic capacities were assessed using two tasks chosen to tap different aspects of semantic knowledge through different modalities: the Pyramids and Palm Trees test (PPTT; Howard & Patterson, 1992), which requires participants to match concrete pictures, and a synonym judgment task (adapted from Majerus et al., 2001), which requires the semantic processing of abstract vs. concrete auditory words.

#### *2.2.3.1. The Pyramids and Palm Trees test*

Participants were presented 52 plates of three object-pictures each, one above the other two. They were asked to indicate which of the bottom two pictures had the closest semantic relationship with the target. Three additional plates were used as warm-ups and were not included in the scoring. The number of correct responses (out of 52) was computed.

#### *2.2.3.2. Synonym judgment task*

Sixty pairs of concrete and abstract words were presented orally via headphones; participants had to decide whether the words had similar meanings and were asked to respond by pressing a designated key as quickly and accurately as possible. The pairs were matched for imageability (Desrochers & Bergeron, 2000). Three additional trials were used as warm-ups and were not included in the scoring. This task was programmed and presented with the E-Prime 2.0 software. The number of correct responses (out of 60) was recorded by the computer.

### **2.3. Procedure**

The whole study was conducted in French. Participants were tested individually. The order of the tasks was constant across participants: (1) Picture naming task, (2) Synonym judgment task, (3) PPTT, (4) Odd/even judgment task, (5) Mill Hill, (6) Mattis Dementia Rating Scale. The experiment took about 90 minutes to complete and was performed in a single session.

## **3. Results**

### **3.1. Age-related effects on naming accuracy**

Table 2 shows mean performance (number of correct responses) on the picture naming task for the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups. An ANOVA performed on the number of correctly named items (out of 150) revealed an effect of age,  $F(3,116) = 35.36$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .48$ . Newman-Keuls post-hoc comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the above-70 age group named fewer items correctly than the 60-69 age group, which performed worse than the 25-35 and 50-59 age groups, which in turn did not differ from each other. In sum, these results indicate a naming decrease in the 60-69 and above-70 age groups.

Table 2

Mean performance (number of correct responses out of 150) on the picture naming task in the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups

|                | 25-35 years |      | 50-59 years |      | 60-69 years |      | Above 70 years |       |
|----------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|----------------|-------|
|                | M           | SD   | M           | SD   | M           | SD   | M              | SD    |
| Picture naming | 147.80      | 2.19 | 143.97      | 6.89 | 135.50      | 6.30 | 114.60         | 25.58 |

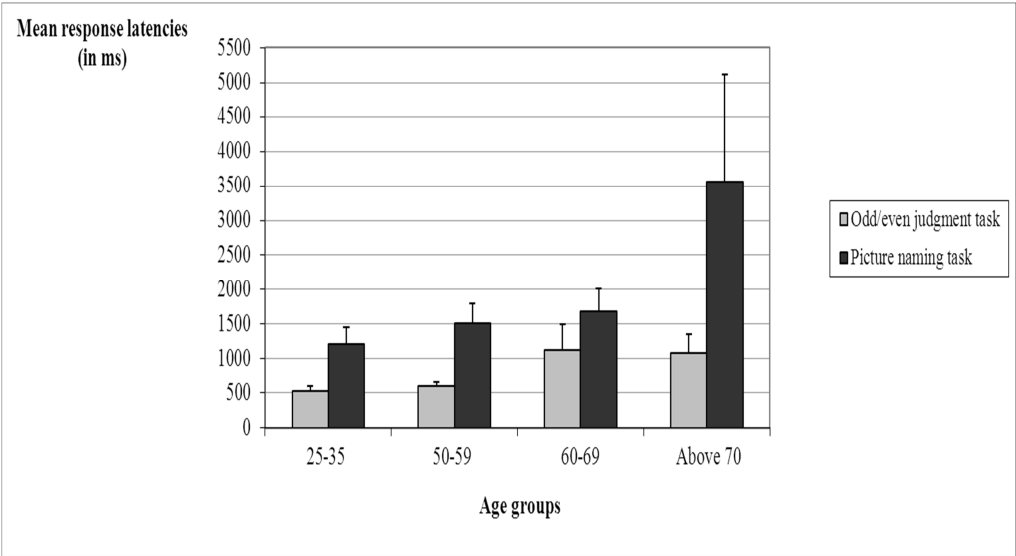
### 3.2. Age-related effects on response latencies on the picture naming and odd/even judgment tasks

Figure 1 shows mean response latencies on the picture naming and odd/even judgment tasks for the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups. For the picture naming task, correct naming latencies were analyzed. For the odd/even judgment task, analyses were performed on all response latencies because the error rate was very low (1.35%). Outlier latencies (more than 2 standard deviations from the mean of the latencies for the same subject) were also removed from the analyses for both tasks. We performed a mixed ANOVA with a 4 (Age group: 25-35, 50-59, 60-69 and above-70) x 2 (Task: picture naming task, odd/even judgment task) design on log-transformed response latencies in order both to examine the main effects of age group and task and also to investigate whether there was an interaction between these two variables. There was a significant effect of age,  $F(3,116) = 129.9$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .77$ . Newman-Keuls post-hoc comparisons ( $p < .05$ ) revealed that on the odd/even judgment task, the 25-35 and 50-59 age groups did not differ from each other, both responding faster than the 60-69 and above-70 age groups, which also did not differ from each other. In contrast, on the picture naming task, the 25-35 age group responded faster than the 50-59

and 60-69 age groups, which did not differ from each other. The above-70 age group responded more slowly than the 3 younger groups. The effect of task was significant,  $F(1,116) = 1199.7, p < .001; \eta^2_p = .91$ , with participants responding faster on the odd/even judgment task than on the picture naming task. Finally, the age by task interaction was significant,  $F(3,116) = 39.40, p < .001; \eta^2_p = .50$ . Planned comparisons with Bonferroni corrections for multiple comparisons (0.025) revealed that all groups responded more slowly in the picture naming task than in the odd/even judgment task, all  $ps < .001$ . However, this slowing was greater in the above-70 age group than in the 25-35, 50-59 and 60-69 age groups. In sum, difference on the picture naming task appears to be greater and to arise earlier in the lifespan than slowing on the odd/even judgment task.

Figure 1

Mean response latencies on the picture naming and odd/even judgment tasks in the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups



An analysis of covariance was also performed on log-transformed naming latencies, using log-transformed response latencies on the odd/even judgment task as covariate. There was a significant effect of age,  $F(4,115) = 54.56, p < .001; \eta^2_p = .46$ . Newman-Keuls post- hoc analysis indicated that the 25-35 age group responded faster than the 50-59 and 60-69 age groups, which did not differ from each other. The above-70 age group performed more slowly than the 3 younger groups. Thus, participants above 50 years of age showed a slowing of picture naming latencies. This slowing remains significant even after controlling for cognitive processing speed assessed by the odd/even judgment task.

### 3.3. Effects of aging on semantic capacities

Table 3 gives the mean number of correct responses on the PPTT (out of 52) and the synonym judgment task (out of 60) for the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups. Two ANOVAs were performed on the number of correct responses on each task. There were significant effects of age on the PPTT,  $F(3,116) = 20.43, p < .001; \eta^2_p = .35$ , and the synonym judgment task,  $F(3,116) = 22.78, p < .001; \eta^2_p = .37$ . Newman-Keuls post- hoc comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the above-70 age group performed worse than the 3 younger groups, which did not differ from each other on either of the semantic tasks. Thus, semantic performance appeared to be impaired in the above-70 age group.

Table 3

Mean performance (number of correct responses) on the Pyramids and Palm Trees Test (PPTT) and the synonym judgment task in the 25-35, 50-59, 60-69 and above-70 age groups

| Tasks                  | 25-35 years |      | 50-59 years |      | 60-69 years |      | Above 70 years |      |
|------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|----------------|------|
|                        | M           | SD   | M           | SD   | M           | SD   | M              | SD   |
| PPTT (/52)             | 50.37       | 1.30 | 50.50       | 1.59 | 50.60       | 1.35 | 46.77          | 3.79 |
| Synonym judgment (/60) | 57.73       | 1.81 | 58.03       | 1.35 | 57.83       | 1.34 | 54.57          | 2.74 |

3.4. Correlation analyses

The results reported above indicate a degradation of both naming and semantic capacities in the above-70 age group. The relationship between the two types of degradation was examined using correlation analyses on naming and semantic capacities in the above-70 age group: between the number of correct responses on the picture naming task and the number of correct responses on the PPTT and the synonym judgment task, as well as between the naming latencies on the picture naming task and the number of correct responses on the two semantic tasks. Correlation analyses were not performed for the younger groups due to ceiling effects. As indicated in Table 4, all Bravais-Pearson correlations were significant in the above-70 age group.

Table 4

Bravais-Pearson correlations between the picture naming task, the Pyramids and Palm Trees test (PPTT) and the synonym judgment task in the above-70 age group

|                                 | PPTT              | Synonym judgment  |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                 | Correct responses | Correct responses |
| Picture naming task             |                   |                   |
| <i>Correct responses</i>        | .47*              | .49*              |
| <i>Correct naming latencies</i> | -.60**            | -.56**            |

Note. \*  $p < .01$ ; \*\*  $p < .001$ .

## 4. Discussion

### 4.1. Effects of aging on naming capacities: age of onset and theories of naming decline in aging

The first aim of this study was to confirm the presence of naming difficulties in aging and to investigate whether the onset of these difficulties occurs in adults in their 50s. To this end, participants of 25-35, 50-59, 60-69 and above 70 years of age were given a picture naming task.

Firstly, we analyzed the effect of age on naming accuracy. Participants in their 60s gave fewer correct responses than the 25-35 and 50-59 age groups, and the decrease was greater in individuals in their 70s.

The naming scores of participants in their 50s were not lower than those of the 25-35 age group. In order to check for more subtle naming difficulties in these participants, we analyzed correct naming latencies. Moreover, we wanted to control whether such slower naming latencies may be

explained by a general slowing in all cognitive domains (Salthouse, 1996a). Participants were also given an odd/even judgment task, assessing cognitive processing speed. The results showed an effect of age on both tasks. On the picture naming task, adults in both their 50s and 60s were slower than the 25-35 age group, a slowing that became much greater in the above-70 age group. By contrast, on the odd/even judgment task, participants in their 50s did not differ in speed from the 25-35 age group, and they responded faster than the two older groups. Moreover, all participants performed more slowly on the picture naming task than on the odd/even judgment task and this task effect was greater for the above-70 age group than for the younger groups.

Although participants in their 50s made no more errors than younger participants, their significantly greater correct naming latencies suggest a subtle decline in naming at this age. In contrast, in participants in their 60s and 70s, the occurrence of an age-related decline in naming performance was confirmed by both a decrease in the mean number of correct responses and an increase in correct naming latencies. These findings are consistent with the results of the many studies that have found naming difficulties in aging (e.g., Goral et al., 2007; Mariën et al., 1998). However, the naming difficulties seem to arise earlier than suggested by Feyereisen (1997) who concluded that these difficulties appear after the age of 70. Our findings seem to be more consistent with the findings of Connor et al. (2004) and Nicholas et al. (1998), who reported subtle age-related naming difficulties in participants in their 50s. Our results highlight the importance of analyzing picture naming latencies, and also of comparing groups of 50-59, 60-69 and above 70 years of age, as some changes in naming abilities may occur between these decades.

The results of the mixed ANOVA suggest that slowing begins earlier in the lifespan on the picture naming task (in participants in their 50s) than on the odd/even judgment task (in participants in their 60s). Furthermore, the

slowing in picture naming latencies increased importantly in participants above 70 years of age, as shown by the interaction. Finally and importantly, the slowing of correct naming latencies beginning in participants in their 50s remained significant even when processing speed assessed by the odd/even judgment task was controlled for using an ANCOVA. Thus, the slower naming latencies in participants in their 50s cannot be attributed to a general, task-independent slowing.

The results of the ANCOVA suggest that the slowing on the picture naming task may be explained by an impairment that is specific to this particular task, of linguistic origin. This impairment may reflect slower activation of language representations due to a weakening of connections throughout the language system (Burke et al., 1991). In participants in their 50s, this weakness may remain subtle; these participants may be able to activate the word, but do so more slowly than before. As Connor et al. (2004) pointed out, the age-related decline in naming may accelerate with increasing age. In participants in their 60s, connections may have further weakened, leading to a decrease in the mean number of correct responses and slower correct naming latencies. Finally, in the above-70 age group, the decline may have become more pronounced, resulting in more naming errors and longer correct naming latencies.

However, the slowing in the odd/even judgment task became significant in participants in their 60s and above 70 years of age, which leads us to assume that both general slowing and language-specific factors may explain their naming difficulties.

Moreover, other non-linguistic factors may have contributed to the specific slowing on the picture naming task, such as a slowing of the perceptual analysis due to the age-related perceptual analysis difficulties.

In conclusion, several interacting mechanisms may contribute to word naming difficulties in aging.

## **4.2. Age-related effect on semantic capacities**

The second aim of this study was to confirm the presence of semantic degradation in the elderly, as highlighted by Au et al. (1995) and Barresi et al. (2000). Au et al. (1995) hypothesized that the decrease in the phonemic cueing effect found in adults above 70 years of age is due to lexical-semantic degradation in the elderly. This hypothesis was confirmed by Barresi et al. (2000), who examined the consistency of naming failures across each of a series of three test sessions undergone by participants in their 50s, 60s and their 70s. Barresi et al. interpreted consistent naming failures as indicative of semantic degradation and inconsistent naming failures as suggesting impaired phonological access. Their findings led them to conclude that naming failures in the elderly may be attributed both to impaired phonological access and to semantic degradation, and that they are compatible with the TDH (Burke et al., 1991), assuming weakened connections throughout the entire language system. However, Barresi et al. did not directly assess semantic capacities. In our study, participants performed semantic tasks that we assumed would tap directly into the semantic system: the PPTT and a synonym judgment task. The first is a picture matching task with concrete words, whereas the second consists of judgments of synonymy for auditory concrete and abstract words. We could not analyze the integrity of phonological access using differences in phonological cueing effects between age groups, however, because of the small number of naming failures in the 3 younger groups. The results confirmed that participants above 70 years of age made more errors than the three younger groups on both semantic tasks.

According to the TDH, to produce a word, semantic knowledge about it is required (Clark-Cotton et al., 2007). This hypothesis implies specific relationships between word production and semantic capacities. Participants above 70 years of age presented impaired results on both tasks. To test these relationships, we performed correlation analyses between the number of correct responses on the picture naming task and the number of correct responses on both the PPTT and synonym judgment tasks, as well as between naming latencies on the picture naming task and number of correct responses on both semantic tasks in participants above 70 years of age. All correlations were significant, and together they suggest a relationship between naming and semantic capacities in the elderly. However, the nature of this relationship cannot currently be specified. Future studies could seek to do so by using the same words on both the semantic and picture naming tasks. A selective impairment for particular words on both tasks would suggest a possible relationship between semantic representations and production difficulties for these words (Hillis et al., 1990; Samson et al., 1998). However, it is also possible that an age-related general degradation contributed to these correlations.

As discussed above, the age-related naming difficulties of individuals in their 50s and beyond may be explained by a weakening of connections in the language system. With regard to semantic capacities, we hypothesized that this weakening may not have proceeded far enough in participants in their 50s and their 60s to create lower semantic scores. By contrast, in participants above 70 years of age, the connection deficit may become greater and more widespread, resulting in lower semantic scores.

## 5. Conclusion

In conclusion, the increase in correct naming latencies on the picture naming task in participants in their 50s suggests the presence of a subtle age-related decline in word naming. In participants in their 60s, naming degradation was highlighted by both a decrease in correct responses and an increase in naming latencies. Finally, in participants above 70 years of age, this decline became more pronounced in both naming accuracy and naming latencies. Moreover, only participants above 70 years of age presented semantic impairment. These results seem to suggest the presence of an age-related decline at the semantic level in the language system of older participants, and are compatible with the findings of Barresi et al. (2000). The slowing on the picture naming task seen in participants in their 50s remained significant after controlling for speed of responding on the odd/even judgment task, suggesting a slowing specific to the picture naming task. These results may be explained by language-specific changes or by other non-linguistic factors. Future studies should explore the underlying cognitive processes that explain this decrease in normal aging while comparing participants in their 50s, 60s and in their 70s.

## Acknowledgements

Support for this research was provided by the University of Liège (doctoral fellowship for fields not eligible for FRIA). We would like to thank Vinciane Kaivers for her contribution in data collection. There are no conflicts of interest affecting this manuscript.

## Etude 2

# The effects of word frequency, age of acquisition and word length on picture naming capacities with aging from 45 to 84 years

---

Clémence Verhaegen, Valérie Libioul, and Martine Poncelet

Submitted to *Language and Speech*

### Abstract

This study revealed picture naming difficulties in adults between the ages of 55 and 84 years, who showed slower picture naming latencies than participants of 25-34 and 45-54 years of age. Moreover, this slowing was accompanied by greater frequency effects in participants between 55 and 84 years of age in comparison with younger participants, but no difference in age of acquisition or length effects. We hypothesize that the higher frequency effect reflects the presence of an age-related degradation within the language system. The implications for our understanding of naming difficulties in aging are discussed.



## 1. Introduction

Studies exploring cognitive changes in healthy aging have documented an age-related decline in the capacity to retrieve words on picture naming tasks, both cross-sectional (e.g., Albert et al., 2009; A. MacKay et al., 2002; Mariën et al., 1998) and longitudinal (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Connor et al., 2004; Goral et al., 2007). Connor et al. (2004) and Nicholas et al. (1998) found subtle signs of decreased naming accuracy in participants in their 40s, although the naming decline appeared to become more pronounced in adults in their 70s. Likewise, in a recent study conducted in our lab (Verhaegen & Poncelet, 2013), we explored whether naming difficulties begin in participants as young as their 50s. Analyses of picture naming latencies have been shown to highlight subtler naming difficulties than analyses of naming accuracy, in young (Rossion & Pourtois, 2004), middle-aged (e.g., Rogalski et al., 2011), and older participants (e.g., Morrison et al., 2002, 2003; Rogalski et al., 2011). Therefore, in order to check for subtle naming difficulties, besides naming accuracy, we also analysed naming latencies on a picture naming task presented to young control participants (25-35 years), and older participants (50-59, 60-69, and above 70 years). The results indicated that 50- to 59-year-old participants presented subtle naming difficulties, reflected by an increase in naming latencies (but no decrease in naming accuracy), while participants in their 60s and those above 70 showed both decreased accuracy and increased latencies, reflecting more pronounced naming difficulties.

Many hypotheses have been developed to account for the word production difficulties observed in the elderly population. One interpretation of the decrease in older adults' naming ability is that these difficulties are secondary to a decrease in the speed of cognitive processing that affects all cognitive tasks equally, including language production tasks (Salthouse, 1996a). For instance, Feyereisen et al. (1998) showed that older participants

presented an equal age-related slowing compared to young participants on four lexical tasks: a picture naming task, a written word pronunciation task, a picture categorization task, and a word categorization task. The authors concluded that age-related slowing in picture naming reflects a general age-related slowing of cognitive processing. A second interpretation is that language production difficulties in aging are due to a specific degradation of connection strengths within the language system. This theory is called the Transmission Deficit Hypothesis (TDH; Burke & Shafto, 2004; Burke et al., 1991, 2000; Goral et al., 2007).

Many language production researchers (e.g., Levelt et al., 1999) assume that spoken production involves the following processing levels: first, the stimulus activates the conceptual structure or underlying concepts associated with a target word (conceptual preparation). Second, this conceptual structure in turn activates the target word's lexical-semantic and syntactic features. Third, the lemma activates the entry's corresponding phonological properties to create a complete phonological schema. Finally, a motor articulatory plan is created and mapped on to lower-level articulation processes for pronunciation.

The TDH more specifically is built on an interactive activation model of language, the Node Structure Theory (NST). This model postulates units called nodes, which are connected in a network. Activation spreads between nodes along connections. The strengths of the connections to a given node determine the rate and amount of priming transmitted to it, and thus determine what information becomes available in production. According to the TDH, aging affects the strength of the connections within the language system. The first connections that suffer from this weakening are the connections between lexical-semantic and phonological representations. These connections are especially susceptible to weakening because the nodes are linked by single

connections (from one concept in the lexical-semantic system to its phonological representation inside the phonological system) and are consequently more fragile than within the lexical-semantic system, where the nodes are linked by multiple connections. This mechanism has been hypothesized to account for word finding difficulties in participants from 50 to 80 years of age (Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991; Goral et al., 2007; James & Burke, 2000; White & Abrams, 2002). Moreover, Au et al. (1995) and Barresi et al. (2000) suggested that in participants aged 70 years or above, the weakening of connections becomes more pronounced and results in semantic degradation, which also contributes to the decline in naming.

In our recent study (Verhaegen & Poncelet, 2013), we also showed that picture difficulties in participants from 50 to 90 years of age are at least in part due to language-specific difficulties. We examined picture naming latencies in 50- to 90-year-olds and conducted a control assessment of their cognitive processing speed with an odd/even judgment task. The results indicated that the slowing arose earlier in the lifespan on the picture naming task (in participants in their 50s) than on the odd/even judgment task (in participants in their 60s), and that the slowing on the picture naming task observed in participants in their 50s remained significant even after controlling for response speed on the odd/even judgment task. This slowing thus seems to have been specific to the picture naming task. Moreover, like Au et al. (1995) and Barresi et al. (2000), we confirmed the presence of semantic degradation in participants above 70 years of age, assessed with the Pyramids and Palm Trees test (Howard and Patterson, 1992) and a judgment of synonyms, which was further evidence of the presence of language difficulties in aging. However, more information is needed on the language degradation observed in our study and in others (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991; Goral et al., 2007; James & Burke, 2000; White & Abrams, 2002).

If the naming difficulties in aging highlighted by increased naming latencies are due to language-specific degradation, then picture naming latencies of middle-aged and elderly participants, who experience such difficulties, should show different effects of psycholinguistic variables, which are known to affect language representations, such as word frequency, subjective age of acquisition (AOA), and word length (e.g., Bonin & Fayol, 2002; Carroll & White, 1973; Dell, 1988; Ellis & Morrison, 1998; Jescheniak & Levelt, 1994; Meyer et al., 2003; Morrison et al., 1992, 1997, 2002, 2003; Newman & German, 2005; Santiago et al., 2000). Studies on cognitive aging have investigated whether the effects of these factors in older adults differed from young participants; debate is ongoing.

Word frequency consists of a word's number of occurrences in the language. A great number of studies have shown that less frequent words are produced less accurately (e.g., Dell, 1988; Newman & German, 2005) and more slowly (e.g., Bonin & Fayol, 2002; Jescheniak & Levelt, 1994) than more frequent words.

Most studies on word frequency effects and aging have reported comparable frequency effects across ages on picture naming tasks (e.g., LaGrone & Spieler, 2006). However, a few studies have reported greater word frequency effects in older participants. For instance, Burke and Laver (1990) indicated that the words that induced the tip-of-the-tongue phenomenon in elderly adults tended disproportionately to be low-frequency words. Similarly, by conducting regression analyses on the picture naming latencies of young (mean age = 22 years) and older (mean age = 73 years) participants, Spieler and Balota (2000) found that word frequency significantly influenced naming latencies in older adults but not in younger ones.

Nevertheless, most studies exploring frequency effects on naming capacities in aging have not controlled for another important variable: the words' age of acquisition (AOA). AOA is the age at which a word is originally learned. Many studies have reported that words learned early in life are named more accurately and faster than words acquired later (e.g., Carroll & White, 1973; Ellis & Morrison, 1998; Morrison et al., 1992, 1997, 2002, 2003). For many years, there has been a debate as to whether observed word frequency effects are really due to words' number of occurrences in the language, or whether these effects are actually AOA effects "in disguise." For instance, Morrison et al. (2003) found that the word frequency effect was a stronger predictor of latencies for naming pictured verbs in regression analyses for older participants (mean age = 75.5 years) than for younger ones (mean age = 19.6 years). However, when the authors controlled for the items' age of acquisition, frequency effects disappeared. Consequently, the authors argued that the frequency effects found in naming studies with subjects of different ages may actually be the result of differences in the ages at which the words were learned, and that therefore frequency effects would disappear if AOA were held constant. By contrast, the authors found AOA effects in all age groups. Likewise, Hodgson and Ellis (1998) also found that AOA predicted the picture naming accuracy of their older participants (71-86 years of age), while word frequency did not. However, because the young participants in their study performed close to ceiling level, they were not able to explore AOA and frequency effects in younger participants.

Other studies have shown significant and independent effects of AOA, and word frequency both in children (Newman & German, 2002) and in young adult participants (Brysbaert, 1996; Ellis & Morrison, 1998). Moreover, Newman and German (2005) found that word frequency and AOA differentially affected picture naming accuracy in participants from 12 to 80 years of age. Their results indicated that both word frequency and AOA interacted with age: frequency effects were stronger in the youngest

participants (12 to 19 years of age) than in those above 20 years of age, while AOA effects were stronger in participants above 60 years of age than in younger participants.

Finally, word length is generally measured as the number of syllables, letters, or phonemes that make up a word. Shorter words are generally named more accurately and faster than longer words (e.g., Meyer et al., 2003; Santiago et al., 2000). A few studies have explored the effects of word length on picture naming performance in aging. Le Dorze and Durocher (1992) compared naming capacities of pictured objects in young (aged 25-44), middle-aged (aged 45-64), and older (aged 65-84) participants. They reported that older adults were more influenced by word length than young and middle-aged adults. However, as Le Dorze and Durocher did not match words on other psycholinguistic variables such as word frequency and AOA, the length effects observed in their study may reflect an increased sensitivity with age to other psycholinguistic variables (see a discussion of Hodgson & Ellis, 1998; Mortensen et al., 2006). Hodgson and Ellis (1998) controlled these variables and indicated a length effect in their older participants. However, as noted above, the nearly 100 percent correct responses of their younger participants did not allow them to analyze this effect in this population. By contrast, in their analysis of naming latencies in both young and older participants, Morrison et al. (2003) found no length effects in any age group.

In conclusion, the question of whether the effects of word frequency, AOA, and word length on naming change with aging remains open. Moreover, although naming difficulties have been reported in middle-aged adults (i.e., in their 40s or in their 50s; Connor et al., 2004; Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013), only two studies (Newman & German, 2005; Le Dorze & Durocher, 1992) have, to our knowledge, explored whether the effects of word frequency, AOA, and word length are different at these ages in comparison to

younger adults. However, both studies only analyzed naming accuracy. Nevertheless, the naming difficulties reported in middle aged participants are subtle (Connor et al., 2004; Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013), and their number of correct responses tends to be close to ceiling level (Hodgson & Ellis, 1998), making it difficult to shed light on the effects of these psycholinguistic variables using only accuracy data (see discussion in Morrison et al., 2003).

This study is an expansion of Verhaegen and Poncelet (2013). Our aim was to seek further support for the hypothesis of a language-specific impairment by exploring whether the effects of word frequency, subjective AOA, and word length on picture naming performance are stable in aging, or whether their influence changes with aging. We were interested to see whether the effects of these psycholinguistic variables differ not only in elderly participants above 65 years of age, but also in middle-aged participants from 45 to 65 years of age, because age-related effects on psycholinguistic variables in picture naming in this part of the population have thus far received little attention. We compared the older and middle-aged participants' naming performance to a group of young control participants, between 25 and 34 years of age. The young controls were the same individuals as in Verhaegen and Poncelet (2013). In the older groups, we added 109 new participants to the sample from our previous study in order to be able to perform more powerful statistical analyses on the effects of psycholinguistic variables. Moreover, while in Verhaegen and Poncelet (2013), picture naming capacities were explored in participants between 50 and 90 years of age, we explored these difficulties and effects in participants up to 5 years younger than in this study because Connor et al. (2004) found subtle signs of naming difficulties in participants as young as their 40s. In the current cross-sectional study, the participants were four groups of middle-aged and elderly participants: 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84 years of age.

The rationale of the study was as follows. Before analyzing the effects of the psycholinguistic variables, we had to confirm the presence of naming difficulties in our middle-aged and elderly participants, and the age at which these difficulties emerged. We analyzed participants' performance on a picture naming task. In order to highlight subtle naming difficulties, we analyzed not only naming accuracy but correct picture naming latencies, which has been shown to be a better discriminant between middle-aged and younger participants than naming accuracy (e.g., Morrison et al., 2002, 2003; Rogalski et al., 2011; Rossion & Pourtois, 2004; Verhaegen & Poncelet, 2013). We expected to observe subtle naming difficulties in participants from 45 to 84 years of age in comparison with the young control participants (25 to 34 years). As indicated in previous studies, these difficulties would remain subtle in middle-aged participants (45 to 64 years) and be reflected only in longer picture naming latencies (Connor et al., 2004, Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013). These difficulties would then become more apparent with increasing age. In participants between 65 and 84 years of age, we expected to see errors as well. As in our previous study, because we analyzed correct naming latencies, to control for the possibility that the eventual longer latencies could be due to a general cognitive slowing, participants also performed an odd/even judgment task, assessing cognitive processing speed.

If the expected longer picture naming latencies in participants from 45 years of age are, at least in part, specific to the task, we argue that this constitutes evidence that the slowing is due to specific age-related degradation within the language system. Consequently, we expected to observe differences in the effects of psycholinguistic variables such as word frequency, subjective AOA, and word length on the correct naming latencies of participants from 45 to 84 years of age in comparison with young control participants. In this study, the analysis of these effects is dedicated to confirm the linguistic origin of the

age-related naming difficulties. In an attempt to analyze whether each variable had an independent influence on correct picture naming latencies, rather than being due to the effects of the other variables, all selected words were matched for word frequency, AOA, and word length.

## 2. Method

### 2.1. Research Participants

In this study, we compared the performance of 29 young control participants between 25 and 34 years of age ( $M = 28.79$ ;  $SD = 2.85$ ) to that of two groups of middle-aged participants—28 participants between 45 and 54 years of age ( $M = 50.29$ ;  $SD = 3.00$ ) and 38 participants between 55 and 64 years of age ( $M = 59.21$ ;  $SD = 3.05$ )—and to two groups of elderly participants—53 participants between 65 and 74 years of age ( $M = 68.32$ ;  $SD = 2.82$ ) and 46 participants between 75 and 84 years of age ( $M = 79.04$ ;  $SD = 2.91$ ). Participants had no history of cardiac, neurological, neuropsychological or psychiatric disorders, and no uncorrected hearing or visual problems. They were also carefully screened for medication use. Participants taking antidepressants or other psychoactive medications were excluded from the study. In order to exclude participants with dementia, adults above 45 years of age were given the Mattis Dementia Rating Scale (Schmidt et al., 1994) and all the participants who took part in the present study performed above the cut-off score of 130/144. All participants were native speakers of French. Participants were classified into 3 socio-economic levels: (1) low, (2) middle, and (3) high, according to the classification of Amos et al. (2003) which determines socio-economic level on the basis of participants' years of schooling and profession. There were no reliable differences between the 5 groups in the distribution of socio-economic backgrounds: a chi-squared test

showed no significant relationship between socio-economic background and group,  $\chi^2(8, n = 194) = 6.30, ns$ .

As indicated in the hypotheses, a portion of the participants were the same as in a previous study conducted in our lab (Verhaegen & Poncelet, 2013). The group of younger control participants was the same as in that study; we added 109 new participants to the older groups to increase the statistical power of our analyses on the effects of psycholinguistic variables. We also aimed to ensure that all age groups had an equivalent vocabulary level, as assessed using the Mill Hill test (Deltour, 1993) in order to exclude this variable as an explanatory factor of the eventual naming difficulties. An analysis of variance (ANOVA) computed on the number of correct responses out of 33 on the Mill Hill test revealed no difference between age groups  $F(4,189) = .10, MSE = 12.5, ns$ . Finally, none of the participants in the present study was residing in a nursing home at the time of the study. This means that the participants from Verhaegen and Poncelet (2013) who were residing in a nursing home were removed from the sample groups in the present study.

The local research ethics committee approved the study, and all human data included in this manuscript was obtained in compliance with the Helsinki Declaration. All participants gave their informed consent. Demographic data are summarized in Table 1.

Table 1

## Participants' demographic data

| Variable                               | 25-35 years  | 45-54 years   | 55-64 years   | 65-74 years   | 75-84 years   |
|----------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N                                      | 29           | 28            | 38            | 53            | 46            |
| Age (years) <sup>a</sup>               | 28.79 (2.85) | 50.29 (3.00)  | 59.21 (3.05)  | 68.32 (2.82)  | 79.04 (2.91)  |
| Gender (M/F)                           | 14/15        | 10/18         | 23/15         | 19/34         | 18/28         |
| Socio-economic background <sup>b</sup> |              |               |               |               |               |
| <i>Low</i>                             | 27.58        | 32.14         | 26.31         | 22.64         | 23.91         |
| <i>Middle</i>                          | 20.68        | 39.28         | 34.21         | 41.50         | 43.48         |
| <i>High</i>                            | 51.72        | 28.57         | 39.47         | 35.84         | 32.61         |
| Mattis (/144) <sup>a</sup>             | -            | 143.36 (1.03) | 143.05 (1.41) | 141.83 (1.92) | 140.85 (2.36) |
| Mill Hill (/33) <sup>a</sup>           | 26.07 (2.59) | 26.32 (3.65)  | 26.37 (0.69)  | 26.32 (3.57)  | 26.59 (3.22)  |

Note. <sup>a</sup> Mean (standard deviation in parentheses); <sup>b</sup> Proportions

## 2.2. Materials

### 2.2.1. Picture naming task

This task consisted of the presentation of 134 black and white drawings, selected from the set of Bonin et al. (2003). We selected pictures with a name agreement greater than 60% on the basis of the name agreement values provided by Bonin et al. (2003). The pictures were presented in a pseudo-randomized order, centered on a computer screen, using the E-Prime 2.0 software for stimulus delivery. On each trial, a ready signal (“\*”) appeared

at the center of the screen for 500 ms and was followed by a 100-ms tone, which ended at the onset of the picture. Participants were asked to name each picture as quickly as possible. Fifteen additional pictures were used as warm-ups. Participants were given a short break after every 45 trials.

Standard phonemic and semantic cues were provided by the experimenter in each case of naming failure. If participants clearly misperceived the object, they were provided with a semantic cue. If the response was semantically related but incorrect, they were asked to find “another word” for the target picture. If the participants gave an incorrect response or were unable to give a response within the cut-off response time of 10 seconds, they were provided with a phonological cue (the first phoneme of the word). The experimenter pressed a button to begin the next trial, either after the participant gave the correct answer or after the cueing procedure.

The test session was recorded with an external digital audio recorder with a built-in X/Y stereo microphone, placed in front of the participant, and then transcribed for scoring. The accuracy score consisted of the percentage of correctly named items. The warm-up items were not included in the scoring. An item was counted as correct if the participant named the item correctly and spontaneously, without any cue. Because name agreement on some of the pictures was as low as 60%, we accepted alternative names for the pictures with more than one acceptable name, on the basis of Bonin et al.’s (2003) list. In order to analyze participants’ correct naming latencies, we edited the naming session using the Audacity 1.2.6 software (Mazzoni, 2006). Correct naming latency was calculated as the latency between the end of the tone (which is concomitant with the onset of the picture presentation) and the beginning of the correct and spontaneous naming of the item. Each participant’s waveform was cautiously analyzed to clearly identify the beginning of the correct response. We eliminated false starts, hesitations,

coughs, fillers or any noise that was not identified as the participant's correct picture naming.

To analyze the effects of word frequency, subjective AOA, and word length, we selected 54 items within our list of 134 drawings. Word frequency values were obtained from the LEXIQUE database (New et al., 2001). We chose film frequency, which is an estimate of the word's number of occurrences out of a total of one million in a corpus composed of subtitles from very recent television series and films (New et al., 2007). Twenty-seven low-frequency words (<5/million) and 27 higher-frequency words (>5/million) were selected. Subjective AOA estimates were obtained from Bonin et al. (2003). Participants in that study were asked to estimate the age at which they thought they had learned each of the names in its written or oral form. Morrison et al. (1997) showed that such subjective ratings correlated highly with objective measures derived from data on children's vocabulary knowledge ( $r = .76$ ) and concluded that rated AOA is a valid reflection of the real age at which the word was learned. The five values of the AOA scale used by Bonin et al. (2003) correspond to three-year age bands, with 0-3 at one extreme and 12+ at the other. In our analysis we divided these measures into two categories, choosing 27 early-acquired words (from 0 to 6 years) and 27 late-acquired words (from 7 to 12 years). Finally, for analysis of the effect of word length, 18 monosyllabic words, 18 bisyllabic words, and 18 trisyllabic words were selected. All selected words were matched for these three variables. The matching procedure was as follows: of the 27 high-frequency words, 13 were early-acquired and 14 were late-acquired, nine had one syllable, nine had two syllables, and nine had three syllables. Of the 27 low-frequency words, 14 were early-acquired and 13 were late-acquired, and again, nine each had one, two and three syllables. Of the early-acquired words, 13 words were of high frequency and 14 were of low frequency, nine each had one, two, and and three syllables; and so on for the other variables.

### **2.2.2. Cognitive processing speed task: the odd/even judgment task**

This task (Schyns & Poncelet, 2002) consisted in the visual presentation, in random order, of 50 digits between 1 and 9, centered on a computer screen, using the E-Prime 2.0 software. Participants had to indicate whether the digits were odd or even by pressing a designated “odd” or “even” key as quickly and accurately as possible. Ten additional digits were used as warm-ups. Response latencies were computed by the software.

## **2.3. Procedure**

The whole study was conducted in French. Participants were tested individually. The order of the tasks was constant across participants: (1) Picture naming task, (2) Odd/even judgment task, (3) Mill Hill, (4) Mattis Dementia Rating Scale.

## **3. Results**

### **3.1. Naming accuracy and correct naming latencies**

Table 2 shows the mean percentage of correct responses and the mean correct naming latencies on the picture naming task, as well as the mean response latencies on the odd/even judgment task, for the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84 age groups. An ANOVA performed on the percentage of correctly named items revealed an effect of age,  $F(4,189) = 44.47$ ,  $MSE = 42$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .48$ . Tukey’s HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the

25-34, 45-54 and 55-64 age groups performed equally. Each of these groups named more items correctly than the 65-74 age group and the 75-84 age group. The 65-74 group in turn named more items than the 75-84 age group. In sum, these results indicate a decrease in naming performance in the 65-74 and 75-84 age groups.

We did not perform a comparison of the types of errors in each group because participants younger than 65 years produced very few errors. Similarly, cueing effect differences were not analyzed given the small number of naming failures in participants under 65 years of age.

We then analyzed correct naming latencies. We first removed outlier latencies (more than 2 standard deviations from the same subject's mean correct naming latency) from the analyses. The ANOVA performed on log-transformed correct naming latencies on the picture naming task revealed an effect of age,  $F(4,189) = 31.40$ ,  $MSE = .01$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .40$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) revealed that the 25-34 and 45-54 age groups did not differ from each other and that each group responded faster than the 55-64, 65-74, and than the 75-84 age groups. The 55-64 and 65-74 age groups did not significantly differ. The results revealed that, in comparison to each of the four younger groups, the 75-84 age group named the items significantly more slowly. Thus, performance on the picture naming task seems to slow in participants above 55 years of age.

We also controlled whether the older participants' slowed naming could be explained by a general slowing affecting all cognitive tasks. To do so we analyzed the participants' response latencies on the odd/even judgment task, assessing cognitive processing speed. Analyses were performed on all response latencies because the error rate was very low (1.2%). Outlier latencies were removed from the analyses. The ANOVA performed on log-

transformed response latencies on the odd/even judgment task also indicated an age-related effect,  $F(4,189) = 29.70$ ,  $MSE = .01$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .39$ . Indeed, Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) revealed that the 25-34, 45-54, and 55-64 age groups did not significantly differ from one another and that each of these three groups responded faster than the 65-74 age group, which did not differ from the 75-84 age group. In sum, performance on the odd/even judgment task seems to slow in participants above 65 years of age, 10 years later than the slowing seen on the picture naming task.

An analysis of covariance was also performed on log-transformed correct naming latencies, using log-transformed response latencies on the odd/even judgment task as covariate. There was a significant effect of age,  $F(4,188) = 12.50$ ,  $MSE = .01$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .21$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) showed that the 25-34 and 45-54 age groups did not differ from each other and that each of these groups responded faster than the 55-64, 65-74, and 75-84 age groups. The 55-64 and 65-74 age groups did not significantly differ. The 75-84 age group named the items significantly more slowly than each of the four younger groups. Thus, participants above 55 years of age showed a slowing of picture naming latencies. This slowing remained significant even after controlling for cognitive processing speed as assessed by the odd/even judgment task.

Table 2

Mean percentage of correct responses and mean correct naming latency on the picture naming task, and mean response latency on the odd/even judgment task in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 age groups

|                        | 25-34 years          | 45-54 years          | 55-64 years          | 65-74 years          | 75-84 years          |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Naming accuracy        | 99.43<br>(0.88)      | 96.53<br>(3.75)      | 95.17<br>(4.45)      | 89.95<br>(7.63)      | 81.80<br>(9.11)      |
| Correct naming latency | 1206.315<br>(203.78) | 1215.766<br>(253.65) | 1456.298<br>(243.39) | 1617.109<br>(381.52) | 2088.535<br>(840.23) |
| Odd/even judgment      | 526.7917<br>(75.70)  | 591.4802<br>(85.93)  | 692.472<br>(101.58)  | 914.4145<br>(305.65) | 998.9404<br>(555.64) |

Because the slowing on the correct picture naming latencies did not seem to be entirely explained by a general slowing of cognitive processing speed, we assessed whether the origin of this slowing is linguistic. To this end, we analyzed the effects of word frequency, subjective AOA, and word length on participants' correct picture naming latencies.

### **3.2. Impact of aging on the effects of word frequency, subjective age of acquisition, and word length on the picture naming task**

#### **3.2.1. Word frequency effects**

Figure 2 shows the mean correct naming latencies for low- and high-frequency words in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84 age groups on the picture naming task.

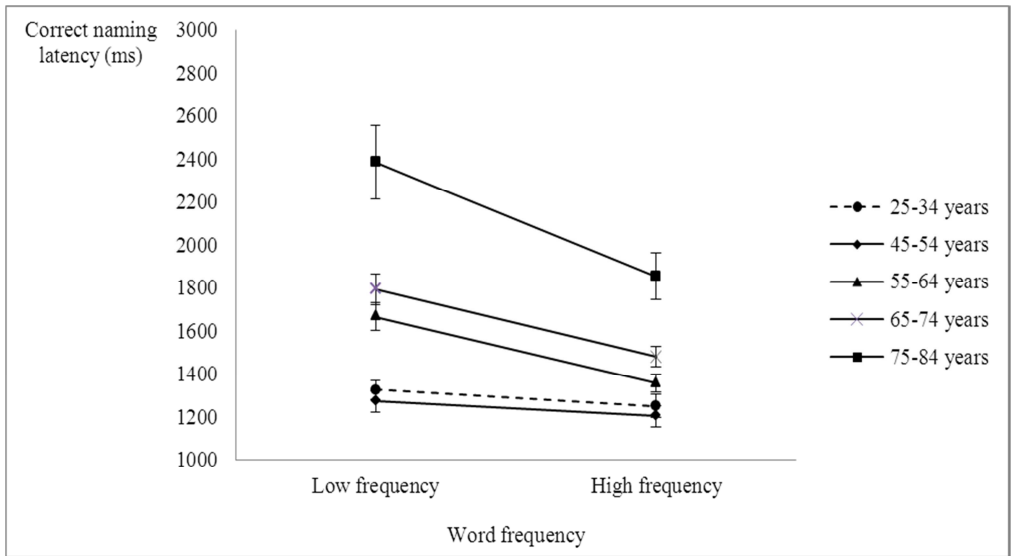
In order to check for differing word frequency effects in the 5 age groups, we performed a mixed ANOVA with a 5 (Age group: 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84) x 2 (Word frequency: high frequency, low frequency) cells on log-transformed correct naming latencies on the picture naming task. This type of analysis has also been used in other studies, such as Newman and German (2005). The results indicated an age-related effect,  $F(4,189) = 25.90$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .35$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) revealed that the 25-34 and 45-54 age groups did not differ from each other and that both groups responded faster than each of the the 55-64, 65-74, and 75-84 age groups. The 55-64 and 65-74 age groups did not significantly differ. The 75-84 age group named the items significantly more slowly than each of the the four younger groups. The effect of word frequency was also significant,  $F(1,189) = 110.30$ ,  $MSE = .003$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .37$ , with low-frequency words being named more slowly than high-frequency words. Finally, we also found a significant Age Group x Word Frequency interaction,  $F(4,189) = 5.80$ ,  $MSE = .003$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .11$ . This latter result suggests that the effect of word frequency differed between the 5 age groups. The interaction was explored via planned comparisons ( $p < .05$ ). The results indicated a significant word frequency effect in the 55-64,  $p < .001$ , the 65-74,  $p < .001$  and the 75-84 age groups,  $p < .001$ , but not in the 25-34 and 45-54 age groups, both  $ps > .05$ .

In Figure 2, it appears than the 75-84 age group presented a greater frequency effect than the 55-64 and 65-74 age groups. This tendency was explored with a mixed ANOVA with a 3 (Age group: 55-64, 65-74, and 75-84) x 2 (Word frequency: high frequency, low frequency) cells on log-transformed correct naming latencies on the picture naming task. The results indicated significant effects of age group,  $F(2,134) = 16.10$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .19$ , and word frequency,  $F(1,134) = 132.20$ ,  $MSE = .004$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .50$ , but no significant Age Group x Word Frequency interaction,  $F(2,134) = .07$ ,  $MSE =$

.004, *ns*. Therefore, the tendency observed in Figure 2 was not statistically confirmed.

Figure 2

Mean correct naming latencies for low- and high-frequency words on the picture naming task in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 age groups



### 3.2.2. Subjective age of acquisition effects

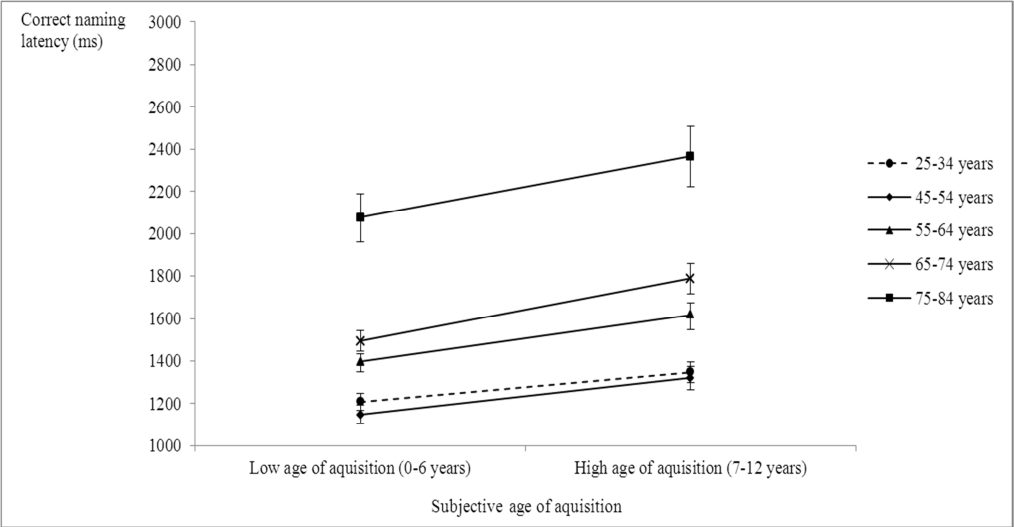
Figure 3 shows the mean correct naming latencies for low (0-6 years) and high (7-12 years) subjective AOA words on the picture naming task in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84 age groups.

The variation of subjective AOA effects across age groups was analyzed with a mixed ANOVA with a 5 (Age group: 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84)  $\times$  2 (Subjective AOA: low AOA, high AOA) cells performed on log-transformed correct naming latencies on the picture naming task. The results

revealed significant differences between the 5 age groups,  $F(4,189) = 34.10$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .42$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) showed that that the 25-34 and 45-54 age groups did not differ from each other and that both groups responded faster than the 55-64, 65-74, and 75-84 age groups. The 55-64 and 65-74 age groups also did not significantly differ. The 75-84 age group named the pictures significantly more slowly than the 4 younger groups. The effect of subjective AOA was also significant,  $F(1,189) = 109.20$ ,  $MSE = .003$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .37$ , with early-acquired words (0 to 6 years) being named faster than late-acquired words (7 to 12 years). However, the Age Group x Subjective AOA interaction was not significant,  $F(4,189) = .80$ ,  $MSE = .003$ , *ns*. Thus, the results seem to indicate that subjective AOA affected picture naming latencies in all age groups, but that this effect did not differ between groups.

Figure 3

Mean correct naming latencies for low (0-6 years) and high (7-12 years) subjective age of acquisition words on the picture naming task in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 age groups



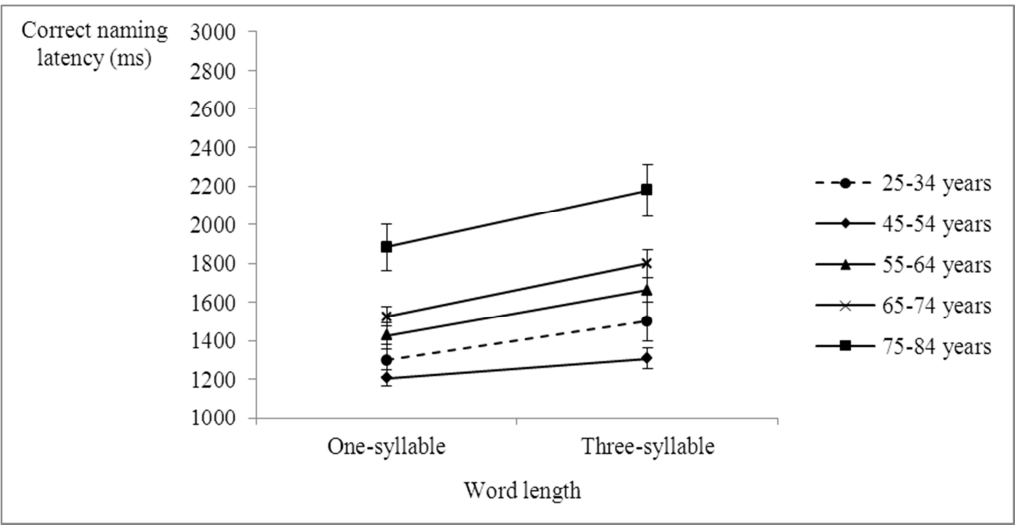
### 3.2.3. Word length effects

Because of very small word length effects for comparisons of mono- vs. bisyllabic words and bi- vs. trisyllabic items, only mono- and trisyllabic words were selected for analysis. Figure 4 shows the mean correct naming latencies for one- and three-syllable words in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84 age groups on the picture naming task.

The mixed ANOVA with a 5 (Age group: 25-34, 45-54, 55-64, 65-74, and 75-84) x 2 (Word length: one syllable, three syllables) cells performed on the log-transformed correct naming latencies on the picture naming task indicated significant differences between the 5 age groups,  $F(4,189) = 18.80$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .28$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) showed that the 25-34 and 45-54 age groups did not significantly differ, and that they responded faster than the 55-64, 65-74, and 75-84 age groups. The 55-64 and 65-74 age groups did not differ from each other. The 75-84 age group named the items significantly more slowly than the 4 younger groups. The effect of word length was significant,  $F(1,189) = 67.00$ ,  $MSE = .01$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2_p = .26$ , with one-syllable words being named faster than three-syllable words. However, the Age Group x Word Length interaction was not significant,  $F(4,189) = .70$ ,  $MSE = .01$ , *ns*. Thus, the results suggest that there were word length effects in each group on the picture naming latencies but that this effect was the same for each group.

Figure 4

Mean correct naming latencies for one- and three-syllable words on the picture naming task in the 25-34, 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 age groups



#### 4. Discussion

Age-related picture naming difficulties have been widely documented (e.g., Albert et al., 2009; Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Connor et al., 2004; Feyereisen, 1997; Goral et al., 2007; A. MacKay et al., 2002; Mariën, et al., 1998; Nicholas et al., 1998). These difficulties have been shown to begin in participants as young as in their 50s, or earlier, in their 40s (Connor et al., 2004; Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013). In a previous study conducted in our lab (Verhaegen & Poncelet, 2013), we found subtle naming difficulties in 50- to 59-year-old participants highlighted by longer correct picture naming latencies. Participants between 60 and 90 years of age showed both decreased accuracy and increased correct naming latencies, reflecting more apparent naming difficulties. Moreover, the results indicated that the age-related cognitive slowing did not entirely explain the slowing of picture naming latencies. Indeed, participants were presented an odd/even judgment

task, assessing cognitive processing speed. The slowing arose in participants in their 50s on the picture naming task and later, in participants in their 60s, on the odd/even judgment task. The slowing on the picture naming task highlighted in participants in their 50s remained significant even after controlling for response speed assessed with an odd/even judgment task. Verhaegen and Poncelet (2013) concluded that the slowing was specific to the picture naming task and assumed that this slowing was, at least in part, linguistic in origin.

The present study is an expansion of the previous study of Verhaegen and Poncelet (2013). A new set of participants were included, along with the participants who took part in this previous study. Our aim was to search for further evidence of a linguistic degradation that could account for age-related naming difficulties. We reasoned that if the slowing in the picture naming latencies in participants from 55 to 84 years of age is due to an age-related degradation within the language system, then we should see a difference in the effects of psycholinguistic variables such as word frequency, subjective AOA, and word length, which have been widely shown to affect language production capacities, on correct picture naming latencies.

Before analyzing the effects of these psycholinguistic variables, we had to confirm the presence of an age-related decline on picture naming and to highlight the age at which these difficulties arose. We analyzed performance of middle-aged participants from 45 to 54 and from 55 to 64 years of age and of older participants of 65 to 74 and of 75 to 84 years of age, in comparison with young 25-to-34-year-old control participants. Participants were presented a picture naming task. The results showed that 55- to 64-year-old participants named the pictures more slowly than 25- to 34-year-olds and 45- to 54-year-olds, who did not differ from each other. These results suggest the presence of subtle naming difficulties in participants between 55 and 64 years of age. The

age-related decline in naming appears to be more pronounced in participants aged 65 years and older, whose naming difficulties were highlighted both by a decrease in the mean percentage of correct responses and by longer correct naming latencies. Finally, in the 75-84 age group, the decline seems to have been greater than in the younger groups, with more naming errors and longer correct naming latencies. These results are consistent with the findings of many studies on picture naming difficulties in aging and confirm the presence of subtle naming difficulties in middle-aged participants from the age of 55 years (e.g., Albert et al., 2009; Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Connor et al., 2004; Feyereisen, 1997; Goral et al., 2007; A. MacKay et al., 2002; Mariën, et al., 1998; Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013). However, these results seem to indicate a later start to these difficulties than those of Connor et al. (2004) who reported a naming decline that began in participants in their 40s. In our study, 45- to 54-year-old participants did not name the pictures more slowly than young control participants between 25 and 34 years of age. As in Verhaegen and Poncelet (2013), slowed naming latencies in participants from 55 years of age were not entirely explained by a general cognitive slowing, assessed with an odd/even judgment task (Salthouse, 1996a). The slowing on the picture naming task began earlier in the lifespan (in the 55-64 age group) than the slowing on the odd/even judgment task (in the 65-74 age group). Importantly, the slowing of correct naming latencies arising in the 55-64 age group remained significant even when response latencies on the odd/even judgment task were controlled for using an ANCOVA. We hypothesized that the slowing on the picture naming latencies is at least partly linguistic in origin, and is due to degradation within the language system (Au et al., 1995, Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991, 2000; Burke & Shafto, 2004; Goral et al., 2007). Nevertheless, we also showed that slowing on the odd/even judgment task became significant in participants who were 65 or older, which leads us to assume that both general slowing and language-specific factors may explain the naming difficulties from this age range.

We thus analyzed the effects of psycholinguistic variables of word frequency, subjective AOA and word length on the participants' picture naming latencies. The results showed frequency effects only in the 55-64, 65-74, and 75-84 age groups, but not in the younger 25-34 and 45-54 age groups. The 55-64 age group is also the youngest age group in which we found subtle naming difficulties. These results thus seem to suggest that, when participants begin to experience difficulties naming words, even if these difficulties are subtle, their naming capacities are influenced by the frequency at which they have come across a word in the course of life, with words that have been retrieved more often being better protected from the aging process than those that have been retrieved less often.

These results are consistent with the findings of Burke and Laver (1990) and Spieler and Balota (2000), who found (greater) word frequency effects in their older participants from 65 years of age. In our study, however, we also found an increase in frequency effects in middle-aged participants from 55 to 64 years of age.

However, because the studies of Burke and Laver and of Spieler and Balota did not match their words on AOA, which correlates with word frequency, it could not be excluded that the frequency effects found in these studies were due to the age at which the words were acquired. Indeed, Morrison et al. (2003) found that the greater word frequency effects found in their older participants disappeared when AOA was controlled for. Therefore, in our study, in order to search for independent word frequency, subjective AOA and word length effects, each word list was matched for these 3 variables. Like Morrison et al. (2003), we found similar AOA effects in all of our age groups on picture naming latencies. However, contrary to these authors, the frequency effect showed a different pattern of evolution with age, and was

significant in our older groups of participants (from 55 years of age) but not in the younger ones (25-34 and 45-54 years).

As Newman and German (2005) pointed out, the fact that the effects of frequency and AOA change differently with age suggests that frequency effects are not driven solely by AOA. Indeed, if word frequency effects were AOA effects “in disguise”, then frequency and AOA should have been affected by aging in the same manner. The finding of a difference between these two effects suggests that these factors are independent, and is consistent with the findings of previous studies which came to the same conclusion in young or in older participants (Brysbaert, 1996; Ellis & Morrison, 1998; Newman & German, 2002, 2005). Moreover, the fact that the AOA effects were similar in all of our age groups leads us to interpret these results in the same way as Morrison et al. (2002), who argued that AOA effects are not the result of residence time in the language system, but are instead intrinsic properties of language representations, “which are fixed when those words are first learned and remain relatively unchanged thereafter” (p. 451). Indeed, if AOA effects were due to the differences in the time a word has resided in memory (i.e., how long a word has been known by the participant), and then effects of AOA would decrease with aging, as the difference in residence time between early- and late-acquired words reduces over time. But in the present study, AOA effects do not seem to have decreased with aging. Therefore, AOA effects seem to be more the result of when a word is learned, with words that are acquired earlier being named faster because their language representations have a greater level of activation than the words that are acquired later.

Finally, consistent with some authors, we found that word length affected naming performance both in young (e.g., Meyer et al., 2003; Santiago et al., 2000) and in older participants (e.g., Hodgson & Ellis, 1998), with one-syllable words being named faster than three-syllable words. Contrary to Le

Dorze and Durocher (1992) who reported that their older participants were more affected by length than their younger and middle-aged participants, the word length effect found in our study was similar for all age groups.

We would note here that the analyses of these effects have some limitations due to the design of the present study. First, in order to be able to match each word list on each of the three psycholinguistic variables, we used only 54 words. Therefore, these effects need to be confirmed with a larger set of words, in a more powerful design. Second, we analyzed subjective AOA effects. Although this measure correlates highly with objective AOA, it would have been of interest to analyze real objective AOA—that is, to assess children from 2 to 12 years of age and ask them to name the pictures, in order to clearly determine the age at which a name enters the childrens' vocabulary, as Ellis and Morrison (1998) and Hodgson and Ellis (1998) did. Moreover, regarding frequency analyses, in our study, we used word frequency measures that corresponded to an estimation of the word occurrence number for a corpus composed of subtitles of films and series (New et al., 2007). Dorot and Mathey (2010) suggested that such an estimation of word frequency was more appropriate for young participants than for older participants. By contrast, an estimation of word frequency based on the word occurrence number for a corpus consisting of novels (e.g., Content et al., 1990) is more appropriate for older participants but not for the younger ones. Dorot and Mathey showed that frequency was a better predictor of lexical decision latencies when the norms of frequency were adapted for the population. Therefore, it is possible that the frequency effects observed in our participants from 55 to 84 years of age would have been stronger if we had used norms of frequency based on novels (e.g., Content et al., 1990). However, it would have been less appropriate for our younger participants. Dorot and Mathey argued that 'subjective frequency' is a norm of frequency that is appropriate for both young and older participants. Subjective frequency is obtained by asking adults to estimate themselves the frequency with which they have encountered a given word. The

authors showed that subjective frequency was an important predictor of lexical decision latencies. Thus, it would have been of interest to analyze the subjective frequency effects on picture naming latencies in young and older participants in order to confirm the frequency effects obtained in the present study.

We thus hypothesize that the slower naming latencies experienced by participants in this study from 55 years of age is linguistic in origin. The effects of psycholinguistic variables have often been used to determine where in the language system naming difficulties arise (Mortensen et al., 2006). These results may thus be used to attempt to reason about the “location” of these picture naming difficulties within the language system. However, the attributions of these variables' effects to specific levels within the language system are still the subject of considerable debate. We will discuss such accounts below, but let us note here that the aim of this study was to explore whether psycholinguistic variables have a greater effect on picture naming latencies in older adults, and not to identify a locus of alteration responsible for these naming difficulties. Indeed, the results of this study do not allow us to choose between competing hypotheses.

First, regarding the loci of frequency and AOA effects, as noted above, frequency and AOA seem to be differently affected by the aging process. As Newman and German (2005) argued, although the question is still under debate (see, for instance, Ellis & Lambon-Ralph, 2000), these results suggest the possibility that these factors tap two distinct stages of language production processing, as reported in many studies (e.g., Belke et al., 2005; Bonin et al., 2003; Ellis & Morrison, 1998). Moreover, given that frequency affected only the picture naming latencies of participants from 55 to 84 years of age, whereas, AOA affected all age groups equally, it seems that the level at which

word frequency effects operate may be affected by aging, while the level at which AOA is located is not.

Word frequency effects have been often localized at the lexeme level (Jescheniak & Levelt, 1994; Levelt et al., 1999). Indeed, in their study of frequency effects in speech production, Jescheniak and Levelt reported that low-frequency homophones were produced as fast as high frequency homophones, suggesting that low-frequency homophones benefit from sharing the phonological level of high-frequency homophones. By contrast, they did not find frequency effects on an object recognition task or on a delayed word production task, assessing conceptual representations and articulatory components respectively. By a process of elimination, Jescheniak and Levelt concluded that frequency effects were located at the lexeme level.

However, other studies have called this localization into question (e.g., Bonin & Fayol, 2002; Caramazza, Costa, Miozzo, & Bi, 2001). For instance, Bonin and Fayol did not find homophone frequency effects on spoken word production, which led them to assume that the locus of the frequency effect is at the lemma level or at the connection between lemmas and lexemes.

The localisation of AOA effects is also very controversial. Most of the hypotheses situate AOA effects at the lexeme level. The reason for this attribution is that AOA effects have been found to fail to emerge on semantic classification tasks (e.g., Morrison et al., 1992) as well as on a deferred production task (e.g., Morrison & Ellis, 1995). These authors therefore rejected the view that this effect takes place at conceptual or sublexical levels, and situated AOA effects at the lexeme level.

By contrast, Brysbaert et al. (2000) found AOA effects on a semantic classification task and on a word-associate generation task designed to tap semantic capacities. They concluded that AOA effects could also originate at the conceptual level.

However, Barresi et al. (2000), Verhaegen and Poncelet (2013) reported semantic degradation in adults in their 70s. Given that the AOA effects in the present study did not seem to differ between our age groups, even in participants above 70 years of age, it seems that the lexeme (word-form) level may be preserved from age-related decline, at least to the extent that it determined performance on our picture naming task. Moreover, some authors (e.g., Meyer et al., 2003) situate length effects at the level of word form generation. If this is the case, given that all age groups present a length effect, it offers further evidence for a preservation of this level in the elderly. Therefore, if this level is preserved, then the greater frequency effects observed in participants from 55 to 84 years of age may instead be due to degradation at the lemma level or at the connection between lemma and lexeme levels.

However, as assumed by many connectionist and interactive activation conceptions, frequency and AOA effects are more widespread, and affect the entire language system (e.g., Dell, 1988; Hodgson & Ellis, 1998). According to Ellis and Morrison (1998), AOA and frequency nevertheless affect the language system differently. AOA is assumed to reflect differences in the characteristics of language representations themselves, while frequency is thought to affect the strength of the connections between them, which will influence lexical access. The assumption that frequency has an impact on the strength of connections is shared by the TDH (Burke & Shafto, 2004; Burke et al., 1991, 2000; Goral et al., 2007). In this model, frequently used connections are stronger than less frequently used ones, so high-frequency words are accessed faster. Moreover, according both to the TDH (see an explanation of Barresi et

al., 2000) and to other authors (e.g., Hodgson & Ellis, 1998), aging effects are also not confined to a single stage. These authors argue that aging diminishes the strength of the connections between all representations within the language system. Thus, taken together, these views mean that such a reduction could have more serious consequences for low frequency words, whose retrieval requires activation to pass along less used connection than high frequency words. That may explain why we found greater frequency effects in participants from 55 to 84 years of age.

Further studies are needed to clearly identify the underlying processes that explain the effects of these psycholinguistic variables with aging. Studies should explore the performance of older and middle-aged participants not only on picture naming but on various other tasks, such as, for instance, lexical decision tasks, semantic tasks, or homophone naming tasks.

We would note here that, although we hypothesized that the slowing on the picture naming task is due to age-related language degradation, other variables, such as visual complexity or an age-related slowing in visual perception, may have played a role in the slowing of the picture naming latencies in participants from 55 to 84 years of age. In order to exclude the possibility that perceptual variables could have accounted for the age-related slowing in picture naming latencies, it would have been of interest to add a perceptual control condition and to better control the pictures' visual complexity.

In conclusion, we found picture naming difficulties in adults between 55 and 84 years of age. These difficulties are highlighted by an increase in picture naming latencies in participants in this age range. This slowing remained significant after controlling for speed of responding on the odd/even judgment task. Although non-linguistic factors may have contributed to the

results obtained here, we argue that naming difficulties in these participants are likely language-specific, at least in part. This view is supported by our findings of greater frequency effects on picture naming latencies in participants from 55 to 84 years of age in comparison to younger participants. By contrast, AOA and word length appear to have affected all age groups in the same way. Future studies should explore the underlying cognitive processes that explain picture naming difficulties in normal aging, as well as identifying the localisation of the potentially greater variable effects, while comparing participants from 45 years of age, or even somewhat younger, onward.

## **Acknowledgements**

Support for this research was provided by the University of Liège (doctoral fellowship for fields not eligible for FRIA). We would like to thank Cécile Cambie, Anne-Laure Giraudet and Oriane Leroux for their contributions to data collection. There are no conflicts of interest affecting this manuscript.

## Etude 3

# The impact of aging and hearing status on verbal short-term memory

---

Clémence Verhaegen, Fabienne Collette, and Steve Majerus

*Aging, Neuropsychology, and Cognition* (2013)

### Abstract

The aim of this study is to assess the impact of hearing status on age-related decrease in verbal short-term memory (STM) performance. This was done by administering a battery of verbal STM tasks to elderly and young adult participants matched for hearing thresholds, as well as to young normal-hearing control participants. The matching procedure allowed us to assess the importance of hearing loss as an explanatory factor of age-related STM decline. We observed that elderly participants and hearing-matched young participants showed equal levels of performance in all verbal STM tasks, and performed overall lower than the normal-hearing young control participants. This study provides evidence for recent theoretical accounts considering reduced hearing level as an important explanatory factor of poor auditory-verbal STM performance in older adults.



## 1. Introduction

Short-term memory (STM) decline in older adulthood has been well documented (e.g., Bopp & Verhaeghen, 2005; Hale et al., 2011; Maylor et al., 1999). The present study assesses the role of auditory-sensory status as an explanatory factor of poor STM in older adults, and this specifically in the auditory-verbal modality. Most of previous research related STM decline to multiple cognitive factors such as a slowed speed of processing (e.g., Salthouse, 1996b), a lack of inhibitory control (e.g., Persad et al., 2002), increased sensitivity to interference (e.g., Oberauer & Kliegl, 2001), or context-item binding deficits (e.g., Oberauer, 2005). However, the role of sensory variables such as hearing status on cognitive performance was often given no consideration. Surprenant (2007) noted that, although one-third of adults above 70 years of age have a significant hearing loss and that almost 100 percent of the elderly have some mild hearing loss (e.g., Cruickshanks et al., 1998), less than 25 percent of researchers investigating cognitive aging have considered auditory acuity as a factor in their experiments. This comment is particularly crucial for verbal STM tasks, which typically consist in the auditory presentation of lists of verbal items for immediate serial recall.

A number of studies have shown a strong association between sensory status and cognitive functioning such as the seminal studies by Lindenberger and Baltes (Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994; Lindenberger & Ghisletta, 2009). The authors observed strong correlations between vision and hearing status and cognitive functioning, including measures of STM capacities, with correlations increasing with age (however, see Rönnberg et al. (2011) who did not showed such a correlation).

By contrast, a great number of authors indicated that hearing loss may directly interfere with STM performance (Baldwin & Ash, 2011; Cervera et al.,

2009; McCoy et al., 2005; Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller et al., 1995; Rabbit, 1991; Schneider & Pichora-Fuller, 2000; van Boxtel et al., 2000). McCoy et al. (2005) and Rabbit (1991) showed that elderly participants with mild auditory impairment recalled fewer words than elderly participants without hearing loss. In order to distinguish the effects of hearing loss from the effects of aging on STM performance, some authors simulated the effect of age-related hearing loss on younger participants STM performance by lowering the auditory output level during stimulus presentation (e.g., Baldwin & Ash, 2011) or by adding a background noise to the presentation of memoranda (e.g., Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller et al., 1995). Baldwin and Ash showed that both young and older participants recalled fewer items for items presented at lower auditory amplitude. Moreover, Murphy et al. as well as Pichora-Fuller et al. indicated that recall performance decreased for both young and older participants when a background noise was added. At the same time, the manipulations used in the aforementioned studies did not remove the age effects in the STM tasks. Pichora-Fuller et al., however, further showed that when presenting items visually on a verbal STM task, no age differences were observed. Although visual and auditory STM tasks may differ on a number of dimensions (presentation speed, perceptual analysis speed, sequential versus simultaneous item processing), these results suggest that auditory impairment may explain age-effects on STM performance to some extent. The studies by Cervera et al. (2009) and van Boxtel et al. (2000) further suggested a role of auditory impairment in age-related STM decline: they observed that age-related differences on STM performance became non-significant when controlling for hearing thresholds via statistical procedures such as analyses of covariance or partial correlations.

A stronger and more direct test of the importance of hearing loss as an explanatory factor of age-related STM decline would however be the comparison of young and elderly participants directly matched for hearing level. The advantage of this procedure is that no experimental manipulation of

stimulus audibility is needed and that the impact of hearing status on STM performance can be determined directly rather than indirectly via statistical control procedures. This was the aim of the present study by comparing elderly participants with a reduced hearing level to young adult participants matched for hearing level, as well as to young adult participants with no reduced hearing level. To our knowledge, a few studies have used this approach while exploring memory tasks. In the study of Wingfield et al. (2006), young and older participants matched for hearing thresholds were presented an auditory comprehension task of syntactically simple short sentences. The authors showed that both groups performed equally and performed overall lower than young and elderly participants with normal hearing levels, indicating thus that hearing status may be an important explanatory factor of age-related drop in auditory-verbal cognitive tasks. However, although STM abilities are likely to be involved in the sentence comprehension task used by Wingfield et al., this study does not yet directly demonstrate that age-related STM decline is related to age-related hearing loss.

Tun et al., (2009) compared old mildly auditory impaired participants to young hearing-matched participants on an auditory serial recall task of words. On this task, the participants were asked to count aloud by threes during a 30s-delay. The authors observed that the young participants still outperformed the older participants. However, the persistence of age effects in this study is difficult to interpret. First, the use of a secondary task during the maintenance delay will recruit additional executive processes during task processing which are known to be impaired in elderly participants (e.g., Brink & McDowd, 1999; Gaeta et al., 2001; Kane et al., 1997; Milham et al., 2002). Second, given that the participants had to retrieve the words after a 30-s delay, it is likely that this task has already recruited episodic long-term memory. For example, Öztekin et al. (2010) examined neural activation during a 12-item probe-recognition task and observed that the hippocampus, involved in episodic memory processes, was activated for retrieval of all serial positions

except for the most recent ones. Age-related episodic memory difficulties have been widely documented (Balota et al., 2000; Burke & D.G. MacKay, 1997; Rönnerberg et al., 2011) and may have played a role in the results obtained in the study of Tun et al.

In the present study, we used standard immediate serial recall and reproduction tasks for auditorily presented verbal information probing specifically and directly auditory short-term retention abilities, by avoiding any contamination by concurrent executive processing demands. These 'passive' immediate serial recall tasks used here simply required the decoding and short-term maintenance of auditorily presented memoranda, and at the executive level of processing required simple attentional focalization processes which are known to be preserved in elderly populations (Oberauer, 2001). We also tried to minimize the intervention of episodic memory processes by testing recall immediately after list presentation. Finally, in order to control for the possibility that impaired performance in hearing impaired groups could be simply explained by the fact that items were misperceived during encoding, we further assessed online phonological processing via a speeded single nonword repetition task with low STM load.

## **2. Method**

### **2.1. Participants**

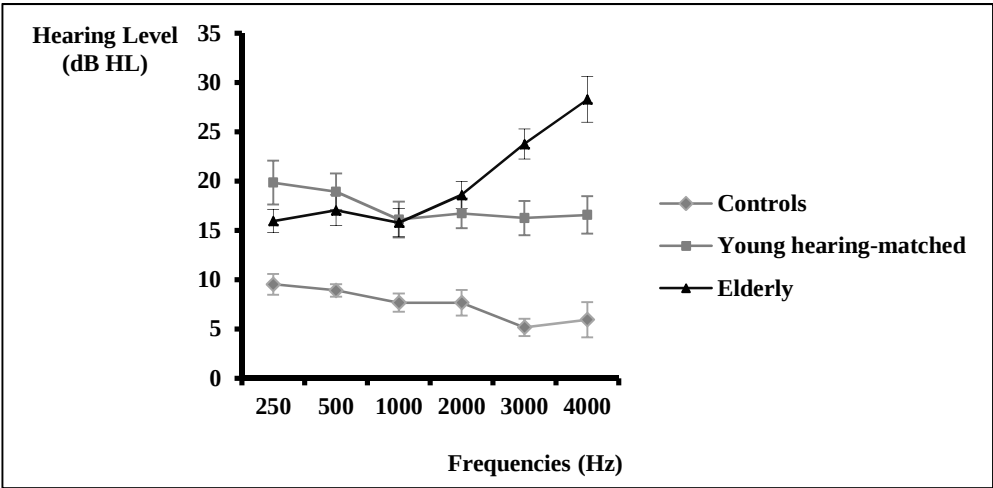
Three groups of participants took part in this study: (1) 16 elderly adults (mean age = 69.94 years;  $SD = 5.56$ ), (2) 16 young adults with a reduced hearing level (mean age = 25.17 years;  $SD = 5.47$ ), matched to the elderly for auditory threshold and (3) 16 young adult control participants with normal hearing status (mean age = 24.15 years;  $SD = 1.39$ ). All participants were

recruited from local community via announcements. Because our aim was to directly assess the effects of hearing status on verbal STM performance, we aimed at matching young and older participants on hearing thresholds. First, we began by selecting young participants with and without reduced hearing levels. Their auditory acuity was measured via pure-tone audiometry for 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 Hertz (Hz) frequency tones presented to the right and left ear. Young participants were assigned to one of the two young adult participant groups depending on hearing status; young participants were screened until a sufficient number of participants for each group was reached, following a 'first come first served' principle. Then we selected older participants who were matched with the mildly hearing impaired young participants for hearing thresholds, meaning that older participants with more severe hearing loss than the young participants with reduced hearing levels were excluded from participation to this study. Bilateral mean pure-tone audiometry thresholds and standard deviations per frequency, i.e., 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 Hz are presented in Table 1. We performed a mixed ANOVA with a 3 (group: young adult controls, young adults with a reduced hearing level, older adults) by 6 (frequency: 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 Hz) analysis design. This analysis revealed a significant group effect,  $F(2,45) = 41.67$ ,  $MSE = 105.76$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .65$  and a significant frequency effect,  $F(5,225) = 3.26$ ,  $MSE = 25.89$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2 = .07$ . The group x frequency interaction was also significant,  $F(10,225) = 209.61$ ,  $MSE = 25.89$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .26$ . For all frequencies, the planned comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the young control participants differed significantly from the young participants with a reduced hearing level (at 250 Hz,  $\eta_p^2 = .32$ ; at 500 Hz,  $\eta_p^2 = .35$ ; at 1000 Hz,  $\eta_p^2 = .28$ ; at 2000 Hz,  $\eta_p^2 = .42$ ; at 3000 Hz,  $\eta_p^2 = .40$  and at 4000 Hz,  $\eta_p^2 = .23$ ) and from the elderly participants (at 250 Hz,  $\eta_p^2 = .15$ ; at 500 Hz,  $\eta_p^2 = .26$ ; at 1000 Hz,  $\eta_p^2 = .26$ ; at 2000 Hz,  $\eta_p^2 = .50$ ; at 3000 Hz,  $\eta_p^2 = .65$  and at 4000 Hz,  $\eta_p^2 = .58$ ). By contrast, the young participants with a reduced

hearing level and the older participants were matched for the all frequencies up to 2000 Hz (at 250 Hz,  $\eta_p^2 = .06$ ; at 500 Hz,  $\eta_p^2 = .02$ ; at 1000 Hz,  $\eta_p^2 = .001$  and at 2000 Hz,  $\eta_p^2 = .02$ ) except for the highest frequencies of 3000 Hz,  $\eta_p^2 = .23$  and of 4000 Hz,  $\eta_p^2 = .27$ . Figure 1 displays mean bilateral auditory thresholds as a function of participant group and tone frequency.

Figure 1

Both ears' mean pure-tone audiometry thresholds at 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 Hz of the young control group (controls), the young hearing-matched group (young hearing-matched) and the elderly group (elderly)



Given that the frequencies necessary for phoneme perception are generally situated below 3000 Hz (Delattre, Liberman, & Cooper, 1955; Raphael, 2005), the two groups with reduced hearing level were matched for those frequencies which are the most involved in language comprehension and therefore also in processing of the auditory-verbal items used in the STM tasks.

Mean pure-tone audiometry thresholds (PTAs) for 500, 1000 and 2000 Hz were 17.13 dB HL ( $SD = 4.61$ ) and 17.24 dB HL ( $SD = 6.27$ ) for the old and the young hearing-matched participants respectively. This shows that the older and young adults with hearing loss showed relatively mild hearing impairment, given that clinical hearing loss is typically situated in the 25-30 dB HL range (McCoy, et al., 2005). The group of older participants may be considered, to some extent, as a special group with relatively good hearing capacities in comparison to an average elderly population but the experimental approach of this study required the matching of young and older participants on hearing thresholds, leading to the selection of elderly participants with less severe hearing impairment. Importantly, the hearing levels of the elderly participants recruited in this study are comparable to those of the participants typically recruited in previous studies exploring and showing significant age effects on cognition, and hence it is particularly relevant to explore the role of this relatively mild hearing loss as a potential explanatory variable of the age effects observed in auditory-verbal cognitive tasks (Borella, Carretti, & De Beni, 2008; Peters et al., 2009; Van der Linden et al., 1999).

None of the participants wore a hearing aid. Indeed, in this study, we aimed at analyzing the impact of reduced hearing level on STM performance in natural conditions, without any hearing improvement via hearing aids. A number of studies (e.g., Lunner, 2003, see also the discussion of Hoi Ning Ng et al., 2013) have suggested that correction of hearing loss with hearing aids improves cognitive performance. Moreover, Wingfield et al. (2006) discussed that two out of three elderly adults with hearing loss do not use hearing aids. We assumed that choosing participants without hearing aid would be more representative of the average elderly population. Finally, given that the participants' mean PTAs were within the normal range, the participants, especially the younger ones, did not feel the need to wear hearing aids because they were not conscious of having reduced hearing levels.

In order to rule out any differences in educational level, we retained, for all groups, only participants with undergraduate level of education and a total of 12 to 15 years of education.

The young participants with and without reduced hearing level further had to be matched for verbal knowledge and reasoning abilities. This was controlled via the French version of the Mill Hill synonym judgment test (Deltour, 1993). The ANOVA indicated a significant effect of group,  $F(2,45) = 5.51$ ,  $MSE = .004$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2 = .20$  and the planned comparisons ( $p < .05$ ) showed no significant difference in verbal scores between the two young groups,  $\eta_p^2 = .001$ . However, as could be expected, the comparisons ( $p < .05$ ) also indicated that the elderly group showed higher verbal scores than the young control participants,  $\eta_p^2 = .15$ , and the young participants with a reduced hearing level,  $\eta_p^2 = .16$  (e.g., Verhaeghen, 2003). All participants were native French speakers. Participants had normal or corrected-to-normal vision. No participant showed a history of neurological, neuropsychological, psychiatric disorders or medication use that could have impaired their performance. In elderly participants, we also controlled for senile dementia, by requiring all participants to show performance above the cut-off score of 130/144 on the Mattis Dementia Rating Scale (Schmidt, et al., 1994). Finally, cognitive processing speed was assessed via a speeded sound classification task for high- (2000 Hz) and low-pitched (500 Hz) tones. As expected, a significant group effect,  $F(2,45) = 3.88$ ,  $MSE = .008$ ,  $p < .05$ ;  $\eta_p^2 = .15$ , was observed and the planned comparisons ( $p < .05$ ) showed that the elderly participant group were slower than the young controls participants,  $\eta_p^2 = .12$ , and from the young participants with a reduced hearing level,  $\eta_p^2 = .10$  (e.g., Salthouse, 1996a). Demographic and statistical data are summarized in Table 1.

Table 1

Demographic data and hearing thresholds (mean and standard deviations) of the three groups

| Variable                                  | Young controls | Young hearing-matched | Elderly         |
|-------------------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|
| Number of participants                    | 16             | 16                    | 16              |
| Mean age (years)                          | 23.31 (1.25)   | 24.87 (2.66)          | 69.66 (5.64)    |
| Gender (M/F)                              | 6/10           | 5/11                  | 5/11            |
| Pure-tone Thresholds (dB HL) <sup>a</sup> |                |                       |                 |
| 250 Hz                                    | 9.53 (4.21)    | 19.84 (8.92)          | 15.94 (4.73)    |
| 500 Hz                                    | 8.91 (2.58)    | 18.91 (7.41)          | 17.03 (6.21)    |
| 1000 Hz                                   | 7.66 (3.70)    | 16.09 (7.24)          | 15.78 (5.75)    |
| 2000 Hz                                   | 5.47 (5.18)    | 16.72 (6.04)          | 18.59 (5.40)    |
| 3000 Hz                                   | 5.16 (3.47)    | 16.25 (6.95)          | 23.75 (6.12)    |
| 4000 Hz                                   | 5.94 (7.18)    | 16.56 (7.63)          | 28.28 (9.30)    |
| Mill Hill (Z-scores)                      | - 0.28 (1.00)  | - 0.34 (0.74)         | 0.62 (0.99)     |
| Processing speed (ms)                     | 395.64 (80.18) | 398.47 (62.14)        | 475.41 (110.94) |

<sup>a</sup> Bilateral mean pure-tone audiometry thresholds

## 2.2. Materials

### 2.2.1. STM tasks

#### 2.2.1.1. Immediate serial recall of words

A first task assessed immediate serial recall for auditorily presented word lists of increasing length. This task has been widely used in the STM literature. The task used here was adapted from Majerus and Van der Linden (2003) and was comprised of 84 high frequency words with a consonant-vowel-consonant (CVC) structure (> 200 occurrences per million; Content et al., 1990); the stimuli were presented in sequences ranging from 1 to 6 items, with 4 trials per sequence length. The sequences had been recorded by a female speaker in a sound attenuating room at the rate of one item per second, stored on computer disk, and were presented in ascending order via headphones connected to a PC. The headphones were circumaural headphones, attenuating ambient noise. The items were presented at a comfortable hearing level (70 dB SPL) frequently chosen in auditory verbal STM experiments (e.g., Majerus & D'Argembeau, 2011; Tun et al., 2009). At the end of each trial, the participants were asked to recall the words within their order of presentation. High frequency words were used in order not to disadvantage young participants who typically have lower vocabulary knowledge, especially for low frequency words, as compared to elderly participants. We computed the proportion of words recalled in correct serial position by pooling over trials and sequence lengths.

### 2.2.1.2. *Immediate serial recall of phonologically similar and dissimilar words*

A second immediate serial recall task contrasted lists with phonologically similar and dissimilar words. The task was adapted from et al. (2004) and was comprised of 8 phonologically dissimilar and 8 phonologically similar words, randomly assigned to auditory sequences ranging from 2 to 8 items, presented in ascending order, with 4 trials per sequence length. The same 8 phonologically similar and dissimilar words were presented throughout the task. The phonologically similar words differed only by the onset phoneme (e.g., “roi”, “loi”, “bois”, meaning king, law, wood, respectively). All words were of moderate lexical frequency (from 30 to 75 occurrences per million; Baudot, 1992) and matched for imageability (Coltheart, 1981). Presentation and recall procedures were the same as for the other immediate serial recall task. We computed the proportion of words recalled in correct serial position as a function of phonological similarity condition, by pooling over trials and sequence lengths within each condition.

This task allowed us to study the presence of a phonological similarity effect that could affect the participants' performance in several ways. First, the words in the similar list condition may lead to greater within-list item confusions in the two hearing-impaired groups. Second, the high phonological neighborhood of the items in the phonologically similar condition may increase within-list item confusions for all participants; partial phonological activation being sufficient to activate all items located in a dense phonological neighborhood.

### *2.2.1.3. Digit serial order reconstruction*

A final STM task was an adaptation of standard auditory digit span tasks, by focusing more specifically on the retention of serial order information, another critical component of auditory STM. This task consisted of the auditory presentation of digit sequences by increasing length (6 to 9 digits), with 6 trials per sequence length (Majerus, Poncelet et al., 2008). Recording and presentation procedures of the stimuli were the same as for the preceding tasks. At the end of each trial, the participants were given cards on which the digits presented during the sequence were printed (cards were given in numerical order); participants had to sort the cards according to their order of presentation, by ordering them on the desk from left to right. The proportion of digits and positions correctly reconstructed was determined. In order to maximize serial order processing and to minimize item processing during retrieval, item information was given to the participants by providing cards with the digits presented in the lists, ensuring that only serial order information had to be reconstructed (Brock & Jarrold, 2005; Majerus, Leclercq, et al., 2009; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Poncelet et al., 2008).

### *2.2.2. Speeded nonword repetition*

A final task assessed participants' online phonological processing abilities in order to control for the impact of hearing status on identification and access to sublexical phonological information. This task consisted in the repetition of 20 single nonwords, each nonword being presented only once. The participants were asked to repeat each single nonword immediately after its presentation, which required a minimal STM load. In order to avoid lexical reconstruction, the nonwords were constructed to be distant from French phonological structures by selecting phoneme co-occurrences of low

phonotactic frequency according to the phonetic database of French by Tubach and Boë (1990). All items had a bisyllabic CVC-CVC structure and had been prerecorded by a female speaker in a sound attenuating room. The items were presented via circumaural headphones connected to a PC and presented at 70 dB SPL. We determined the proportion of items correctly recalled.

### 2.3. Procedure

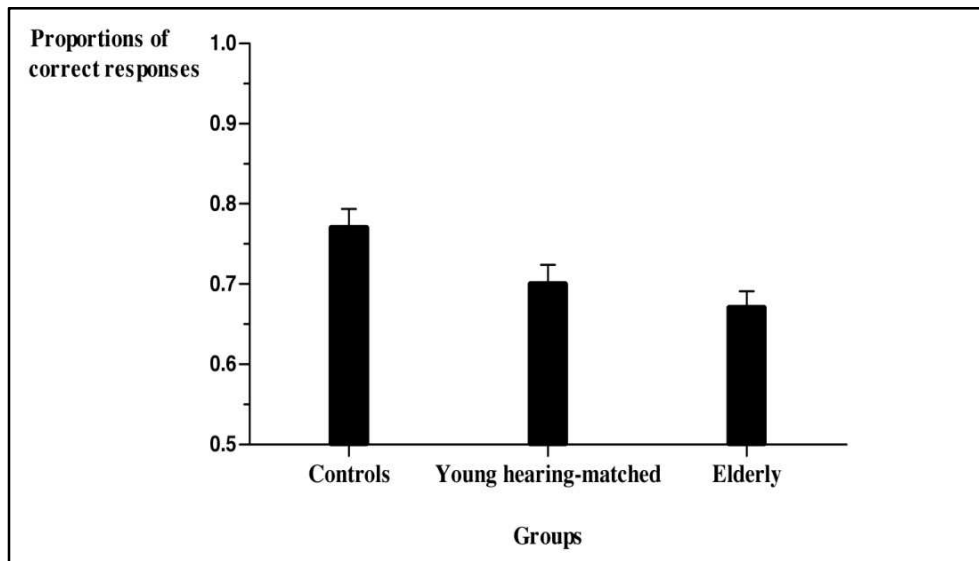
Participants were tested individually in a quiet room in a single session. The different tasks were administered in random order.

## 3. Results

For word ISR, the ANOVA showed a significant difference between the three groups,  $F(2,45) = 5.60$ ,  $MSE = .01$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2 = .20$ . Planned comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the young control participants performed higher than the young participants with a reduced hearing level,  $\eta_p^2 = .09$ , and the elderly participants,  $\eta_p^2 = .19$ , which did not differ from each other,  $\eta_p^2 = .03$ . Figure 2 presents the results for each group (controls, young hearing-matched and older participants) on the word immediate serial recall (ISR) task.

Figure 2

Performance on the ISR of words in the young control group (controls), the young hearing-matched group (young hearing-matched) and in the elderly group (elderly)

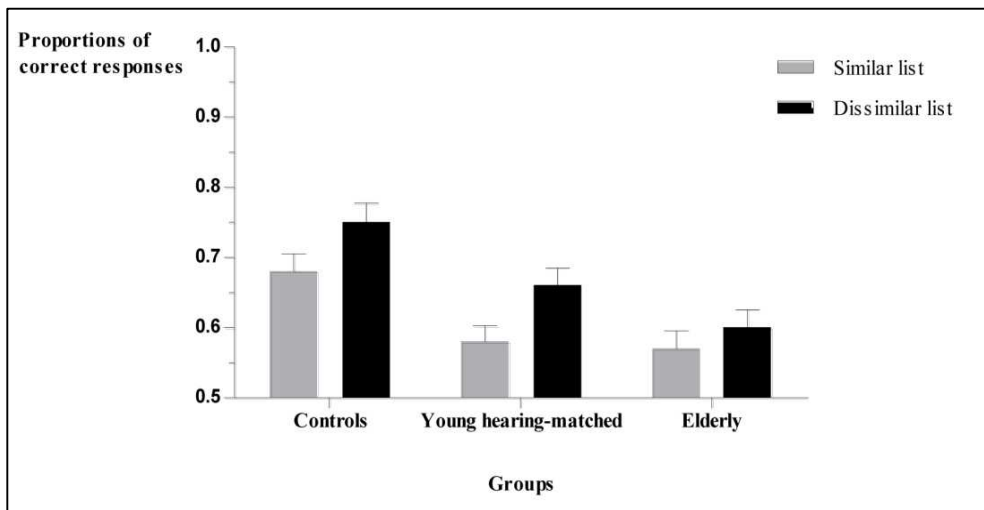


On ISR for phonologically similar and dissimilar word lists, we performed a mixed ANOVA with 3 (group: young adult controls, young adults with a reduced hearing level, older adults) x 2 (list: similar word list, dissimilar word list) cells. The analyses revealed a significant group effect,  $F(2,45) = 8.42$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .27$  (see Figure 3). For the similar word list condition, planned comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the control participants showed higher performance than the young adult participants with a reduced hearing level,  $\eta_p^2 = .15$ , and the elderly participants,  $\eta_p^2 = .18$ , but that there was no significant difference between the young adults with reduced hearing level and the older participants,  $\eta_p^2 = .002$ . Similarly, for the dissimilar condition, planned comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the young participants with reduced hearing level and the elderly participants did not significantly differ from each other,  $\eta_p^2 = .06$ , and both performed at lower levels than the adult

control participants (young participants with a reduced hearing level vs. controls,  $\eta_p^2 = .11$ ; elderly participants vs. controls,  $\eta_p^2 = .26$ ). The list effect was also significant,  $F(1,45) = 18.95$ ,  $MSE = .004$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .30$ , performing being better in the dissimilar condition than in the similar condition all groups confounded. The group  $\times$  list interaction was not significant,  $F(2,45) = 1.30$ , *ns*. Although we initially predicted that participants with a reduced hearing level may be more affected by phonologically similar items, the results showed that the phonological similarity effect was the same for the three groups, but that reduced hearing status led to poorer performance for both stimulus conditions. These results may be explained by several factors. First, the absence of an interaction could be related to the dense phonological neighborhood of items in the phonologically similar condition that may have facilitated activation of both target items and phonologically similar items, and this even for initial partial phonological activations, leading to similar effects in both normal hearing participants and participants with reduced hearing levels. Second, the fact that we used closed lists of items for both the similar and the dissimilar conditions, may have led to enhanced stimulus confusability in terms of between-list intrusions in both similar and dissimilar conditions, and this for all groups.

Figure 3

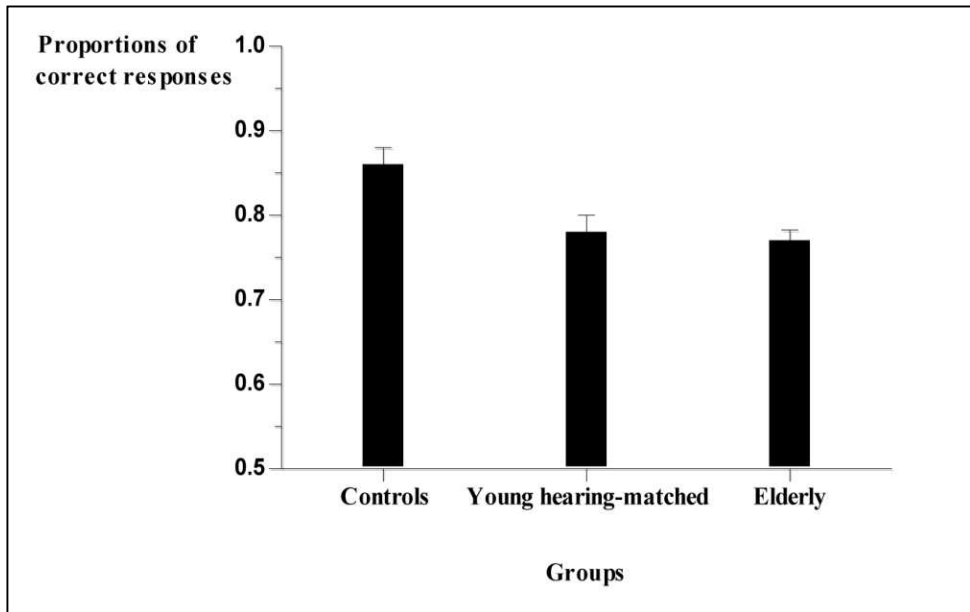
Performance on the and ISR of phonologically similar and dissimilar words in the young control group (controls), the young hearing-matched group (young hearing-matched) and in the elderly group (elderly)



On the digit serial order reconstruction task, the ANOVA revealed a significant difference between the three groups,  $F(2,45) = 7.55$ ,  $MSE = .005$ ,  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .25$  (see Figure 4). Planned comparisons ( $p < .05$ ) again indicated that the control participants performed higher than the young adult participants with a reduced hearing level,  $\eta_p^2 = .17$ , and the elderly participants,  $\eta_p^2 = .22$ , which did not differ from each other,  $\eta_p^2 = .006$ .

Figure 4

Performance on the serial order reconstruction task in the young control group (controls), the young hearing-matched group (young hearing-matched) and in the elderly group (elderly)



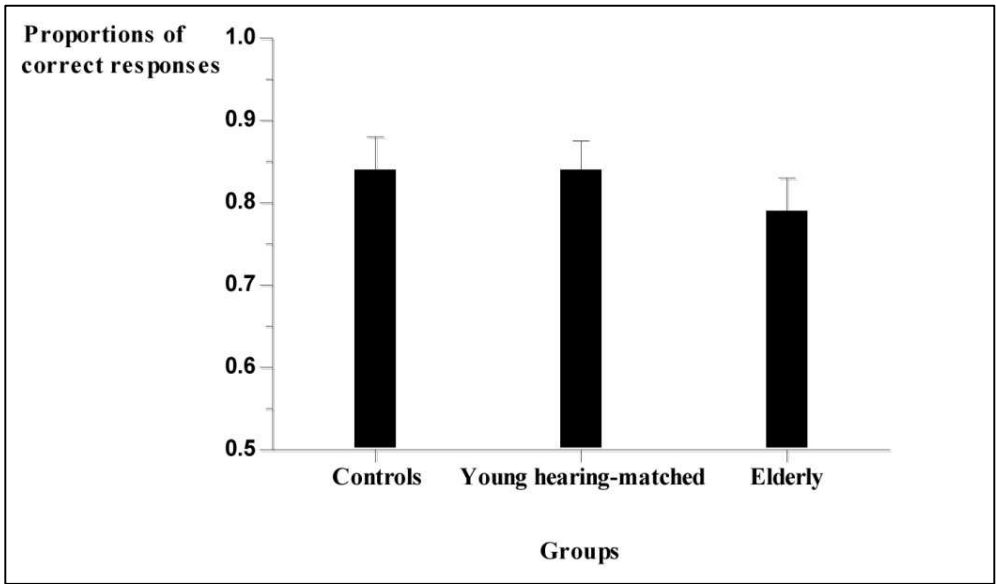
Finally, on the speeded nonword repetition task<sup>2</sup>, assessing the impact of hearing status on perceptual and phonological identification outside a STM context, the ANOVA did not show any significant group effect,  $F(2,45) = .43$ , *ns* (see Figure 5).

---

<sup>2</sup> For the pure-tone audiometry and the speeded nonword repetition tasks, the assumption of normality was not met for score distributions. Therefore, the analyses were also run using nonparametric Kruskal Wallis tests, leading to an identical outcome of results.

Figure 5

Performance on the speeded nonword repetition task in the young control group (controls), the young hearing-matched group (young hearing-matched) and in the elderly group (elderly)



## 4. Discussion

Although verbal STM is most frequently measured using auditory presentation of memoranda and that a majority of the elderly population have some mild auditory loss (Surprenant, 2007), very few studies have considered the importance of auditory status on auditory STM performance in aging. Previous studies indirectly showed that age-related performance decrement in auditory-verbal STM tasks can be at least partially accounted for by hearing status, via statistical control of hearing levels or experimental control of the audibility of memoranda by lowering the level of the presentation of the items or by adding a background noise during the presentation of the items (Baldwin

& Ash, 2011; Cervera et al., 2009; Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller et al., 1995; van Boxtel et al., 2000). In the present study, we performed a direct and simple test of the impact of reduced hearing level on STM performance, by comparing STM capacities of elderly participants with a reduced hearing level to young adult participants, matched for hearing threshold on the frequencies relevant for speech processing. Moreover, this matching procedure allowed us to directly test the importance of hearing loss as an explanatory factor of age-related STM decline in 'natural' conditions, i.e., without using any sound amplification. Indeed, given that the aim of our study was precisely to explore the impact of reduced hearing levels on auditory-verbal STM performance, it would have been counterproductive in this study to increase hearing levels in the hearing-reduced participants. More generally, a number of studies have already shown that such amplifications improved participants' STM performance (e.g., Baldwin & Ash, 2011; Heinrich & Schneider, 2011; Lunner, 2003).

We observed that elderly participants and hearing-matched young participants showed equal levels of performance in all verbal STM tasks, and performed overall lower than the normal-hearing young control participants. These results suggest that reduced hearing levels are an important explanatory factor of reduced STM performance, and account for a significant part of age-related difficulties in STM performance, at least for passive auditory immediate serial recall tasks as used in the present study. These findings are critical when interpreting age-related effects on verbal STM performance. Indeed, elderly participants may show lower STM performance which is often interpreted as being due to age-related cognitive decline while an important part of this lower performance is actually due to reduced auditory capacities. Moreover, the mean PTAs of the young and older participants with reduced hearing level indicate that their hearing difficulties fall within the normal range. Thus, the present results show that even a relatively mild reduction of hearing thresholds still outside the pathological range already leads to lower STM

performance. This statement is especially noteworthy for the older participants recruited in the present study. Indeed, most of past studies exploring age effects on auditory-verbal STM performance controlled for hearing status by excluding participants with pathological hearing thresholds ( $> 25$  dB HL), but these studies are likely to have included elderly participants with more mildly reduced hearing thresholds as the participants recruited for the present study (e.g., Borella et al., 2008; Peters et al., 2009; Van der Linden, et al., 1999). This means that the age effects observed on auditory-verbal STM performance in previous studies may in fact be related to subtle hearing impairment, as suggested by the result of the present study. Indeed, in this study, the differences on STM tasks between our subtly hearing-impaired older participants and the young hearing-matched participants were rather minimal.

The present data do not allow us to define the underlying mechanisms that explain this direct impact of hearing status on auditory-verbal STM performance and further studies are needed to explore these mechanisms. The results, however, allow us to advance some hypotheses. Firstly, because the young participants with hearing difficulties displayed the same level of STM performance as the elderly participants, the hypothesis of an age-related neural degeneration is not supported by the present data (Baltes & Lindenberger, 1997; Humes & Floyd, 2005; Lindenberger & Baltes, 1994): age-related neural degeneration obviously cannot be invoked to explain the poorer STM performance in our young hearing-matched participants. A second possibility is that reduced hearing levels lead to poorer perception and to impoverished perceptual representations of items during presentation, resulting in inaccurate and noisy encoding of representations in STM (Lindenberger & Baltes, 1994; Murphy et al., 2000). At the same time, we controlled for this possibility by administering a speeded nonword repetition task with minimal STM load: the identical performance levels for the three groups on this task indicate that reduced hearing levels in the hearing-reduced participant groups were not sufficiently severe to lead to misperceptions of

target stimuli. This is also in line with a number of studies showing that individuals with hearing impairment may present decreased auditory-verbal STM performance while being able to correctly perceive auditory-verbal information (McCoy et al., 2005; Pichora-Fuller, 2003; Pichora-Fuller et al., 1995; Rabbit, 1968, 1991; Wingfield et al., 2005).

An alternative hypothesis has been proposed, considering that mildly impaired hearing levels do not prevent accurate encoding of auditory information in most cases, but require higher attentional efforts to achieve perceptual success (McCoy et al., 2005; Piquado et al., 2010; Rabbit, 1968, 1991; Wingfield et al., 2005). This is particularly likely in the case of the present study, where participants showed mildly reduced, but not pathological hearing thresholds. This greater involvement of attentional processes during auditory decoding will have a direct impact on auditory-verbal STM performance, since attentional processes define the bottleneck of STM performance. Many studies have shown that controlled and selective attention are critical determinants of STM performance, and recent theoretical models of STM consider that attention is needed to maintain items in an activated state until recall (Cowan, 1995; Majerus & D'Argembeau, 2011; Oberauer, 2002). It has been shown that this is not only the case for complex storage-and-processing memory tasks (typically referred to as working memory tasks) but also for more 'passive' STM tasks, such as the immediate serial recall tasks used in the present study (Majerus et al., 2012; Majerus, Heiligenstein et al., 2009). Therefore, if attentional resources are already allocated to auditory decoding of input information, then less attentional resources will be available for STM encoding and maintenance, leading to lower STM performance in individuals with a reduced hearing level, whether old or young.

We should note here some limitations in the methods of the speeded nonword repetition task. The fact that both groups with reduced hearing levels

did not differ from the young normal hearing control group on the speeded nonword repetition task indicates that the three groups were able to correctly repeat phonologically complex information and led us to assume that the items were well perceived by all participants. However, we cannot dismiss the possibility that the nonwords may nevertheless have been more effortful to identify and process in the groups with reduced hearing levels (Tun, Benichov, & Wingfield, 2010). An analysis of response latencies would have been informative here since the hypothesis of a greater recruitment of attentional resources during auditory decoding predicts a slowing of auditory decoding during nonword processing. Although this slowing would have been difficult to interpret in the elderly group, due to more generalized cognitive slowing and slowed articulation speed (e.g., Maylor et al., 1999; Salthouse, 1996b), it would have been interesting to observe slowed nonword repetition performance also in the young group with reduced hearing levels.

Finally, the present study does not imply that there are no hearing-independent age effects on STM performance at all. When using passive STM tasks in hearing-matched participant groups, we show in the present study that age effects disappear. It is however likely that these effects re-appear if using STM/working memory tasks with higher executive processing load since executive processes are known to be impaired more generally in elderly people (e.g., Brink & McDowd, 1999; Gaeta et al., 2001; Kane et al., 1997; Milham et al., 2002). In line with this assumption, Tun et al. (2009) observed independent age and hearing status effects on immediate memory tasks with both storage and processing components.

To conclude, the present study shows that hearing status is an important determining factor of auditory-verbal STM performance, accounting for a significant part of the age differences commonly observed in standard

auditory-verbal STM tasks, and this even if the reduced hearing levels of the participants still fall within a normal range.

## Acknowledgements

This research was supported by the Belgian Fund for Scientific Research (F.R.S.-FNRS) and the University of Liège.

We would like to thank Amandine Vallier and Mylène Bourgeois for their contribution in data collection.



## Etude 4

# The effects of aging on the components of auditory-verbal short-term memory

---

Clémence Verhaegen & Martine Poncelet

Submitted to *Psychologica Belgica*

## Abstract

This study aimed at exploring the effects of aging on the multiple components of auditory-verbal short-term memory (STM). Participants of 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 years of age were presented STM tasks assessing short-term retention of order and item information, and of phonological and lexical-semantic information separately. Because older participants often present reduced hearing levels, we sought to control for an effect of hearing status on performance on STM tasks. Participants' hearing thresholds were measured with a pure-tone audiometer. The results showed age-related effects on all STM components. However, after hearing status was controlled for in analyses of covariance, the age-related differences became non-significant for all STM processes. The fact that age-related hearing loss may in large part explain decreases in performance on STM tasks with aging is discussed.



## 1. Introduction

The question of whether there is a decline in auditory-verbal short-term memory (STM) in older adults has received considerable attention (e.g., Belleville et al., 1996; Bopp & Verhaeghen, 2005; Fisk & Warr, 1996; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004; Peters et al., 2007). In these studies, STM has generally been assessed using span tasks, following the phonological loop model of Baddeley and Hitch (1974). In these tasks, participants are presented with series of stimuli (digits, letters or words) and then asked to repeat these items in the order in which they were presented. A large number of studies and reviews have reported significant decline in STM spans with aging (e.g., Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004). In their review of STM decline in aging, Bopp and Verhaeghen (2005) indicated that older adults' retention of memoranda in short-term serial recall tasks is about 90 percent of that of younger adults. However, some studies have found no age-related decline on serial recall tasks with words or digits (e.g., Belleville et al., 1996; Fisk & Warr, 1996; Peters et al., 2007) and the question of whether STM declines in the elderly is still a matter of debate.

According to more recent conceptions of STM, participants have to store two types of information in these typical auditory-verbal STM tasks: item information, which consists of the phonological and lexical-semantic characteristics of the items presented, and serial order information, which concerns the order in which the items are presented (see Majerus, 2013, for a review). A number of studies have suggested that item and order information are dealt with by distinct mechanisms and stored separately. These components could be selectively impaired, and thus should be assessed separately. Item information is thought to be maintained via temporary activation of phonological and lexical-semantic language representations, while order information is said to be stored via a specialized processing

module and represents what one might consider as being the remaining specific property of STM processing (Burgess & Hitch, 1999; Gupta, 2003; Henson, 1998; Majerus, 2009; Majerus, Heiligenstein, Gautherot et al., 2009; Majerus, Leclercq et al., 2009; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006; Majerus, Poncelet et al. 2008). This distinction is based on a number of empirical studies showing dissociations between STM capacities for the retention of item and order information. For instance, experimental studies on healthy adults using immediate serial recall tasks have shown that linguistic knowledge (lexical frequency or semantic similarity) substantially affects item recall, but has a much lesser effect on order recall (e.g., Nairne & Kelley, 2004; Saint-Aubin & Poirier, 1999). Moreover, neuropsychological studies have also demonstrated that item and order STM can be selectively impaired. For instance, Majerus, Norris et al. (2007) showed that two patients with semantic dementia (i.e., a progressive loss of semantic representations), AT and WM, presented impaired item STM performance but preserved order STM capacity. Similarly, Attout et al. (2012) showed a double dissociation between item and order STM deficits in two brain-damaged patients, MB and CG. On tests of STM capacity, MB showed poor item STM performance but preserved order STM, whereas CG's item STM performance was within the control range but his order STM capacity was impaired. Finally, this distinction is also supported by recent neuroimaging studies showing that the retention of item information activates regions in superior and inferior temporal gyri, while the retention of order information activates a distinct network involving the right intraparietal sulcus (Majerus, Belayachi et al., 2008; Majerus et al., 2010; Majerus, Poncelet et al., 2006).

Furthermore, within item STM, some authors draw another distinction, between temporary storage of phonological and of lexical-semantic information, which they attribute to two separate limited-capacity buffers (R. Martin et al., 1994, 1999). This distinction is based on neuropsychological case studies on brain-damaged patients with selective impairment of either

phonological or lexical-semantic short-term storage (cases EA and AB from R. Martin et al., 1994). The patients in these studies were either selectively impaired on phonological STM tasks (such as a rhyme probe task or a lexical decision task with phonologically related prime words), with preserved performance on lexical-semantic STM tasks (such as a category probe task or a lexical decision with semantically related primes), or vice versa.

These dissociations within the STM system have received very little attention in studies of age-related effects on STM in older adulthood. To our knowledge, only the study of Maylor et al. (1999) has explored this issue, looking at age-related differences in the production of order vs. item errors on a serial recall of letters. The authors showed that older participants produced more errors than younger participants, with no dissociation between item and order errors, suggesting that these two STM components may be equally affected by aging.

This study is an explorative study. First, we aimed at confirming the presence of an auditory-verbal STM decline in aging by assessing participants with a digit span task, a classical measure of STM, widely used in the literature (e.g., Belleville et al., 1996; Fisk & Warr, 1996; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004). Given that this typical STM task does not distinguish between item and order retention abilities, poor performance on this task in older adults could reflect deficits in item STM, order STM, or both. We argue that knowing whether all components of STM are affected equally by the aging process has interest for future evaluation of the auditory-verbal STM in older adults and for a better understanding of the eventual degradation. Therefore, participants were presented STM tasks specifically designed to measure order and item retention abilities separately. Within item STM, the phonological and lexical-semantic short-term storages were also assessed distinctly.

Moreover, the presence of STM decline in aging is often studied in participants older than 60 years of age (e.g., Belleville et al., 1996; Fisk & Warr, 1996; Peters et al., 2007). In our study, in order to explore the effects of aging over a wider range of stages in the lifespan, we presented our STM tasks to participants from 4 age groups: 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 years of age.

Serial order STM was assessed with a digit serial order recognition task and a serial order reconstruction task (animal race task). These tasks were chosen to maximize short-term retention of serial order and minimize the need to retain item information, since the items presented were of high lexical frequency, sampled from a closed pool of items, known in advance (i.e., the items used in a particular sequence were presented in advance, in ascending order), and provided to the participants at recall, so that the participants needed to focus only on retaining the order of presentation of the memoranda. By contrast, STM for item information was investigated using a word recognition task and a nonword recognition task, and with a nonword delayed repetition task. These tasks were chosen to maximize the need for retention of item information and reduce the need to retain order information, since the items were sampled from an open pool of items, new on every trial, and of moderate lexical frequency or nonwords, whereas retaining the order of presentation of the items was not required. Phonological and lexical-semantic STM capacities were explored using a rhyme probe task and a category probe task, in which the participants respectively had to focus on whether the probe items rhymed with (phonological information) or belonged to the same semantic category (lexical-semantic information) as one of the items previously presented in a sequence.

All the tasks used in this study use auditory presentation, as is the case in many studies on STM decline in aging (e.g., Belleville et al., 1996; Fisk &

Warr, 1996; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004; Peters et al., 2007). However, it is well known that older adults often present reduced hearing levels. One third of adults above the age of 70 have been shown to present some clinically significant hearing loss, and almost 100 percent have reduced hearing levels (e.g., Cruickshanks et al., 1998; see also the discussion of Surprenant, 2007). Hearing decline has been reported to proceed at a rate of 3 to 5 dB per decade between 40 and 55 years old and of 9 to 15 dB thereafter (Cheesman, 1997; van Boxtel et al., 2000). Despite this clinical reality, Surprenant pointed out that only 25 percent of the studies exploring cognitive capacities in aging have considered hearing acuity as a factor in their experiments, or have even measured participants' hearing status. Auditory-verbal STM capacities in older participants may have been underestimated as a result.

Many studies have indeed indicated a relationship between sensory status and cognitive functioning. For instance, Lindenberger and Baltes (Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994; Lindenberger & Ghisletta, 2009) have observed strong correlations, which increase with age, between vision and hearing status and performance on tasks designed to measure cognitive functioning. Moreover, Lunner (2003) highlighted the association between hearing impairment and STM performance by showing that improving older adults' hearing using hearing aids could in turn improve their cognitive performance compared to same-age controls without hearing aids (see also discussions of Hoi Ning Ng et al., 2013; van Hooren et al., 2005).

The direct impact of impaired hearing on STM performance has been widely studied (e.g., Baldwin & Ash, 2011; Cervera et al., 2009; McCoy et al., 2005; Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller et al., 1995; Piquado et al., 2010; Rabbit, 1968, 1991; Schneider & Pichora-Fuller, 2000; van Boxtel et al., 2000; Wingfield et al., 2005, 2006). McCoy et al. (2005) and Rabbit (1991) showed

that older adults with mild auditory impairment recalled fewer words than older participants without hearing loss.

In order to distinguish the effects of aging from the effects of hearing status on STM, a number of studies compared recall performance of young and older participants, matched for hearing loss, either naturally or experimentally induced. Baldwin and Ash (2011), Murphy et al. (2000) and Pichora-Fuller et al. (1995) simulated age-related hearing loss in young participants by either decreasing the intensity of auditory stimuli (e.g., Baldwin and Ash, 2011) or by adding background noise during stimulus presentation (e.g., Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller et al., 1995). When comparing the recall capacities of the younger participants to the capacities of the older ones, the authors showed that recall performance decreased both in young and older adults when stimulus presentation was degraded. Nevertheless, their manipulations did not remove the effects of aging. On the other hand, some other studies suggest that auditory impairment may explain age-effects in STM performance more than does aging (Cervera et al., 2009; Pichora-Fuller et al., 1995; van Boxtel et al., 2000; Wingfield et al., 2006). Indeed, Wingfield et al. (2006) showed that when matched for hearing thresholds, young and older participants performed equally on an auditory comprehension task with syntactically simple short sentences (Wingfield et al., 2006), and that the overall performance of both auditory-reduced groups was worse than that of participants with good hearing. Moreover, Cervera et al. (2009) and van Boxtel et al. (2000) further found that after controlling for hearing thresholds with analyses of covariance or partial correlations, differences in STM performance between younger and older participants became non-significant. Finally, in another part of their study, Pichora-Fuller et al. (1995) showed that when the same memoranda were presented in a visual rather than an auditory form, younger and older participants performed at the same level. In conclusion, participants' hearing status seems to be an important factor to take into consideration in STM assessment. In order to control whether participants' hearing status had an

impact on their performance on our auditory-verbal STM tasks, we also measured participants' hearing thresholds with a pure-tone audiometer. We believe that considering this factor in an experiment is crucial given the importance of hearing difficulties in aging and has also an interest for future assessment of auditory-verbal STM wherein STM tasks are usually auditorily presented.

## 2. Method

### 2.1. Participants

Four groups of participants took part in the present study: (1) 20 participants between 45 and 54 years of age, (2) 22 participants between 55 and 64 years of age, (3) 22 participants between 65 and 74 years of age, and (4) 20 participants between 75 and 84 years of age. Participants responded to a questionnaire on their health and reported no history of neurological, cardiac, neuropsychological or psychiatric disorders, and no uncorrected or visual problems. Participants' auditory acuity was measured via pure-tone audiometry, with 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 hertz (Hz) frequency tones presented to the right and left ears. We calculated bilateral mean pure-tone averages (PTAs) including each frequency as a measure of general hearing acuity (e.g., Cervera et al., 2009; van Boxtel et al., 2000). Mean PTAs were 10.75 dB HL ( $SD= 4.68$ ) for the 45-54 age group, 17.80 dB HL ( $SD= 5.12$ ) for the 55-64 age group, 23.94 dB HL ( $SD= 6.64$ ) for the 65-74 age group and 31.42 dB HL ( $SD= 10.47$ ) for the 75-84 age group. An analysis of variance (ANOVA) performed on the participants' mean PTAs showed a significant effect of group,  $F(3,82)= 31.46$ ,  $MSE= 49.67$ ,  $p< .001$ ,  $\eta_p^2= .90$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p< .05$ ) indicated that the 45-54 age group had lower

hearing thresholds than the 55-64 age group, who had lower hearing thresholds than the 65-74 age group, who finally had lower hearing thresholds than the 75-84 age group. Bilateral mean pure-tone audiometry thresholds for 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 Hz are presented in Table 1.

None of the participants wore a hearing aid. Indeed, in this study, we aimed to control for the impact of reduced hearing on STM performance in natural conditions, without any hearing improvement via hearing aids. A number of studies (e.g., Lunner, 2003) have suggested that correction of hearing loss with hearing aids improves cognitive performance. Moreover, Wingfield et al. (2006) reported that two out of three elderly adults with hearing loss do not use hearing aids. We thus supposed that participants without hearing aids would be more representative of the elderly population.

Participants were also carefully screened for medication use. Participants taking antidepressants or other psychoactive medications were excluded from the study. Participants were given the Mattis Dementia Rating Scale (Schmidt et al., 1994) and all of them performed above the cut-off score of 130/144. All participants were native speakers of French. There were no reliable differences between the 4 groups in the distribution of socio-economic backgrounds. Participants were classified into 3 socio-economic levels: low, middle and high, according to the classification of Amos et al. (2003) which determines socio-economic level on the basis of participants' years of schooling and profession. A chi-squared test showed no significant relationship between socio-economic background and group,  $\chi^2(6, n = 84) = 2.96, ns$ . All groups were also matched for vocabulary level: an ANOVA computed on the number of correct responses out of 33 on the Mill Hill test (Deltour, 1993) revealed that all age groups performed equally,  $F(3,80) = 0.64, MSE = 18.33, ns$ .

Finally, cognitive processing speed was assessed via an odd/even judgment of digit task. In this task, 50 digits between 1 and 9 were presented in random order, centered on the computer screen, using the E-Prime 2.0 software (Psychology Software Tools). Participants had to indicate whether the digits were odd or even by pressing a designated “odd” or “even” key as quickly and accurately as possible. We performed an ANOVA on the log-transformed response latencies<sup>3</sup>. A significant group effect,  $F(3,80) = 35.25$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .57$ , was observed, and Tukey’s HSD post hoc comparisons showed that the 45-54 age group responded faster than the 55-64 age group, which responded as quickly as the 65-74 age group. The 75-84 age group was slower than the three younger groups.

The local research ethics committee approved the study, and all human data included in this manuscript was obtained in compliance with the Helsinki Declaration. All participants gave their informed consent. Demographic data are summarized in Table 1.

---

<sup>3</sup> On the odd/even judgment of digit task, the data were log-transformed to meet the assumption of normality.

Table 1

Demographic data for the 45-54, 55-64, 65-75 and 75-84 year age groups

| Variable                                    | 45-54 years   | 55-64 years   | 65-74 years   | 75-84 years   |
|---------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Number of participants                      | 20            | 22            | 22            | 20            |
| Age (years) <sup>a</sup>                    | 49.60 (3.70)  | 58.59 (3.08)  | 68.82 (3.05)  | 79.10 (3.28)  |
| Gender (M/F)                                | 6/14          | 9/13          | 8/14          | 7/13          |
| Socio-economic background <sup>b</sup>      |               |               |               |               |
| <i>Low</i>                                  | .25           | .27           | .41           | .40           |
| <i>Middle</i>                               | .45           | .50           | .36           | .30           |
| <i>High</i>                                 | .30           | .23           | .23           | .30           |
| Pure-tone thresholds (dB HL) <sup>a,c</sup> |               |               |               |               |
| 250 Hz                                      | 10.75 (6.29)  | 14.69 (6.23)  | 20.68 (7.57)  | 26.25 (7.76)  |
| 500 Hz                                      | 10.25 (6.06)  | 13.65 (6.25)  | 20.81 (7.25)  | 27.25 (8.66)  |
| 1000 Hz                                     | 11.25 (8.21)  | 12.69 (6.37)  | 19.20 (6.79)  | 28.13 (10.63) |
| 2000 Hz                                     | 11.50 (6.90)  | 15.10 (7.50)  | 23.30 (7.54)  | 28.50 (11.28) |
| 3000 Hz                                     | 11.75 (7.48)  | 20.00 (10.53) | 29.32 (7.53)  | 36.63 (13.60) |
| 4000 Hz                                     | 15.00 (8.11)  | 23.52 (9.75)  | 30.57 (8.79)  | 40.50 (13.34) |
| Mattis Scale (/144) <sup>a</sup>            | 143.45 (1.00) | 142.45 (1.77) | 140.27 (2.29) | 140.65 (2.54) |
| Mill Hill (/33) <sup>a</sup>                | 25.45 (4.37)  | 25.59 (4.17)  | 24.41 (4.51)  | 26.20 (4.04)  |

*Note.* <sup>a</sup>Means and standard deviations in parentheses; <sup>b</sup>Proportion; <sup>c</sup>Bilateral mean pure tone audiometry thresholds

## 2.2. Materials

### 2.2.1. *General STM capacity: digit span task*

A digit span task (Weschler, 1989) was used to assess general STM capacity. Participants were orally presented with sequences of digits, drawn from the numbers 1 to 9, and asked to recall the digits in the order of their presentation. The digits were read aloud by the experimenter and presented at a rate of one item per second. The sequences, which contained from 2 to 9 items, were presented in ascending order of length. There were 2 trials per sequence length. All 16 sequences were presented to each participant. One practice trial preceded the task and was not included in the scoring. We computed the percentage of sequences correctly recalled by pooling over all sequence lengths.

### 2.2.2. *Order STM*

#### 2.2.2.1. *Digit serial order recognition task*

This task (from Majerus, Leclercq et al., 2009) consisted of the auditory presentation of lists of 3 to 8 digits (the targets), followed by the presentation of the same digit lists (the probes) but on two thirds of trials, the serial order of two adjacent items was exchanged. The participants were then asked to indicate their judgment as to whether or not the digits were presented in the same order in the two lists by pressing a designated key. Sequences of digits were presented in ascending order of length, with 6 trials per sequence length. The lists consisted of digits between 1 and 8. For list length 3 only the digits 1,

2, and 3 were used; for list length 4, only 1, 2, 3, and 4 were used; and so on for other list lengths. The end of the target list was signaled by a brief tone and was followed by the second list of digits. The position of the reversal was balanced across all possible pairs of serial positions. Before each list length, the participants were told that they would hear two lists of digits, and on each trial the digits present in the two sequences were presented to the participants in ascending order. The stimuli had been prerecorded by a female speaker in a sound-attenuating room and stored on a computer disk, and were presented via headphones connected to a PC, using E-Prime 2.0 software, at a comfortable hearing level (70 dB SPL) frequently chosen in auditory-verbal STM experiments (e.g., Majerus & D'Argembeau, 2011). We computed the percentage of correct “yes” and “no” responses for each sequence length. On this task, the need to retain item information was minimized since the digits are highly familiar and frequent characters, were known in advance, and remained the same both within each sequence length and between the target and probe sequences. By contrast, the task maximized the retention of order information, since the participants had to focus only on the digits' order of presentation.

#### *2.2.2.2. Serial order reconstruction: the animal race task*

This task, adapted from Majerus, Poncelet, Greffe et al. (2006), consisted of the auditory presentation of sequences of animal names. At the end of each trial, the participants were given cards printed with colored pictures of the animal names presented during the sequence and asked to sort the cards according to their order of presentation, by ordering them on the desk from left to right. Stimulus recording and presentation procedures were the same as in the preceding task. Eight animal names ('chat', 'loup', 'mouche', 'chien', 'ours', 'singe', 'coq', 'rat', meaning cat, wolf, fly, dog, bear, monkey, rooster, rat) were used to form the lists, containing 4 to 8 items. The lists were

again presented by increasing order of length, with 4 trials per sequence length. The participants were told at the beginning of each trial which items would be presented in the sequences. For each length, the same animal names were selected to construct the sequences: for instance, for sequences of length 4, the cat, the fly, the rooster and the wolf were used, and so on for the other sequence lengths. Only the cards for the animals actually presented on the trial were given to the participants. The 8 stimuli were monosyllabic and had high lexical frequency (> 16 000 occurrences per million; New et al., 2007) and a low age of acquisition (range: 13-24 months; Alario & Ferrand, 1999). We computed the percentage of items correctly recalled in their order of presentation by pooling over all sequence lengths. This task was designed to maximize the recruitment of serial order STM as the participants had to focus on the serial position in which each item occurred. On the other hand, the need for item STM was minimized, since the stimuli were known in advance, monosyllabic, had high lexical frequency, sampled from a limited pool of frequent names, and provided at the time of recall through the cards.

### **2.2.3. Item STM**

#### *2.2.3.1. Word and nonword recognition tasks*

These tasks from Majerus, Metz-Lutz et al., (2007) consisted of the auditory presentation of sequences of either words or nonwords. After each sequence, a new sequence comprised of all target stimuli and an equal number of distractor stimuli was presented. The participants had to decide whether each probe stimulus matched one of the stimuli in the target list and give their response by pressing a designated key. The stimuli were presented in sequences of between 2 and 5 items, presented in increasing order of length, with 4 trials per sequence length. Stimulus recording and presentation

procedures were the same as for the preceding tasks. The end of the target list was indicated by a brief tone, which was followed by the probe list. For the word recognition task, 56 targets and 56 negative probe words (distractors) were constructed. The items all had a CVC syllabic structure. The negative probe item differed from the target only by the initial consonant. Lexical frequency was similar for targets ( $M = 18\,893$  occurrences per million; Content et al., 1990) and distractors ( $M = 17\,545$  occurrences per million; Content et al., 1990). For the nonword recognition task, 56 targets and 56 negative probe nonwords were constructed, all with a CVC syllabic structure. The diphone frequency of the target and the negative probe nonwords was similar, according to the database of French phonology by Tubach and Boë (1990), so that negative probes could not be rejected on the basis of different degrees of phonological familiarity for the target and the probe nonwords. The distractor probe stimuli differed from the target stimuli by the first phoneme. We computed the percentage of correct responses on each task by pooling over trials and sequence lengths.

This task maximized the demands on memory for item information and minimized the need to retain serial order information, since the items were new on every trial, sampled from an open pool, and participants only had to focus on the items' identity whereas their order of presentation did not matter.

#### *2.2.3.2. Nonword delayed repetition task*

This task was adapted from Majerus and Van der Linden (2003) and was comprised of 30 nonwords. Stimulus recording and presentation procedures were the same as for the preceding task. The stimuli had a CVC syllabic structure, and all were legal with respect to French phonotactic rules (Tubach & Boë, 1990). The stimuli were presented in random order. Each was

presented in isolation and followed by a 7-second delay during which the participant counted aloud backwards in steps of 3, starting at 95. At the end of the delay, the experimenter tapped sharply on the desk, indicating that the participant should repeat the target nonword. The task began with 4 practice trials which were not included in the scoring. We determined the percentage of phonemes that were correctly recalled by pooling over trials.

To maximize retention requirements for item information, the stimuli were new on any trial. In order to reduce serial order memory requirements, only a single item had to be maintained in each trial. Moreover, all nonwords were monosyllabic and had the same CVC syllabic structure, further reducing processing requirements at the level of sequence information (i.e., the sequence structure was the same in each trial, only the identity of the phonemes varied between trials). Finally, the nonwords were recalled after a filled delay which hindered sequential rehearsal of the information that was to be recalled.

#### **2.2.4. *Phonological and lexical-semantic STM: rhyme and category probe tasks***

Phonological STM was assessed with a rhyme probe task, while lexical-semantic STM was assessed with a category probe task. These tasks, drawn from Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004), were based on the probe tasks of R. Martin et al. (1994, 1999). Sequences of 2 to 7 items were presented, followed by a probe word. In the rhyme condition, the participants were asked to judge whether the probe word rhymed with any item in the preceding list; in the semantic category condition, they were asked to judge whether the probe word belonged to the same semantic category as one of the words in the preceding sequence. Responses were given by pressing a

designated key. Stimulus recording and presentation procedures were the same as for the preceding tasks. There were 6 trials each with sequence length 2 and 3, and 7 trials each for sequence lengths 4 to 7. Each serial position was probed equally often. For each sequence length and each condition, there were 2 non-matching probe trials and the remainder (4 for lengths 2 and 3, 5 for lengths 4 to 7) were matching probe trials. A greater number of matching probes was chosen because Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004) showed in their pilot study that non-matching probes were very easily rejected, while the detection of matching items was more difficult and yielded more variable scores, thus increasing the sensitivity of the task. All words were bisyllabic and of medium lexical frequency ( $M = 1\,692$ /million for the rhyme probe;  $M = 2\,009$ /million for the category probe; Content, et al., 1990). The categories probed were animals, body parts, clothes, flowers, fruit, furniture, kitchen utensils, professions, tools, vegetables, and transportation. The names of the categories were presented to the participants before the presentation of sequences of lengths 2 and 3, but not before longer sequences, in order to keep participants from using a visual strategy consisting in visually remembering the categories that had already been presented. Four additional trials were used as warm-ups and were not included in the scoring. We computed the percentage of correct yes/no answers on each task by pooling over trials and sequence lengths.

The rhyme probe task maximized demands on phonological STM. Indeed, a word's phonological trace needs to remain activated in STM to allow the rhyme judgment. By contrast, the category probe task maximized the need to retain lexical-semantic STM information: the semantic traces need to be still activated in STM to allow the judgment of same/different semantic category membership (Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004). Moreover, these two tasks both minimized the need to draw on serial order STM capacities, because the participants had to focus only on whether the probe word rhymed with or belonged to the same category as one of the words on the sequence,

regardless of its sequential position. Moreover, Majerus, Poncelet, Greffe et al. (2006) showed that performance on these tasks did not correlate with performance on a serial order reconstruction task.

### 2.3. Procedure

The whole study was conducted in French. Participants were tested individually in a quiet room. The order of the tasks was constant across participants: (1) Pure-tone audiometry, (2) Digit span task, (3) Word recognition task, (4) Rhyme probe task, (5) Animal race task, (6) Digit serial order recognition task, (7) Nonword recognition task, (8) Category probe task, (9) Nonword delayed repetition task, (10) Odd/even judgment task, (11) Mill Hill, (12) Mattis Dementia Rating Scale. The experiment took about 120 minutes to complete and was performed in a single session in participants from 45 to 64 years and in two sessions in participants from 65 to 84 years, in order to prevent interference with the results due to fatigue.

## 3. Results

Table 2 gives the mean percentage of correct responses obtained for the 45-54, 55-64, 65-75 and 75-84 age groups on all STM tasks.

We first performed analyses of variance (ANOVA) to check for age-related effects on the different STM tasks. When an age effect was found, because of the differing hearing status of the 4 age groups, we further aimed to control whether these age-related differences remained significant after performing analyses of covariance (ANCOVAS) on the results from the

different STM tasks, using hearing thresholds (mean PTAs) as covariate, as in the study of Cervera et al. (2009).

### 3.1. General STM capacity: digit span task

We performed an ANOVA on the percentage of correct responses on the digit span task. The analysis revealed an effect of age,  $F(3,80) = 5.87$ ,  $MSE = 120.20$ ,  $p = .001$ ;  $\eta_p^2 = .18$ . The age-related decline was confirmed by Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ), but not in all comparisons. The post hoc tests indicated that the 45-54 age group performed better than the 65-74 and 75-84 age groups, but that the performance of the 45-54 and 55-64 age groups was equivalent, as was that of the 55-64, 65-74 and 75-84 age groups.

The ANCOVA analysis on the percentage of correct responses on the digit span task, using mean PTAs as covariate, showed no significant differences between the 4 age groups,  $F(3,79) = 2.20$ ,  $MSE = 118.31$ , *ns*. Thus, there were no effects of age on the digit span task when hearing thresholds were controlled for. The adjusted means for the analyses of covariance performed on the STM tasks in the 45-54, 55-64, 65-75 and 75-84 age groups are presented in Figure 1.

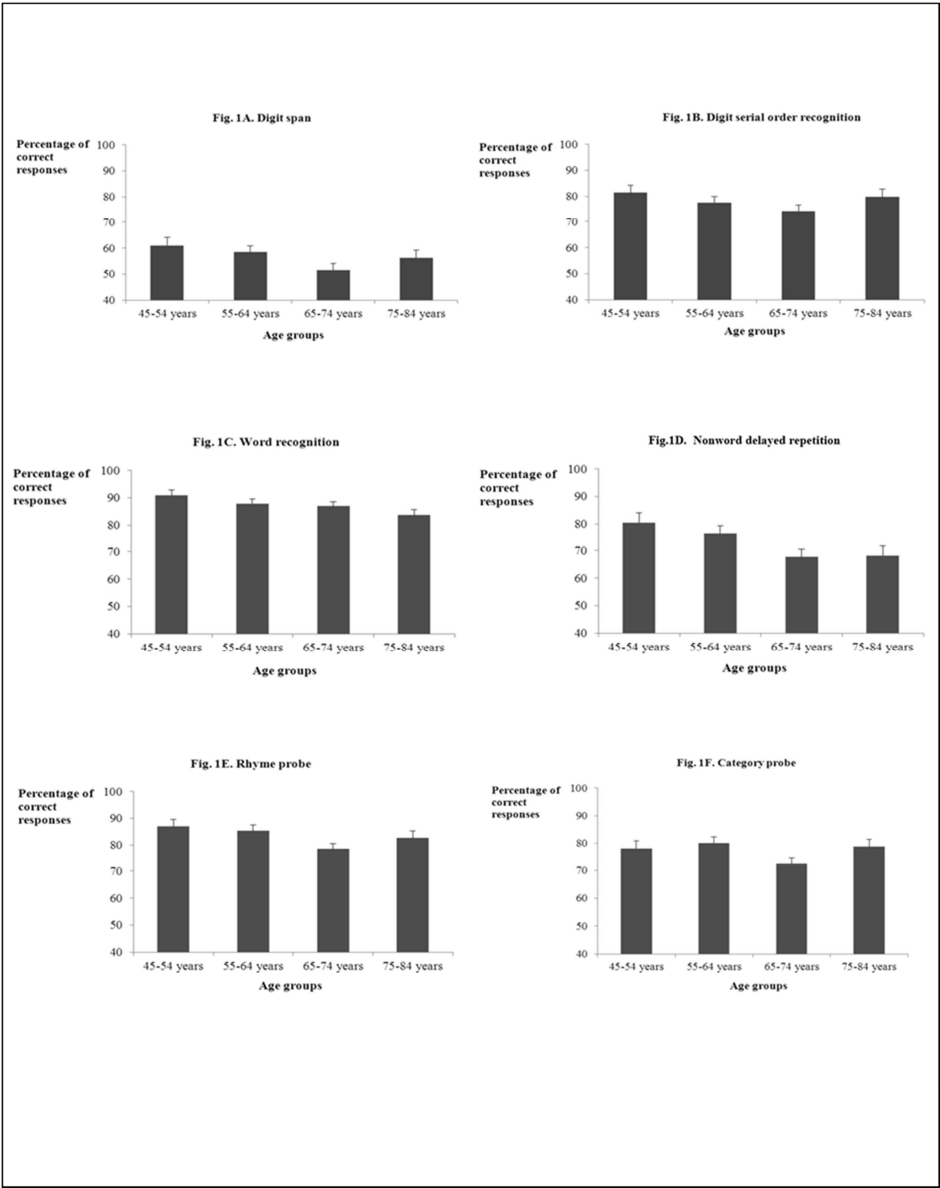
Table 2

Performance (mean percentage, standard deviation in parentheses) on the short-term memory tasks of the 45-54, 55-64, 65-75 and 75-84 age groups

| Task                           | 45-54 years   | 55-64 years   | 65-74 years   | 75-84 years   |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Digit span                     | 63.75 (13.54) | 59.37 (8.76)  | 50.85 (10.79) | 53.43 (10.43) |
| Digit serial order recognition | 85.56 (7.94)  | 78.91 (11.23) | 73.11 (15.05) | 75.56 (6.66)  |
| Serial order reconstruction    | 68.61 (13.77) | 68.28 (8.46)  | 69.94 (6.76)  | 62.39 (16.80) |
| Word recognition               | 92.05 (5.69)  | 88.23 (6.65)  | 86.61 (6.81)  | 82.50 (9.64)  |
| Nonword recognition            | 76.52 (9.43)  | 74.11 (12.80) | 70.21 (15.12) | 70.09 (9.45)  |
| Nonword delayed repetition     | 82.16 (14.23) | 77.12 (10.09) | 67.22 (13.12) | 66.44 (13.18) |
| Rhyme probe                    | 88.52 (5.83)  | 85.85 (7.19)  | 78.10 (14.57) | 81.02 (7.60)  |
| Category probe                 | 81.93 (6.19)  | 81.30 (8.50)  | 71.59 (15.02) | 74.89 (8.26)  |

Figure 1

Adjusted means for the analyses of covariance performed on the short-term memory tasks with mean PTA as covariate, in the 45-54, 55-64, 65-75 and 75-84 age groups; Fig. 1A. Digit span; Fig. 1B. Digit serial order recognition; Fig. 1C. Word recognition; Fig. 1D. Nonword delayed repetition; Fig. 1E. Rhyme probe; Fig. 1F. Category probe



## 3.2. Order STM

### 3.2.1. *Digit serial order recognition task*

The ANOVA performed on the percentage of correct responses on the digit serial order recognition task <sup>4</sup> showed an effect of age,  $F(3,80) = 5.09$ ,  $MSE = 118.10$ ,  $p = .003$ ;  $\eta_p^2 = .16$ . The age-related decrement was confirmed by Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ), which indicated that the 45-54 age group performed better than the 65-74 and 75-84 age groups. The 45-54 and the 55-64 age groups performed equally, as did the 55-64, 65-74 and 75-84 age groups.

The ANCOVA performed on the percentage of correct responses on the digit serial order recognition task, using mean PTAs as covariate, showed no significant differences between the 4 age groups,  $F(3,79) = 1.68$ ,  $MSE = 111.22$ ,  $ns$ . Thus, there was no effect of age on the digit serial order reconstruction task when hearing capacities were controlled for (see Figure 1).

### 3.2.2. *Serial order reconstruction: the animal race task*

We performed an ANOVA on the mean percentage of correct responses on the serial order reconstruction task. The analysis showed no significant differences between the 4 age groups,  $F(3,80) = 1.61$ ,  $MSE = 143.00$ ,  $ns$ .

### 3.3. Item STM

#### 3.3.1. Word recognition task

An ANOVA performed on the mean percentage of correct responses on the word recognition task <sup>4</sup> assessed age effects. The results showed significant differences between the 4 age groups,  $F(3,80) = 5.87$ ,  $MSE = 53.30$ ,  $p = .001$ ;  $\eta_p^2 = .18$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) confirmed the age-related decline between the 45-54 and 75-84 age groups, with the 45-54 age group performing better than this older group. By contrast, the 45-54, 55-64 and 65-74 age groups performed equally, and the 55-64 and 65-74 age groups did not significantly differ from the 75-84 age group.

The ANCOVA performed on the percentage of correct responses on the word recognition task using hearing thresholds as covariate showed no significant differences between the 4 age groups,  $F(3,79) = 1.56$ ,  $MSE = 53.56$ ,  $ns$ . Thus, when hearing capacities were controlled for, there were no age-related effects on the word recognition task (see Figure 1).

#### 3.3.2. Nonword recognition task

We performed an ANOVA on the square root-transformed percentage of correct responses on the nonword recognition task <sup>4</sup>. The analysis showed no significant differences between the 4 age groups,  $F(3,80) = 1.50$ ,  $MSE = 2.60 * 10^6$ ,  $ns$ .

### 3.3.3. *Nonword delayed repetition*

The ANOVA performed on the square root-transformed percentage of phonemes correctly repeated <sup>4</sup> revealed a significant group effect,  $F(3,80) = 9.54$ ,  $MSE = 2.78 * 10^6$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .26$  (see Table 2). Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) indicated an age-related decline, between 45-54 age group and the two older age groups (65-74 and 75-84 years) with the 45-54 age group performing better than these two groups. By contrast, the 45-54 and the 55-64 age groups performed equally. Moreover, the 55-64 age group performed better than the 75-84 age group but did not differ from the 65-74 age group. The 65-74 and the 75-84 age groups performed equally.

The ANCOVA on the square root-transformed percentage of phonemes correctly repeated on the nonword delayed repetition task with mean PTAs as covariate indicated that the age-related differences remained significant, even when mean PTA was controlled for,  $F(3,79) = 3.55$ ,  $MSE = 2789492$ ,  $p = .02$ ,  $\eta_p^2 = .12$ . As in the ANOVA, Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) indicated that the 45-54 age group performed better than the two oldest groups, of 65-74 and 75-84 years. By contrast, the 45-54 and the 55-64 age groups performed equally. Moreover, the 55-64 age group performed better than the 75-84 age group but did not differ from the 65-74 age group. Finally, the 65-74 and the 75-84 age groups performed equally (see Figure 1).

---

<sup>4</sup> For the results of the nonword recognition task and the nonword delayed repetition task, square root transformations were applied to meet the assumption of normality.

### 3.4. Phonological and lexical-semantic STM

#### 3.4.1. *Phonological STM: rhyme probe task*

An ANOVA on the percentage of correct responses on the rhyme probe task was performed <sup>4</sup>. The results indicated an effect of age,  $F(3,80) = 5.08$ ,  $MSE = 91.10$ ,  $p = .003$ ,  $\eta_p^2 = .16$ . Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) showed that the 45-54 and 55-64 age groups performed better than the 65-74 age group. The 65-74 and the 75-84 age groups performed equally and the 75-84 age group did not significantly differ from the 45-54 and 55-64 age groups either.

Again, the ANCOVA performed on the percentage of correct responses on the rhyme probe task using mean PTAs as covariate indicated that after controlling for hearing capacity, no age effects remained,  $F(3,79) = 2.40$ ,  $MS = 91.01$ , *ns* (see Figure 1).

#### 3.4.2. *Lexical-semantic STM: category probe task*

The ANOVA conducted on the percentage of correct responses on the category probe task <sup>5</sup> revealed a significant difference between the 4 age groups,  $F(3,80) = 5.20$ ,  $MSE = 103.50$ ,  $p = .002$ ,  $\eta_p^2 = .16$ . As on the rhyme probe task, Tukey's HSD post hoc comparisons ( $p < .05$ ) showed that the 45-54, 55-64 and the 75-84 age groups performed equally and that both the 45-54

---

<sup>5</sup> On the digit serial order recognition task, the word recognition task, and the rhyme and category probe tasks, the assumption of normality was not met for score distributions. No transformation made it possible to meet the assumption of normality. Therefore, analyses were also run using nonparametric Kruskal-Wallis tests. The results were identical.

and the 55-64 age groups performed better than the 65-74 age group. Finally, the 65-74 and the 75-84 age groups did not significantly differ from each other.

The ANCOVA performed on the percentage of correct responses on the category probe task using mean PTAs as covariate indicated that, when hearing capacity was controlled for, there were no age-related differences,  $F(3,79) = 2.33$ ,  $MSE = 97.85$ ,  $ns$  (see Figure 1).

## 4. Discussion

Age-related effects on STM have been generally studied using classical serial recall tasks (e.g., Babcock & Sathouse, 1990; Belleville et al., 1996; Bopp & Verhaeghen, 2003; Fisk & Warr, 1996; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004; Kaulser, 1994; Peters et al., 2007), whereas more recent conceptions of verbal STM present it as a multicomponent system, in which each process can be selectively assessed and impaired. In these conceptions, a separation is postulated between the short-term storage of item information and the short-term storage of serial order information (Burgess & Hitch, 1999; Gupta, 2003; Henson, 1998; Majerus, Heiligenstein et al., 2009; Majerus, Leclercq et al., 2009; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006; Majerus, Poncelet et al., 2008). Moreover, within item STM, another distinction is made between the short-term storage of phonological and lexical-semantic information (R. Martin et al., 1994, 1999). To our knowledge, the exploration of the effects of aging on these different STM components has received very little attention (Maylor et al., 1999).

Therefore, the STM decline observed in older adults may be due to difficulties in item STM, order STM or both. Thus, in this study, in addition to a

classical span task assessing both item and order STM, we assessed STM capacities for retaining order information using a serial order recognition task and a serial order reconstruction task (the animal race task), and item STM using word and nonword recognition tasks and a nonword delayed repetition task. The subcomponents of phonological and lexical-semantic STM were evaluated with rhyme and category probe tasks respectively.

We sought to analyse the effects of aging on auditory-verbal STM not only in participants above 60 years of age but over a range of stages in the adult lifespan. We thus presented our tasks to participants in 4 age groups: 45-54, 55-64, 65-74 and 75-84 years of age.

This study confirmed the presence of an age-related decline on the classical forward digit span task. Moreover, the results showed that item and order STM, as well as phonological and lexical-semantic STM were affected by the aging process. Indeed, the results showed significant differences between the age groups on the digit serial order recognition task, the word recognition task, the nonword delayed repetition task and on the rhyme and the category probe tasks. The differences were especially observed between the youngest 45-54 age group and the two oldest groups (65-74 and 75-84 years of age), or between the 45-54 age group and only one of these two older groups.

However, given that older adults often present hearing loss (e.g., Cheesman, 1997; Cruickshanks et al., 1998; Surprenant, 2007; van Boxtel et al., 2000), we also aimed to control whether age-related hearing decline may account for the age-related differences observed on our STM tasks. We thus performed analyses of covariance on our different component of STM tasks, using mean PTAs as covariates, as Cervera et al. (2009) did on their classical recall tasks. After hearing status was controlled for with an ANCOVA, the significant differences between age groups disappeared on all STM tasks

presented in our study, with the exception of the nonword delayed repetition task. This exception is discussed below.

Thus, these results seem to indicate that age-related hearing loss is an important explanatory factor of STM difficulties in aging, and add to a growing body of literature highlighting the impact of hearing loss on auditory-verbal STM capacities in older adults (e.g., Baldwin & Ash, 2011; Cervera et al., 2009; McCoy et al., 2005; Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller et al., 1995; Piquado et al., 2010; Rabbit, 1991; Schneider & Pichora-Fuller, 2000; van Boxtel et al., 2000; Wingfield et al., 2005, 2006). Moreover, with exception of the nonword delayed repetition task, these results seem to be consistent with the results of Cervera et al. (2009), Pichora-Fuller et al. (1995), van Boxtel et al. (2000) which suggest that the decline in auditory-verbal STM is explained in most part by the participants' hearing status degradation. The results we present here suggest that this assumption may apply to all components of auditory-verbal STM between the ages of 45 and 84.

As indicated above, the only task where the age-related differences remained significant even after having controlled the participants' hearing statuses was the nonword delayed repetition task. We assume that these results are explained by the fact that this nonword repetition task requires different processes than the other auditory-verbal STM tasks, which are differently affected by aging. Indeed, the nonword repetition task involves an additional counting task. It cannot be totally excluded that the participants tried to maintain the memoranda while counting aloud by threes (although they were instructed not to), and therefore resorted to a combination of high demands on both storage and processing as well as attentional and executive functions. Executive functions have been shown to be affected by aging in many studies (e.g., Belleville, Rouleau, & Caza, 1998; Brink & McDowd, 1999; Gaeta et al., 2001; Kane et al., 1997; Milham et al., 2002). Tun et al. (2009)

found similar results in an experiment which also involved a counting sub-task in the course of a serial recall task, presented to older and young hearing-matched participants as well as to young and older participants with good hearing. The authors observed both hearing and age effects. By contrast, the other tasks presented in our study were passive auditory-verbal STM tasks, which required participants only to decode and maintain auditory memoranda, i.e., simple focusing on target stimuli. Oberauer (2001) showed that these latter processes are preserved in the elderly population. This may explain why we did not find additional effects of aging on these tasks.

This also implies that our results are only valid for the ‘passive’ immediate reproduction tasks used in the present study. It is likely that age effects on more complex STM memory tasks with higher executive load (known as ‘working memory tasks’) will persist. Hearing status effects may nevertheless also affect these working memory tasks, in addition to aging. In line with this assumption, Tun et al. (2009) observed both age and hearing status effects on a dual task combining serial recall and visual target pursuit tasks.

We would note here that in order to tease apart the effects of hearing loss from other aging effects on STM, a more powerful design would compare young and older adults with good hearing to young and older adults with reduced hearing levels, matched for hearing thresholds as in Murphy et al. (2000), Tun et al. (2009), and Wingfield et al. (2006), but on tasks assessing all STM components, as here. Moreover, it would have also been of interest to compare the results in our auditory verbal STM tasks with performance on the same tasks using visual presentation—using written stimuli—in order to explore whether or not these outcomes are specific to the auditory modality (see Pichora-Fuller et al., 1995). However, Baltes and Lindenberger (1997) and Lindenberger and Baltes (1994) also reported strong correlations between

vision and cognitive functioning in aging. Therefore, the results of such a study could be similar to those found here with auditory presentation.

STM decline in older adults has been related to several cognitive factors such as slowed processing speed (Salthouse, 1996b), a lack of inhibitory control (Persad, Abeles, Zacks, & Denburd, 2002), increased sensitivity to interference (Oberauer & Kliegl, 2001), and context-item binding deficits (Oberauer, 2005). The results presented here indicate that hearing loss was also an important explanatory factor of poor STM performance in aging.

In conclusion, we found age-related effects on all components of auditory-verbal STM. However, when the participants' hearing thresholds were controlled for with an analysis of covariance, the differences between age groups became non-significant. Thus, our results indicate that hearing impairment may be an important contributing factor in the impairment of auditory-verbal STM processes between the ages of 45 and 84. Given that age-related hearing loss is a pervasive and global health concern, this study highlights the need to take this factor into account when analyzing age-related decline in STM. Indeed, verbal STM capacities, which generally assessed with auditory-verbal span tasks, may be underestimated in this population due to their age-related decline in hearing abilities.

## Acknowledgements

Support for this research was provided by the University of Liège (doctoral fellowship for fields not eligible for FRIA). We would like to thank Valérie Libioul, Cécile Cambie, Anne-Laure Giraudet and Oriane Leroux for

their contributions to data collection. The authors of the article have no financial or personal conflict of interest relating to this work.

## Etude 5

# **The relationship between naming capacities and short-term memory performance in participants between the ages of 60 and 84 years: a correlational study**

---

Clémence Verhaegen & Martine Poncelet

### **Abstract**

Word production difficulties and STM decrement have been shown in healthy aging. Neuropsychological studies on brain-damaged patients have highlighted associations between language production deficits and impaired temporary storage of verbal information in short-term memory (STM), but there has been little research on the relationship between the two processes in healthy aging. We explored this relation using correlation analyses between a picture naming task and STM tasks specifically assessing the retention of lexical-semantic and phonological information in STM in participants between the ages of 60 and 84 years. The results showed significant correlations between picture naming capacities and the short-term retention of both lexical-semantic and phonological information. This suggests relationships between language production and STM capacities in healthy aging,



## 1. Introduction

Difficulty finding words is a commonly expressed concern among older people (Albert et al., 2009; Burke et al., 1991; Clark-Cotton et al., 2007; Mortensen et al., 2006; Nicholas et al., 1998; Rabbit et al., 1995; Zec et al., 2005). Picture naming studies, both cross-sectional (Kavé et al., 2009; MacKay et al., 2002; Mariën et al., 1998; Newman & German, 2005) and longitudinal (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Connor et al., 2004; Goral et al., 2007) have produced a substantial body of evidence of naming difficulties in aging. These picture naming difficulties have been reported to arise relatively early in the lifespan, in participants from 50 years of age, although these difficulties remain subtle and controversial in this age range (Goulet, et al., 1994; Feyereisen, 1997). Evidence of a naming decline becomes more clear-cut in participants in their 60s, 70s, and beyond (Connor et al., 2004; Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013).

Several explanations for language production difficulties in aging have been proposed, such as a general cognitive slowing (e.g., Salthouse, 1996a) as well as language-specific accounts. The most famous language-specific explanation of age-related naming difficulties is the Transmission Deficit Hypothesis (TDH; Burke et al., 1991, 2000; D.G. McKay & Burke, 1990). In this framework, the language representation system is represented as a vast network of interconnected nodes, separated into lexical-semantic and phonological levels. The strength of connections determines the rate and amount of priming transmitted to and between them, and thus determines what information becomes available. According to the TDH, aging weakens the strength of the connections between nodes, resulting in a reduction of priming transmission and thus of word activation, ultimately leading to more word naming failures in the elderly. Some studies have indicated impaired activation of the phonological representations in participants from 50 to 80 years of age

(Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991; Goral et al., 2007; James & Burke, 2000; White & Abrams, 2002). For instance, Nicholas et al. (1985) conducted a study of word retrieval in a picture naming task in young (30-39 years of age), middle-aged (50-59 and 60-69 years of age) and older adults (70-79 years of age). The authors showed that the number of occasions where phonological cues were needed increased with age but that the benefit of phonological cues was the same across groups. According to Nicholas et al., the results indicate that older participants experience more disrupted access to phonological information than the young participants, leading to more naming difficulties. When given a phonemic cue, this access difficulty can be overcome. Barresi et al. (2000) and Verhaegen and Poncelet (2013) have also shown a degradation within the semantic system in participants from 70 years of age. Indeed, Barresi et al. (2000) examined the consistency of errors produced on a picture naming task by participants in their 50s, their 60s, and their 70s. According to Barresi et al. (2000), consistent naming errors, i.e., successful naming or naming after cueing in an early test session followed by failure to name an item after a phonological cue in a later test session, indicate semantic degradation. They indicated that the naming failures showed more semantic degradation for participants in their 70s compared to participants in their 50s or in their 60s. Similarly, Verhaegen and Poncelet (2013) found that participants from 70 years of age showed lower performance on The Pyramid and Palm Trees Test (Howard and Patterson, 1992) and on a synonym judgment task than younger participants of 25 to 35 and 50 to 69 years of age.

Verbal short-term memory (STM) also declines with age. A large number of studies have reported significant age-related decline in immediate serial recall (ISR) of words, letters, or digits, beginning in participants in their 60s (e.g., Bopp & Verhaeghen, 2005; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004; Kaulser, 1994; Maylor et al., 1999; but see Belleville et al., 1996, and Peters et al., 2007, for contrary findings). In their review of STM difficulties

in aging, Bopp and Verhaeghen (2003) found that older adults' retention of items on ISR tasks was about 90 percent of that of younger participants.

Many studies have highlighted strong relationships between phonological and lexical-semantic language representations and STM performance. For instance, experimental studies on young adults and children have shown better STM performance for item with rich and easily accessible language representations. Indeed, verbal STM span performance is larger for high frequency and high imageability words than for low-frequency and low imageability items, or for words than for nonwords (e.g., Gathercole et al., 1999; Majerus & D'Argembeau, 2011; Majerus & Van der Linden, 2003; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004). Language-based STM models incorporate these relationships (e.g., Acheson, 2009; Acheson & MacDonald, 2009; Acheson et al., 2010; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin et al., 1999). These models include phonological and lexical-semantic representations which strongly interact with STM devices that are responsible for the temporary storage of lexical-semantic and phonological information (R. Martin, et al., 1999). In other models, STM is directly represented within the language system, rather than by a copy in a dedicated STM buffer, and is maintained through the temporary activation of phonological or lexical-semantic language representations (Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996).

Some authors have suggested that language production deficits, either due to lexical-semantic or phonological language representation impairment are related to impaired retention of language information in STM (e.g., Knott et al., 1997, 2000; Majerus, Norris, et al., 2007; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012). For instance, Knott et al. (1997, 2000); R. Martin et al. (1999) showed that patients with aphasia or dementia affecting language representations had better recall for lists made up of words that they were still able to name on a

picture naming task than for lists of words that they could no longer produce. Moreover, it has been shown that patients with a deficit affecting language phonological representations showed less sensitivity to phonological variables such as phoneme length on recall tasks (e.g., Knott et al., 2000; Reilly et al., 2012). Similarly, patients with lexical-semantic representation impairment showed less sensitivity to lexical-semantic attributes such as lexicality or word frequency on STM (e.g., Knott et al., 1997; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012).

The question whether a relationship between language production deficits and STM impairment can also be found in healthy aging wherein language production difficulties are less severe than in aphasia and in dementia has received very little consideration. The two difficulties have often been studied separately, but the strong relationships found on healthy young participants and on brain-damaged patients highlight the interest of studying these difficulties jointly. To our knowledge, only two studies, both by Peters et al. (2007, 2009), have examined the influence of phonological and lexical-semantic language representations on STM performance in elderly participants. The influence of phonological language representations on STM was assessed via the analysis of phonotactic frequency effects on ISR for high and low phonotactic frequency nonwords. The influence of lexical-semantic language representations was assessed using analyses of lexicality effects on ISR for words and nonwords and imageability effects on ISR for concrete and abstract words. No difference was found in these effects between young and older participants, suggesting comparable support from language representations for STM regardless of age. However, given that semantic degradation and impaired activation of phonological representations from semantics have been demonstrated in aging (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Burke & Shafto, 2004; Burke et al., 1991, 2000; Goral et al., 2007; Verhaegen & Poncelet, 2013), we assume that lexical-semantic and phonological representations should provide lesser support for short-term

retention of lexical-semantic and phonological information with aging. Hence, we would have expected to find decreased imageability, lexicality, and phonotactic frequency effects on ISR in the elderly participants. Moreover, in order to clearly assess the relation between language production and short-term retention of verbal information, it would have been of interest to assess language capacities with specific language production tasks, what Peters et al. did not do. Moreover, Peters et al. did not test the short-term retention of phonological and lexical-semantic information with specific tasks such as the rhyme and category probe tasks (Freedman & Martin, 2001; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1994, 1999). In conclusion, further research is needed to clarify the relationship between language production difficulties and STM for verbal information.

In this study, we explore the relationship between language production performance and short-term retention of verbal information in healthy aging. We conducted a correlational study between picture naming capacities, assessed with a picture naming task, and short-term retention of verbal information abilities. These capacities were tested with a word recognition task, assessing the short-term retention of both phonological and lexical-semantic information (Majerus, Metz-Lutz et al., 2007) and rhyme and category probe tasks, dedicated to assess specifically the short-term retention of phonological and lexical-semantic STM (Freedman & Martin, 2001; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1994, 1999). We studied these capacities in participants between 60 and 84 years old, an age range where the presence of picture naming difficulties is well attested and relatively uncontroversial (Barresi et al., 2000; Connor et al., 2004; Verhaegen & Poncelet, 2013) and where STM difficulties have also been shown (Bopp & Verhaeghen, 2005; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004; Maylor et al., 1999). Given that semantic degradation and impaired activation of phonological representations from semantics have been demonstrated in aging, we hypothesized that lower language production performance is related

to lower short-term retention of lexical-semantic and phonological information. Hence, we expected to find positive correlations between language production capacities and the short-term retention of language phonological and lexical-semantic information, assessed with our word recognition and rhyme and category probe tasks, in relation with the strong relationships between language representations and STM capacities highlighted in studies on brain-damaged patients (e.g., Knott et al., 2000; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012).

## **2. Methods**

### **2.1. Participants**

The participants were 49 adults between 60 and 84 years old ( $M = 71.84$  years,  $SD = 7.07$ ) who were native speakers of French. They responded to a questionnaire on their health and reported no history of neurological, cardiac, neuropsychological or psychiatric disorders, and no uncorrected visual problems. They were also carefully screened for medication use. Participants taking antidepressants or other psychoactive medications were excluded from the study. Participants were given the Mattis Dementia Rating Scale (Schmidt et al., 1994) and all of them performed above the cut-off score of 130/144. Vocabulary level was examined with the Mill Hill test (Deltour, 1993). Participants were classified into 3 socio-economic levels: low, middle, and high, according to the classification of Amos et al. (2003) which determines socio-economic level on the basis of participants' years of schooling and profession. There were a relatively equal number of participants within each level (see Table 1). None of the participants was residing in a nursing home.

An age-related general slowing of cognitive processing has been shown to account for a part of the difficulties in naming and STM in the elderly population (Salthouse, 1996a). Hence, cognitive processing speed was assessed via an odd/even judgment task (Schyns & Poncelet, 2002). On this task, 50 digits between 1 and 9 were presented in random order, at the center of the computer screen, using the E-Prime 2.0 software (Psychology Software Tools). Participants had to indicate whether the digits were odd or even by pressing a designated “odd” or “even” key as quickly and accurately as possible. We computed the participants’ correct response latencies. Another potentially relevant consideration is the fact that our STM tasks were presented auditorily. A large body of research has shown that the age-related decline in hearing acuity has an important impact on STM performance in the elderly population (Baltes & Lindenberger, 1997; Cervera et al., 2009; Lindenberger & Baltes, 1994; Murphy et al., 2000; Rabbit, 1968, 1991; Surprenant, 2007; Tun et al., 2009; van Boxtel et al., 2000; Wingfield et al., 2005). We assessed the participants’ auditory acuity via pure-tone audiometry, with 250, 500, 1000, 2000, 3000 and 4000 Hz tones presented to the right and left ears. We calculated bilateral mean pure-tone averages (PTAs), including each frequency, as a measure of general hearing acuity (e.g., Cervera et al., 2009; van Boxtel et al., 2000). None of the participants wore a hearing aid: according to Wingfield et al. (2006), two out of three elderly adults with hearing loss do not use hearing aids. We thus supposed that participants without hearing aids would be more representative of the elderly population. In order to control for the possibility that an age-related cognitive slowing or the participants’ hearing level interfere with the results obtained, we performed partial correlation analyses, with the scores on the odd/even judgment task and the participants’ mean PTAs as control variables. We also partialled out the participants’ age and the percentage of correct responses on the Mattis Scale, as a measure of participants’ general cognitive functioning.

The local research ethics committee approved the study, and all human data included in this manuscript was obtained in compliance with the Helsinki Declaration. All participants gave their informed consent. Sample characteristics are summarized in Table 1.

Table 1  
Sample characteristics

| Variable                                  | Mean    | SD     |
|-------------------------------------------|---------|--------|
| Number of participants                    | 49      | –      |
| Mean age (years)                          | 71.84   | 7.07   |
| Gender (M/F)                              | 18/31   | –      |
| Socio-economic background <sup>a</sup>    |         |        |
| <i>Low</i>                                | 16      | –      |
| <i>Middle</i>                             | 17      | –      |
| <i>High</i>                               | 16      | –      |
| Pure-tone thresholds (dB HL) <sup>b</sup> |         |        |
| 250 Hz                                    | 21.89   | 8.11   |
| 500 Hz                                    | 22.30   | 8.75   |
| 1000 Hz                                   | 21.79   | 9.91   |
| 2000 Hz                                   | 23.88   | 9.82   |
| 3000 Hz                                   | 30.51   | 12.56  |
| 4000 Hz                                   | 33.42   | 12.63  |
| Mean PTA (dB HL)                          | 26.38   | 9.97   |
| Mill Hill (%)                             | 77.12   | 12.33  |
| Processing speed (ms)                     | 1244.19 | 564.79 |

Note. <sup>a</sup> Proportions; <sup>b</sup> Bilateral mean pure-tone audiometry thresholds

## 2.2. Material

### 2.2.1. *Picture naming task*

We selected 134 black and white line drawings from the set of pictures published by Bonin et al. (2003). The pictures were presented in a pseudo-randomized order at the center of the computer screen using the E-Prime 2.0 software. Participants were asked to name each picture as quickly as possible. On each trial, a ready signal (“\*”) appeared at the center of the screen for 500 ms and was followed by a 100-ms tone, which ended at the onset of the picture that the participant had to name. The experimenter then pressed a button to begin the next trial. Participants were given a short break after every 45 trials. Fifteen additional pictures were used as warm-ups. Standard phonemic and semantic cues were provided in case of naming failure. The cues were administered automatically.

The test session was recorded and transcribed for scoring. We analyzed both participants’ picture naming accuracy and correct picture naming latencies. The accuracy score consisted of the percentage of correctly named items. An item was counted as correct if the participant named the item correctly and spontaneously, without any cue. The warm-up items were not included in the scoring. The pictures chosen had a name agreement above 60%, which means that, in Bonin et al.’s study (2003), at least 60% of participants produced the picture’s most common name. Because name agreement on some of the pictures was as low as 60%, we accepted alternative names for the pictures with more than one acceptable name, in keeping with Bonin et al.’s (2003) list. Correct naming latencies were analyzed with the Audacity 1.2.6. software (Mazzoni, 2006) and consisted in the latencies between the onset of the picture and the correct and spontaneous naming of the item.

### **2.2.2. Short-term memory tasks**

#### *2.2.2.1. General STM capacity: digit span task*

General STM capacity was assessed with a digit span task (Wechsler, 1989). This task has been widely used in the literature. Participants were orally presented with sequences of digits, drawn from the numbers 1 to 9, and asked to recall the digits in the order of their presentation. The digits were read aloud by the experimenter and presented at a rate of one item per second. The sequences, which contained from 2 to 9 items, were presented in ascending order of length. There were 2 trials per sequence length. All 16 sequences were presented to each participant. One practice trial preceded the task and was not included in the scoring. We computed the percentage of sequences correctly recalled by pooling over all sequence lengths.

#### *2.2.2.2. Assessment of the short-term retention capacities of phonological and lexical-semantic information*

##### *Word recognition task*

This task from Majerus, Metz-Lutz et al. (2007), consisted of the auditory presentation of sequences of words. After each sequence, a new sequence comprised of all target stimuli and an equal number of distractor stimuli was presented. The participants had to decide whether each probe stimulus matched one of the stimuli in the target list and give their response by pressing a designated key. The stimuli had been prerecorded by a female speaker in a sound-attenuating room and stored on a computer disk, and were

presented via headphones connected to a PC, using E-Prime 2.0 software, at a comfortable hearing level (70 dB SPL) frequently chosen in auditory-verbal STM experiments (e.g., Majerus & D'Argembeau, 2011). They were presented at a rate of one item per second, in sequences of between 2 and 5 items, presented in increasing order of length, with 4 trials per sequence length. The end of the target list was indicated by a brief tone, which was followed by the probe list. Fifty-six targets and 56 negative probe words (distractors) were constructed. The items all had a CVC syllabic structure. The negative probe item differed from the target only by the initial consonant. Lexical frequency was similar for targets ( $M = 18\,893$  occurrences per million; Content et al., 1990) and distractors ( $M = 17\,545$  occurrences per million; Content et al., 1990). We computed the percentage of correct responses on each task by pooling over trials and sequence lengths.

This task was designed to specifically assess the short-term retention of both phonological and lexical-semantic information. We believe that this task is more specific than the ISR tasks, frequently used in the literature (Peters et al., 2007, 2009) or than the digit span task, also presented in this study. Indeed, on these tasks, two types of information have to be retained: the language information and the order of presentation of the stimuli. The retention of serial order is another important component of STM that is distinct from language representations and therefore not affected by language impairment (Attout et al., 2012; Brock & Jarrold, 2005; Burgess & Hitch, 1999; Gupta, 2003; Henson, 1998; Majerus, 2009, 2013; Majerus, Heiligenstein et al., 2009; Majerus, Norris et al., 2007; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006; Majerus, Poncelet et al., 2008). On the word recognition task, only the identity of the words mattered. The participants did not have to focus on the order of presentation of the items. Moreover, the distractors presented in the recognition parts of the task were very close to the target in order to elicit that the participants focused on the items' identity.

*Selective phonological and lexical-semantic short-term memory assessment: rhyme and category probe tasks*

Phonological STM was assessed with a rhyme probe task, while lexical-semantic STM was assessed with a category probe task. These tasks, drawn from Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004), were based on the probe tasks of R. Martin et al. (1994, 1999). Sequences of 2 to 7 items were presented, at a rate of one item per second, followed by a probe word. In the rhyme condition, the participants were asked to judge whether the probe word rhymed with any item in the preceding list; in the semantic category condition, they were asked to judge whether the probe word belonged to the same semantic category as one of the words in the preceding sequence. Responses were given by pressing a designated key. Stimulus recording and presentation procedures were the same as for the preceding task. There were 6 trials each with sequence length 2 and 3, and 7 trials each for sequence lengths 4 to 7. Each serial position was probed equally often. For each sequence length and each condition, there were 2 non-matching probe trials and the remainder (4 for lengths 2 and 3, 5 for lengths 4 to 7) were matching probe trials. A greater number of matching probes was chosen because Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004) showed in their pilot study that non-matching probes were very easily rejected, while the detection of matching items was more difficult and yielded more variable scores, thus increasing the sensitivity of the task. All words were bisyllabic and of medium lexical frequency ( $M = 1\,692$ /million for the rhyme probe;  $M = 2\,009$ /million for the category probe; Content et al., 1990). The categories probed were animals, body parts, clothes, flowers, fruit, furniture, kitchen utensils, professions, tools, vegetables, and transportation. The names of the categories were presented to the participants before the presentation of sequences of lengths 2 and 3, but not before longer sequences, in order to keep participants from using a visual strategy consisting

in visually remembering the categories that had already been presented. Four additional trials were used as warm-ups and were not included in the scoring. We computed the percentage of correct yes/no answers on each task by pooling over trials and sequence lengths.

The rhyme probe task maximized demands on phonological STM. Indeed, a word's phonological trace needs to remain activated in STM to allow the rhyme judgment. By contrast, the category probe task maximized the need to retain lexical-semantic STM information: the semantic traces need to be still activated in STM to allow the judgment of same/different semantic category membership (Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004).

### **2.3. Procedure**

The whole study was conducted in French. Participants were tested individually in a quiet room. The order of the tasks was constant across participants: (1) pure-tone audiometry, (2) picture naming task, (3) digit span task, (4) word recognition task, (5) rhyme probe task, (6) category probe task, (7) odd/even judgment task, (8) Mill Hill test, and (9) Mattis Dementia Rating Scale.

## **3. Results**

Descriptive statistics (means and standard deviations) for picture naming and STM measures are presented in Table 2.

Table 2

Descriptive Statistics on the picture naming and STM tasks

| Task                               | Mean    | SD     |
|------------------------------------|---------|--------|
| Picture naming task                |         |        |
| <i>Correct naming latency (ms)</i> | 2059.79 | 746.24 |
| <i>Naming accuracy (%)</i>         | 84.02   | 11.75  |
| Digit span (%)                     | 53.19   | 10.14  |
| Word recognition (%)               | 85.28   | 8.08   |
| Category probe (%)                 | 75.28   | 9.69   |
| Rhyme probe (%)                    | 80.61   | 11.26  |

We performed partial correlation analyses between percent correct responses and correct picture naming latencies on the picture naming task, on the one hand, and percent correct responses on STM tasks, on the other hand, with age, percent correct responses on the Mattis Scale, mean PTA, and correct response latencies on the odd/even judgment task partialled out.

The results showed that naming accuracy correlated significantly and positively with the percentage of correct responses on the rhyme probe task,  $r = .37$ ,  $p = .01$ , and with the percentage of correct responses on the category probe task,  $r = .47$ ,  $p = .001$ . Correct naming latencies were significantly and negatively correlated with the percentage of correct responses on the category probe task,  $r = -.34$ ,  $p = .02$ . The rest of the correlations between naming capacities and STM performance were non-significant. The results also indicated that naming capacities were significantly correlated with the participants' performance on the Mill Hill test, with  $r = .70$ ,  $p < .001$  and  $r = -.57$ ,  $p < .001$ , for naming accuracy and correct naming latencies, respectively. This latter result indicates that good lexical-semantic representations required on the picture naming task are related to the good lexical-semantic

representations required on the Mill Hill test, suggesting that both capacities are underlain by the same lexical-semantic processes. Finally, we also noted that the two naming measures were significantly and negatively correlated, with  $r = -.70, p < .001$ . This result indicates that the participants that had lower picture naming scores were also slower to name the items, showing that both measures assess the same capacities.

Table 3

Partial correlations between naming capacities and STM measures, with age, percent correct responses on the Mattis Dementia Rating Scale, hearing thresholds, and response latencies on the odd/even judgment task partialled out

|                                  | Digit<br>span <sup>a</sup> | Word<br>recognition <sup>a</sup> | Category<br>probe <sup>a</sup> | Rhyme<br>probe <sup>a</sup> | Naming<br>accuracy <sup>a</sup> | Correct naming<br>latencies (ms) |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Naming<br>accuracy <sup>a</sup>  | -.19                       | -.05                             | .47**                          | .37*                        | -                               | -.78***                          |
| Correct naming<br>Latencies (ms) | .19                        | -.04                             | -.34*                          | -.22                        | -.78***                         | -                                |

Note. <sup>a</sup>Percent correct responses

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

## 4. Discussion

Adults above 60 years of age have been shown to present an age-related decline in naming capacity (Connor et al., 2004; Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013). This decline in naming abilities has been explained by an age-related decrement in the strength of connections within the language system, resulting in degraded activation of phonological language representations from semantic representations and degraded semantic representations (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991; Goral et

al., 2007; James & Burke, 2000; D.G. MacKay & Burke, 1990; Nicholas, et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013; White & Abrams, 2002). An age-related decline in STM capacity has also been evidenced (Bopp & Verhaeghen, 2005; Grégoire & Van der Linden, 1997; Hester et al., 2004; Kaulser, 1994; Maylor et al., 1999) but relationships between language production and STM difficulties have, to our knowledge received very few consideration in healthy aging (Peters et al., 2007, 2009). However, research has demonstrated that language production impairment, either with a phonological or lexical-semantic origin, was related to impaired short-term retention of phonological or lexical-semantic information (Knott, et al., 1997, 2000; Majerus, Norris et al., 2007; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012). Strong relationships between language representations and STM have also been included in language-based STM models (Acheson, 2009; Acheson & MacDonald, 2009; Acheson et al., 2010; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin, et al., 1999). The presence of age-related declines in both processes in elderly participants highlights the importance of evaluating the relationship between the two capacities in this population.

In this study, we investigated the relationships between language and STM capacities in elderly participants between 60 and 85 years old. We computed partial correlations between the participants' picture naming accuracy and their correct picture naming latencies, on the one hand, and the participants' performance on STM tasks assessing the short-term retention of verbal information. Participants were presented a word recognition task, assessing the short-term retention of both phonological and lexical-semantic information and a rhyme and a category probe tasks, assessing selectively the short-term retention of phonological and lexical-semantic information, respectively. Given the strong relationships between language production and STM capacities that have been shown in brain-damaged patients, we expected to find significant correlations between participants' picture naming performance and their performance on STM tasks.

In order to control for the possibility that an age-related general cognitive slowing (Salthouse, 1996a) or age-related hearing impairment (Baltes & Lindenberger, 1997; Cervera et al., 2009; Lindenberger & Baltes, 1994; Murphy et al., 2000; Pichora-Fuller & Schneider, 2000; Rabbit, 1968, 1991; Surprenant, 2007; Tun et al., 2009; van Boxtel et al., 2000; Verhaegen et al., 2013; Wingfield et al., 2005) interfere with the results, the participants' correct response latencies on an odd/even judgment task (assessing cognitive processing speed) and their hearing thresholds were partialled out. We also added the participants' age and their percent correct responses on the Mattis Scale (as a measure of general cognitive processing; Schmidt et al., 1994) as control variables.

We found positive and significant correlations between the percentage of correct responses on the picture naming task and the percentage of correct responses on the rhyme and category probe tasks, and a negative and significant correlation between correct picture naming latencies and the percentage of correct responses on the category probe task. These results suggest that language production abilities are related to short-term retention capacities of phonological and lexical-semantic information in aging. These results confirm the presence of strong relationships between language representations and STM for phonological and lexical-semantic information that have been included in language-based STM models (Acheson, 2009; Acheson & MacDonald, 2009; Acheson et al., 2010; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin, et al., 1999). These results suggest that language production difficulties, due to a degradation within the language representation system affecting the activation of phonological language representations from semantic representations and the semantic representations (Au et al., 1995; Barresi et al., 2000; Burke et al., 1991; Goral et al., 2007; James & Burke, 2000; D.G. MacKay & Burke, 1990;

Nicholas et al., 1998; Verhaegen & Poncelet, 2013; White & Abrams, 2002), are related to reduced short-term retention of phonological and lexical-semantic information. Hence, these results confirm the relation between language production difficulties and poor STM performance that has been showed in brain-damaged patients (Knott, et al., 1997, 2000; Majerus, Norris et al., 2007; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012) and show that relationship between language production and STM can also been found in healthy aging, wherein the language production difficulties are less severe. To our knowledge this is the first time that such an association is demonstrated in healthy aging.

By contrast, we did not find significant correlations between participants' naming capacities and performance on the digit span task or between participants' naming capacities and performance on the word recognition task. This lack of association is likely due to the fact that these tasks offer a less pure assessment of phonological and lexical-semantic STM, and that other cognitive processes interfered with the results. First, the digit span task requires short-term retention not only of language information but also of the order in which the digits are presented. STM for serial order is another component of STM, which is not related to language representations (Attout, et al., 2012; Brock & Jarrold, 2005; Burgess & Hitch, 1999; Gupta, 2003; Henson, 1998; Majerus, 2009, 2013; Majerus, Heiligenstein et al., 2009; Majerus, Norris et al., 2007; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006; Majerus, Poncelet et al., 2008). The order STM requirement on this task may have made it a less specific assessment of the retention of language information, and thereby explain its lack of correlation with the participants' performance on the picture naming task. Moreover, the memoranda on this span task, the digits 1 to 9, are highly frequent linguistic items. Therefore, the requirements for retention of lexical-semantic and phonological information on this task are relatively minimized, which may also account for the lack of correlation with picture naming capacities. Second, the word recognition task required the participants to make a choice between

words that differed from the words by a single phoneme, which was not the case on the rhyme and category probe tasks. This choice may have placed demands on executive processes, such as executive control or inhibition capacities, which have been shown to be degraded in aging (Hasher & Zacks, 1988; Persad et al., 2002; Verhaeghen & Cerella, 2002). The requirement to draw on these capacities may have interfered with the results. In sum, these findings highlight the need of using purer phonological and lexical-semantic STM tasks in order to assess the relation between language and STM capacities.

One methodological limitation must also be noted here. In order to make our assessment of the relation between lexical-semantic and phonological language representations and the short-term retention of verbal information as robust as possible, it would have been of interest to use the same items on both the picture naming task and STM tasks (Knott et al., 1997, 2000; R. Martin et al., 1999).

Finally, the age-related declines in language production or in STM are multi-determined. Although we sought to control for cognitive processing speed, hearing capacities, and general cognitive function, other variables, such as degraded attentional or inhibition capacities, or the presence of early dementia could also have interfered with the results and may account for a part of the correlations that we obtained (Maylor et al., 1999; Zec et al., 2005).

To conclude, our results indicated relationships between naming capacities and the short-term retention of lexical-semantic and phonological information in healthy older participants between 60 and 84 years of age. Although multiple variables may account for a part of the correlations obtained, the results indicate that the integrity of language representations is related to the quality of short-term retention of verbal information in aging.

These findings suggest the possibility of a joint evaluation of language production and STM capacities in future cognitive assessments of elderly participants. Further studies are needed to confirm this relationship and clarify the underlying mechanisms.

## **Acknowledgements**

Support for this research was provided by the University of Liège (doctoral fellowship for fields not eligible for FRIA). We would like to thank Cécile Cambie, Anne-Laure Giraudet and Oriane Leroux for their contributions to data collection.

The authors of the article have no financial or personal conflict of interest relating to this work.

## Etude 6

# Dissociable components of phonological and lexical-semantic short-term memory and their relation to impaired word production in aphasia

---

Clémence Verhaegen, Florence Piertot, and Martine Poncelet

*Cognitive Neuropsychology*. (2013), 30(7-8), 544-563

## Abstract

This study assesses the dissociability of phonological and lexical-semantic short-term memory (STM) in two aphasic patients, BN and TM, and explores the relationship between their STM deficits and their word production impairment. Picture naming performance suggests phonological language production impairment in BN and lexical-semantic language production impairment in TM. On STM tasks, BN presented phonological STM impairment with preserved lexical-semantic STM, while TM presented the reverse profile. These results reveal a double dissociation between phonological and lexical-semantic STM capacities, and suggest that our patients' STM impairment may be selectively related to their language production deficits.



## 1. Introduction

Over the past few decades, a growing literature has shown that aphasia is frequently accompanied by verbal short-term memory (STM) deficits (e.g., Attout et al., 2012; Knott et al., 1997, 2000; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Reilly, 2012; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin et al., 1999; Murray, 2012). However, the nature of these deficits and their relation to language impairment are still debated.

Research has demonstrated that short-term storage of verbal information strongly interacts with phonological and lexical-semantic language representations stored in long-term memory (LTM). For instance, experimental studies on healthy adults and children have shown that the availability of rich and easily accessible language representations enhances immediate serial recall (ISR) of lists of verbal items, with recall span higher for high-frequency words than for low-frequency words (word frequency effect), for high-imageability words than for low-imageability words (imageability effect), for words than for nonwords (lexicality effect), and for high phonotactic frequency nonwords than for low phonotactic frequency nonwords (e.g., Gathercole et al., 1999; Majerus & D'Argembeau, 2011; Majerus & Van der Linden, 2003; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004).

Neuropsychological data provide further evidence of strong interactions between long-term representations and STM, and suggest that damage to representations or processes involved in language, either lexical-semantic or phonological, has a negative impact on STM. For instance, Reilly et al. (2012) found that patients with progressive non-fluent aphasia, a deficit affecting phonological representations, showed less sensitivity to phonological variables such as phoneme length on a recall task. Similarly, patients with lexical-semantic representation impairment, as in aphasia or semantic

dementia, showed less sensitivity to lexical-semantic attributes such as lexicality and word frequency (e.g., Jefferies et al., 2008; Knott et al., 1997, 2000; Majerus, Norris et al.; 2007; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012). However, the view that lexical-semantic language representations influence STM capacities has been recently challenged by Papagno et al. (2013). The recall performance of their patient with semantic dementia, MC, did not differ between lists of words whose meaning the patient still knew and lists of words whose phonological form the patient recognized as familiar without being able to retrieve their meaning. The authors concluded that the influence of long-term knowledge on STM performance is due to familiarity with phonological representations rather than to semantic knowledge.

A number of proposed language-based models of STM have incorporated strong relationships between temporary storage systems and language long-term representations in order to account for the influence of language representations on STM capacities described hereinabove (e.g., Acheson, 2009; Acheson & MacDonald, 2009; Acheson et al., 2010; Hickock, 2012; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin et al., 1999). Most of these models suggest that during STM tasks, decaying temporary traces of the presented verbal information are generated in STM. These decaying STM traces are continuously reactivated through feedback activation from corresponding phonological or lexical-semantic language activations in LTM.

According to some other authors, verbal STM not only interacts with phonological and lexical-semantic language knowledge but has its own distinct temporary storage buffers for phonological and lexical-semantic information. This distinction between phonological and lexical-semantic STM is the core of the model proposed by R. Martin et al. (1999). The authors posit a phonological short-term store that is closely related to phonological language

representations and that is distinct from another, lexical-semantic short-term store, which itself is closely connected to lexical-semantic language representations. This distinction is based on neuropsychological case studies of brain-damaged patients with relatively selective impairment of phonological or lexical-semantic information. For instance, R. Martin, et al. (1994) reported on two patients, EA and AB, both of whom showed reduced recall spans, but whose STM performance was differently affected by phonological and lexical-semantic variables. Patient EA had a selective impairment of phonological STM, showing reduced phonological effects on word span (i.e., no phonological similarity effect in the visual modality and no word length effect in either visual or auditory modalities) but normal effects of semantic variables (i.e., better word than nonword span). EA also performed a rhyme probe task, which taps phonological STM, and a category probe task, used to assess lexical-semantic STM. The results showed that EA's performance was more impaired on the rhyme probe task than on the category probe task, whereas healthy adult controls showed a substantial advantage on the rhyme probe task. AB's performance, in contrast, was worse on the category probe task than on the rhyme probe task. Another patient, ML, showed the same pattern of results as AB (R. Martin & Lesch, 1996). The study of Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004) on three patients who had recovered from Landau-Kleffner syndrome offered further evidence of selective impairment of phonological STM. The patients showed reduced phonological effects (i.e., word length, phonological similarity, phonotactic frequency) but normal lexical-semantic effects (lexicality, word frequency, word imageability) on STM, and their performance was impaired on a rhyme probe task but normal on a category probe task.

Functional neuroimaging studies have also provided evidence of a dissociation between phonological and lexical-semantic STM. In the study of Hamilton and Martin (2012) healthy participants were asked to indicate whether a probe word was synonymous with one of the words previously

presented in a list. The brain areas activated were the left middle frontal gyrus and the left inferior frontal gyrus. By contrast, when their participants were asked to judge whether a probe word rhymed with one of the words previously presented in a list, activation was seen in the precentral gyrus, along with smaller activations in the inferior parietal lobe and the supramarginal gyrus. Thus, lexical-semantic and phonological STM tasks activated distinct areas, suggesting that processing for the two may indeed involve different brain areas.

The studies mentioned above suggest that phonological and lexical-semantic information may be stored in distinct STM buffers. However, these dissociations are based on relatively few cases in the literature. Moreover, Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004) noted that even in the double dissociations reported in the STM literature, the patients were impaired in both phonological and lexical-semantic STM, with the claim of a dissociation between the two STM buffers based on relatively greater impairment on one of the two types of task, either the rhyme or the semantic probe task. For instance, R. Martin et al.'s (1994) patient EA had a rhyme probe span of 2.65 and a category probe span of 2.82, while the corresponding figures for patient AB were 4.62 and 2.19; control participants had rhyme and category probe spans above 5. Thus, the question of whether it is possible to have a full double dissociation between phonological and lexical-semantic STM capacities—one STM buffer impaired and the other completely preserved—remains open.

In this study, we conducted a neuropsychological double case study on two aphasic patients, BN and TM. We aimed to provide further evidence of a dissociation between phonological and lexical-semantic STM components, as suggested by the STM model of R. Martin et al. (1999). We expected to find selective impairment of one STM buffer and the complete preservation of the other.

Both aphasic patients presented word production impairment, a very frequent type of dysfunction in aphasia, characterized by the production of paraphasias, circumlocutions, non-responses, the use of indefinite terms (e.g., “thing”), abnormally long response latencies, and inappropriate pauses (e.g., in the middle of a sentence). We explored these difficulties with a picture description task and a picture naming task. Models of speech production generally suggest that word-finding difficulties can result from one or several lesions within the language system. Although word retrieval models vary in their specific architecture, a common feature of various conceptualizations is their differentiation of at least two major stages of word production: lexical-semantic activation and sublexical phonological activation (Goldrick & Rapp, 2007; Laine & N. Martin, 1996; Levelt et al., 1999; Wilshire et al., 2007). During lexical-semantic selection, the speaker retrieves an abstract lexical-semantic representation of the word that best matches the concept to be expressed, which does not yet specify its form. During sublexical phonological encoding, the speaker generates a complete phonological plan for the word to be produced. These representations contain the phonological information required to engage subsequent articulatory and motor processes. Recent research has used this two-stage framework to analyze word production deficits in aphasic patients. A lexical-semantic impairment leads to semantic and/or other whole-word errors in word production. A patient with a deficit at this stage will be affected by word frequency and age of acquisition. A sublexical phonological impairment leads to phonological errors and induces particular sensitivity to word length (e.g., Goldrick & Rapp, 2007; Laine & N. Martin, 1996, 2006; Wilshire et al., 2007).

Our second aim was to assess the relationship between our patients’ word production impairment and their STM performance. As many language-based STM models suggest (e.g., Acheson, 2009; Acheson & MacDonald, 2009,

Acheson et al., 2010; Hickock, 2012; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran., 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin et al., 1999), there are strong relationships between language representations and STM and between language impairment and STM deficits. Moreover, some authors have suggested that there is a relationship between impaired language production and STM deficits, but this relation stands in need of further investigation. For instance, in a study of patients with language production impairment, Knott et al. (1997, 2000) showed that the patients had better recall for lists made up of words that they were still able to name on a picture naming task than for lists of words that they could no longer produce. R. Martin et al. (1999) further suggested that selective impairment within the language production system may be related to selective STM impairment. They reported a patient, MS, with lexical-semantic production impairment, who experienced severe difficulties on picture naming tasks, especially for low-frequency words. When MS was unable to name a picture, he produced a long description of the object (circumlocution). The patient's language deficit had a negative impact on his STM performance and led to impaired lexical-semantic STM performance—indeed, he showed no lexicality effect in serial recall. MS also produced the same circumlocutions on serial recall tasks as on naming tasks. Finally, he was less likely to succeed at recalling specific items that he failed to produce on picture naming tasks than to recall items that he successfully named. In the present study, we tested the relationship between language production impairment and STM more thoroughly. We hypothesized that impaired naming induced by a phonological deficit may be accompanied by impaired phonological STM, but preserved lexical-semantic STM, and that, conversely, a word production deficit due to lexical-semantic impairment may be linked to impaired lexical-semantic STM and preserved phonological STM.

To test these hypotheses, BN and TM were submitted to an extensive evaluation of their phonological and lexical-semantic STM abilities. The integrity of the patients' phonological STM was assessed using a rhyme probe

task, which has been widely used in the STM literature (e.g., Freedman & R. Martin, 2001; Hamilton & R. Martin, 2012; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1994, 1999). The preservation of lexical-semantic STM was tested using a category probe task (e.g., Freedman & R. Martin, 2001; Hamilton & Martin, 2012; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1994, 1999). The influence of sublexical phonological language representations on STM was assessed by comparing recall of high and low phonotactic frequency nonwords (phonotactic frequency effect). The influence of lexical-semantic language representations on STM was assessed by comparing performance on immediate serial recall (ISR) tasks for words and nonwords (lexicity effect) and for high- and low-frequency words (word frequency effect). According to language-based models of STM, patients with phonological impairment cannot rely on phonological representations to boost recall and such patients should therefore show no phonotactic frequency effect. If lexical-semantic representations are preserved, word frequency and lexicity effects should be normal. On the other hand, in case of lexical-semantic impairment, given that lexical-semantic representations cannot boost recall, word frequency and lexicity should not affect recall performance. If phonological representations are intact, there should be a normal phonotactic frequency effect (e.g., Jefferies, et al., 2008; Knott et al., 1997, 2000; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012). Some authors have also suggested that in case of selective impairment, patients may show an over-reliance on the preserved system. On this view, patients with a phonological impairment may show hypersensitivity to lexical-semantic variables such as word frequency or lexicity, while patients with selective lexical-semantic impairment may show hypersensitivity to phonological variables such as phonotactic frequency (e.g., Knott et al., 2000; Reilly et al., 2012).

## **2. Case descriptions**

### **2.1. Patient BN**

Patient BN, aged 62 at the time of testing, is a French-speaking, right-handed woman with 16 years of formal education. She had previously worked as a teacher of English and Dutch in a secondary school. In August 2011, she suffered from an ischemic stroke in the superficial territory of the left middle cerebral artery. A computerized tomography (CT) scan performed in September 2011 indicated cortical and subcortical damage to the left temporo-parietal area as well as sequelae consisting of porencephalic cavities in the right occipital and frontal areas, affecting the corona radiata and the insular lobe. An initial language evaluation in September 2011 showed that the patient was conscious of her language difficulties. She presented word-finding difficulties both in spontaneous language and on a picture naming task (1/10). Her repetition capacities were also impaired: she successfully repeated 1/5 phonemes, 5/10 syllables, 1/10 nonwords and 6/10 words, with greater difficulty repeating long words. She produced phonological paraphasias, repetitive self-correction and neologisms. BN's word comprehension abilities were preserved (8/9 words), as was her ability to understand short sentences (30/32), but her comprehension of long and grammatically complex sentences (i.e., passive and relative sentences) was impaired (10/16). Finally, the speech therapist also noted that BN showed a reduced STM span (digit span of 3), which has contributed to her impaired performance on repetition tasks and with long and complex sentences. BN began treatment for her language difficulties in September 2011 at the Neuropsychological Rehabilitation Unit of the University Hospital of Liège in Belgium.

Shortly before participating in the study (January 2012), BN was re-examined by her speech therapist. Her sentence comprehension was relatively good (short sentences: 31/32, long and grammatically complex sentences: 14/16). She still had word-finding difficulties, both in spontaneous language and on a picture naming task (28/45), producing phonological paraphasias, repetitive self-correction and neologisms. Her repetition capacities had recovered but remained impaired: she successfully repeated 5/5 phonemes, 5/5 syllables, 4/8 nonwords and 6/8 words. Nevertheless, she dropped out of treatment in March 2012.

## **2.2. Patient TM**

TM is a 59-year-old, French-speaking, right-handed man with 16 years of education. He previously worked as a physical education teacher and as a lifeguard in a public swimming pool. In April 2006, he suffered from a left-hemisphere hemorrhagic stroke. An initial CT scan indicated a left frontal intracerebral hematoma with tetraventricular flooding. He was admitted to surgery to drain the hematoma. A second CT scan in June 2006 indicated cortical-subcortical damage affecting the left frontal-parietal areas and the left frontal horn. A third CT scan in September 2006 did not show any evolution in the aforementioned lesions. TM also had an epileptic seizure in July 2006, and an EEG indicated left fronto-temporal damage. His epilepsy was treated, and he is no longer taking antiepileptics.

In April 2006, TM's speech was agrammatical, and he presented marked word-finding difficulties both in spontaneous language and on a picture naming task (4/31). He produced semantic paraphasias, circumlocutions, perseverations and omissions (i.e., non-responses). He also produced phonetic paraphasias due to a mild dysarthria. TM's word

comprehension was impaired (3/9), and a sentence comprehension assessment could not be performed. His aphasia was treated in the Neuropsychological Rehabilitation Unit of the University Hospital of Liège between 2006 and 2007. In April 2007, a language assessment indicated that TM's language production and comprehension capacities had improved. He scored 34/45 on a picture naming task and presented a frequency effect. TM's comprehension of words (9/9) and short sentences (29/32) was good, but he had difficulties with long and grammatically complex sentences (10/16). His repetition of phonemes (5/5), words (8/10) and nonwords (8/10) was within the normal range but he produced two phonetic paraphasias and two lexicalizations of nonwords. His repetition of long sentences was impaired (2/4), and he still produced semantic paraphasias, circumlocutions, perseverations, omissions and phonetic paraphasias. He also suffered from attentional and STM difficulties (digit span of 3), which affected his repetition and sentence comprehension capacities. TM also presented motor difficulties in the form of a right hemiplegia.

In May 2009, TM suffered from a second left-hemisphere hemorrhagic stroke affecting the frontal lobe, which did not leave him with any new language or motor deficits.

TM was re-examined shortly before participating in the study (March 2012). His word and sentence comprehension were relatively good (short sentences: 31/32, long and grammatically complex sentences: 12/16). He still had word-finding difficulties and produced semantic paraphasias, circumlocutions, perseverations and phonetic paraphasias due to his mild dysarthria. On a repetition test, he successfully repeated 5/5 phonemes, 9/10 syllables, 6/8 nonwords and 6/8 words.

### **3. Control participants**

Each patient's performance was compared to that of a group of 15 healthy adults matched for age (mean age: 60.13; range: 55-65 years), socioeconomic level and years of education (all had a total of between 14 and 17 years of education). The participants responded to a questionnaire on their health, and reported no history of neurological, cardiac, neuropsychological or psychiatric disorders, and no uncorrected hearing or visual problems. All participants were native speakers of French. They had been recruited from the general adult population in the Wallonia-Brussels Federation in Belgium. Each participant gave written informed consent before participating in the study.

## **4. Methods and results**

### **4.1. General procedure**

The test sessions reported here took place in February 2012 for BN and in March 2012 for TM. The whole study was conducted in French. The participants were tested individually. The order of the tasks was constant across participants: (1) Picture naming task, (2) Pyramids and Palm Trees Test, (3) Minimal pair discrimination task, (4) Rhyme probe task, (5) Nonword delayed repetition task, (6) Picture description task, (7) Word and nonword ISR, (8) Synonym judgment task, (9) Spoken word-to-picture matching task, (10) High- and low-frequency word ISR, (11) Category probe task. The experiment was performed in five one-hour sessions with BN and TM and in two one-hour sessions with the control participants.

Each patient's performance was compared to that of the control group using modified *t*-tests (Crawford, Garthwaite, & Porter, 2010). Modified *t*-tests offer an inferential estimate of the distance between the score in a single case and the range of scores of the control group estimated at the population level. A  $p < .05$  indicates individual performance significantly outside the control range (i.e., performance at least two standard deviations below or above the mean performance of the control group, for a two-tailed significance test).

## **4.2. Receptive language capacities**

### **4.2.1. Tasks**

Participants' phonological analysis ability was assessed with a minimal pair discrimination task, and their oral word comprehension was explored using a spoken word-to-picture matching task with phonological distractors.

#### *4.2.1.1. Minimal pair discrimination task*

This task (adapted from Majerus et al., 2001) consisted in the auditory presentation of 56 pairs of consonant-vowel syllables, consisting of the vowel /a/ combined with the consonants /b/, /d/, /f/, /g/, /k/, /l/, /m/, /n/, /p/, /t/, /v/, via headphones connected to a PC. Half of the syllable pairs were identical (example: /va-va/) and half were different (example: /ga-pa/). On "different" trials, the syllable pairs differed by the initial consonant. The participants were asked to indicate whether a pair of syllables were the same or different by pressing a designated key. This task was programmed and presented with the E-Prime 2.0 software (Psychology Software Tools). The percentage of correct responses was computed.

#### 4.2.1.2. Spoken word-to-picture matching task with phonological distractors

On this task (*Batterie longue d'évaluation du langage* [Long language evaluation battery], University of Liège and Catholic University of Louvain), each of the spoken words was presented along with a set of 5 pictures: the target and 4 phonological distractors, each differing from the target by one phoneme (example: /dwa/, /rwa/, /nwa/, /twa/, /pwa/, meaning “finger”, “king”, “nut”, “roof”, “pea”). Lip reading was prevented. There were 4 plates of 5 pictures, with 4 trials per plate. All targets and distractors were monosyllabic words, and the position of the differing phoneme varied: on half of the plates the differing phoneme was word-initial, and on the other half it was word-final. The participants were asked to point to the picture corresponding to the spoken word. The percentage of correct responses was computed.

#### 4.2.2. Results

BN and TM performed within the control range on the minimal pair discrimination task, modified  $t(19) = 1.63$ ,  $p = .12$  and modified  $t < 1$  respectively, and gave 100% correct responses on the spoken word-to-picture matching task with phonological distractors, both modified  $t < 1$ . These results are summarized in Table 1.

### **4.3. Semantic capacities**

#### **4.3.1. Tasks**

The participants' semantic abilities were assessed using two tasks chosen to tap different aspects of semantic knowledge through different modalities: the Pyramids and Palm Trees Test (Howard & Patterson, 1992), in a version requiring participants to match together pictures of objects, and a synonym judgment task (adapted from Majerus et al., 2001), which requires the semantic processing of abstract and concrete auditory words.

##### *4.3.1.1. The Pyramids and Palm Trees Test*

Participants were presented 52 plates of three object-pictures each, with one picture placed above the other two. They were asked to indicate which of the bottom two pictures had the closest semantic relationship to the top picture. Three additional plates were used as warm-ups and were not included in the scoring. The percentage of correct responses was computed.

##### *4.3.1.2. Synonym judgment task*

Sixty pairs of concrete and abstract words were presented orally, and the participants' task was to decide whether the words of a pair had similar meanings. The pairs were matched for imageability (Desrochers & Bergeron, 2000). Three additional trials were used as warm-ups and were not included in the scoring. The percentage of correct responses was computed.

4.3.2. Results

Both patients performed normally on the Pyramids and Palm Trees Test, both modified  $t < 1$ , and on the synonym judgment task, both modified  $t(19) = 1.14, p = .27$  (see Table 1).

Table 1  
Performance (percentage correct) on language reception and semantic tasks

|                                 | BN    | TM    | Controls |      |             |
|---------------------------------|-------|-------|----------|------|-------------|
|                                 |       |       | Mean     | SD   | Range       |
| <i>Language reception</i>       |       |       |          |      |             |
| Minimal pair discrimination     | 96.43 | 100   | 99.52    | 1.84 | 92.86 - 100 |
| Spoken word-to-picture matching | 100   | 100   | 100      | 0    | 100 - 100   |
| <i>Semantic</i>                 |       |       |          |      |             |
| Pyramids and Palm Trees         | 98.08 | 96.15 | 97.44    | 2.88 | 90.39 - 100 |
| Synonym judgment task           | 100   | 100   | 96.89    | 2.66 | 90.00 - 100 |

## **4.4. Language production assessment**

### **4.4.1. Tasks**

#### *4.4.1.1. Picture description task*

Participants were administered The Cookie Theft picture description task from the Boston Diagnostic Aphasia Examination (Goodglass, Kaplan, & Barresi, 2000), a task that is widely used in the study of aphasia and that is considered to be an ecologically valid approximation of spontaneous discourse (Williams et al., 2010). In this task, participants are asked to describe a black and white picture depicting a complex household scene, which includes a child stealing cookies from a high shelf. The test session was recorded and transcribed for analysis. We focused on evidence of word-finding difficulties by analyzing the type of errors produced, the presence of inappropriate pauses (e.g., in the middle of a sentence) and the use of indefinite terms (e.g., “thingy”).

#### *4.4.1.2. Picture naming task*

We also presented a picture naming task because it provides a well-controlled situation in which a specific lexical item must be retrieved, and thus minimizes the participant’s chances of concealing a deficit with circumlocutory responses (Laine & N. Martin, 2006). Moreover, this task allowed us to analyze the effects of psycholinguistic variables such as word frequency, age of acquisition and length, as well as the patients’ patterns of naming errors, in order to collect evidence about the possible locus of their word-finding impairment.

We selected 134 black and white line drawings from the set of Bonin et al. (2003). Bonin et al. reported a name agreement percentage for each picture, consisting of the percentage of participants who produced the most common name. On the basis of these results, we selected pictures with a name agreement higher than 60%. In the present study, each picture was presented centered on the computer screen using the E-Prime 2.0 software. Participants were asked to name each picture as quickly as possible. The pictures were presented in a pseudo-randomized order. On each trial, a ready signal (“\*”) appeared at the center of the screen for 500 ms and was followed by a 100-ms tone, which ended at the onset of the picture. The experimenter then pressed a button to begin the next trial. Participants were given a short break after every 30 trials. Fifteen additional pictures were used as warm-ups. Standard phonemic and semantic cues were provided in case of naming failure.

The test session was recorded and transcribed for scoring. Accuracy was measured as the percentage of correctly named items. A response was counted as correct if the participant named the item correctly and spontaneously. Because name agreement on some of the pictures was as low as 60%, we accepted alternative names for the pictures with more than one acceptable name, in keeping with Bonin et al.’s (2003) list. The warm-up trials were not included in the score. Correct naming latencies were analyzed with the Audacity 1.2.6. software (Mazzoni, 2006) and consisted of the latencies between the presentation of the picture and the correct and spontaneous naming of the items, without any cue.

To analyze the effects of word frequency, subjective age of acquisition and word length, we selected 54 out of the 134 drawings. All selected words were matched on these three variables. Word frequency values were obtained from the LEXIQUE database (New et al., 2001). We chose film frequency, which is an estimate of the number of occurrences of the word out of a total of one

million in a corpus composed of subtitles from very recent television series and films (New et al., 2007). Twenty-seven low-frequency words (<5/million) and 27 higher frequency words (>10/million) were selected. Subjective age of acquisition estimates were obtained from Bonin et al. (2003). Participants in that study were asked to estimate the age at which they thought they had learned each of the names in its written or oral form. Morrison et al. (1997) showed that such subjective ratings correlate highly with objective measures derived from data on children's vocabulary knowledge ( $r = .76$ ) and concluded that the ratings offer a valid reflection of the real age at which a word is typically learned. The five values on Bonin et al.'s (2003) age of acquisition scale corresponded to three-year age bands with 0-3 at one extreme and 12+ at the other. In our analysis, we divided these measures into two categories, choosing 27 early-acquired words (from 0 to 6 years) and 27 late-acquired words (from 7 to 12 years). Finally, for our analysis of the effect of word length, we selected 18 monosyllabic words, 18 bisyllabic words, and 18 trisyllabic words.

The taxonomy of naming errors was adapted from Au et al. (1995) and Laine and N. Martin (2006). We analyzed each erroneous response, even if the participant self-corrected afterwards. Each erroneous response was coded into one of the following 11 categories: (1) Semantic paraphasia: an erroneous response that is semantically related to the target word (i.e., superordinate, member of the same category, associative relationship across semantic boundaries); (2) Circumlocutions: a multiple-word response defining or describing the target object; (3) Formal paraphasia: a real-word erroneous response that shares at least 50 percent of its phonemes with the target; (4) Mixed errors: a response sharing both semantic and phonological features with the target; (5) Unrelated word: a real-word response with no evident relationship to the target word; (6) Visual error: an erroneous word that shares perceptual features with the target, but no semantic features; (7) Phonological paraphasia: an addition, deletion, substitution, transposition of

phonemes in the target word, resulting in a nonword error that shares at least 50 percent of its phonemes with the target; (8) Neologism: a nonword error that shares less than 50 percent of its phonemes with the target; (9) Phonetic paraphasia: the erroneous production of phonemes in the context of non-fluent language, along with articulation difficulties. These errors may be the result of impaired speech motor control, and involve lenition, nasalization, deletion, approximation, and substitution of phonemes, an error in the voicing of a phoneme, or simplifications of complex syllabic structures. The result may even be a phoneme that does not exist in the patient's language; (10) Perseveration: the repetition of a previous correct or incorrect word; (11) Omission: the participant remains silent or indicates his/her inability to name with comments such as "I don't know", "No" ...

#### **4.4.2. Results**

On the picture description task, both BN and TM presented signs of word-finding difficulties. BN's speech was fluent, with correct articulation and prosody, but was interspersed with frequent episodes of word-finding difficulties. These difficulties were manifested by frequent inappropriate pauses (in the middle of a sentence), the use of indefinite terms (e.g., "truc," meaning "thingy") and phonological paraphasias. She also produced repetitive self-corrections. TM's speech was very laborious and non-fluent. He had frequent word-finding difficulties, manifested by frequent inappropriate pauses (in the middle of a sentence), the use of indefinite terms (e.g., "machin," meaning "thing") and semantic paraphasias. These word-finding failures caused TM's speech to lack meaningful information. He also presented mild dysarthria, leading to phonetic paraphasias.

On the picture naming task, as indicated in Table 2, the performance of both BN and TM was impaired. The patients named significantly fewer items

than control participants, with modified  $t(19) = -7.84, p < .001$  and modified  $t(19) = -8.77, p < .001$  for BN and TM respectively, and their correct naming latencies were longer than those of controls, with modified  $t(19) = 12.67, p < .001$  and modified  $t(19) = 7.90, p < .001$  for BN and TM respectively.

BN's length effect (i.e., 1-syllable words named correctly more often than 3-syllable words) was greater than control participants, modified  $t(19) = 3.14, p = .007$ , as well as being longer than that of TM (see Table 2). By contrast, she presented no effect of word frequency or age of acquisition, and did not significantly differ from controls on either, with modified  $t(19) = -1.48, p = .16$  and modified  $t < 1$ , respectively. Out of all of BN's errors, 66.65% were phonological paraphasias, 10.25% were circumlocutions, 7.69% were semantic paraphasias, 7.69% were omissions (i.e., non-responses), 2.56% were neologisms and 12.82% were visual errors. BN also produced repetitive self-corrections. Finally, she showed no beneficial effect from phonemic cues (0%). Since BN's errors were predominantly phonological paraphasias and since she presented a length effect, these data seem to indicate a word production deficit at the sublexical phonological level (e.g., Caplan & Waters, 1995; Shallice et al., 2000).

By contrast, TM presented effects of word frequency (i.e., correctly naming high-frequency words more often than low-frequency words) and age of acquisition (i.e., naming early-acquired words more successfully than late-acquired words) greater than those seen in control participants, with modified  $t(19) = 2.56, p = .02$  and modified  $t(19) = 2.58, p = .02$ , respectively. These effects were also greater than in BN. Contrary to BN, TM did not present a length effect, modified  $t < 1$ . TM's errors were distributed as follows: 33% were omissions (i.e., non-responses), 27.02% were circumlocutions, 24.34% were semantic paraphasias, and 13.51% were phonetic paraphasias due to dysarthria, and 5.20% were visual errors. Finally, TM did benefit from a

phonemic cue, with correct responses following the cue in 42.86% of cases. Since TM presented age of acquisition and word frequency effects, and a majority of TM's naming errors were circumlocutions and semantic paraphasias (51.36% of his errors fell into one of these two categories), we hypothesized that TM's naming impairment was due to a lexical-semantic deficit within the word production system (e.g., Goldrick & Rapp, 2007; Lambon Ralph et al., 2000).

Table 2  
Picture naming task performance

|                               | BN     | TM     | Controls |        |                   |
|-------------------------------|--------|--------|----------|--------|-------------------|
|                               |        |        | Mean     | SD     | Range             |
| Accuracy (%)                  | 56.72* | 52.24* | 94.28    | 4.64   | 84.33 - 100       |
| Correct naming latencies (ms) | 4464*  | 3328*  | 1447.16  | 230.56 | 1120.14 - 1803.87 |
| Psycholinguistic variables    |        |        |          |        |                   |
| Frequency                     |        |        |          |        |                   |
| Low (%)                       | 55.56* | 70.37* | 92.83    | 3.83   | 85.19 - 96.30     |
| High (%)                      | 55.56* | 81.84* | 97.04    | 3.49   | 88.89 - 100       |
| Frequency effect              | 0      | 11.47* | 4.20     | 2.75   | 0 - +7.41         |
| Age of Acquisition            |        |        |          |        |                   |
| Early acquired (%)            | 55.56* | 77.78* | 93.83    | 5.88   | 85.19 - 100       |
| Late acquired (%)             | 55.56* | 66.67* | 94.07    | 6.49   | 77.78 - 100       |
| Age of acquisition effect     | 0      | 11.11* | -0.25    | 4.30   | -11.11 - +7.41    |
| Length                        |        |        |          |        |                   |
| 1 syllable (%)                | 72.22* | 72.22* | 93.70    | 7.53   | 77.78 - 100       |
| 3 syllables (%)               | 44.44* | 72.22* | 92.22    | 7.21   | 77.78 - 100       |
| Length effect (%)             | 27.78* | 0      | -1.48    | 9.02   | -16.67 - +11.11   |

Note. \* Indicates performance significantly different from controls (Crawford et al., 2010).

## 4.5. Short-term memory assessment

### 4.5.1. *Phonological and lexical-semantic STM : rhyme and category probe tasks*

#### 4.5.1.1. *Tasks*

These tasks from Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004) were based on the probe tasks of R. Martin et al. (1994, 1999). Sequences of 2 to 7 items were presented, followed by a probe word. In the rhyme condition, the participants were asked to judge whether the probe word rhymed with any item in the preceding list; in the semantic category condition, they were asked to judge whether the probe word belonged to the same semantic category as one of the words in the preceding sequence. Responses were given by pressing a designated key. There were 6 trials each of sequence lengths 2 and 3, and 7 trials each for sequence lengths 4 to 7. Each serial position was probed equally often. The prerecorded sequences were presented in ascending order of length, at a rate of one item per second, via headphones connected to a PC, using the E-Prime 2.0 software. For each sequence length and each condition, there were two non-matching probe trials and the remainder (4 for lengths 2 and 3, 5 for lengths 4 to 7) were matching probe trials. A greater number of matching probes was chosen because Majerus, Van der Linden, Poncelet et al. (2004) showed in their pilot study that non-matching probes are very easily rejected, while the detection of matching items was more difficult and yielded more variable scores, thus increasing the sensitivity of the task. All words were bisyllabic and of medium frequency (mean: 1692/million for the rhyme probe and 2009/million for the category probe; Content et al., 1990). The categories probed were animals, body parts, clothes, flowers, fruits, furniture, kitchen utensils, profession, tools, vegetables, and transportation. The names of the categories were presented to the participants before the presentation of

sequences of lengths 2 and 3, but not for longer sequences, in order to keep participants from using a visual strategy consisting in visually remembering the categories that had already been presented. We computed the percentage of correct yes/no answers on each task by pooling over trials and sequence lengths. Four additional trials with sequence length 1 were used as warm-ups and were not included in the scoring. The aim of these warm-ups was to measure phonological processing ability because they represent a simple rhyme judgment with minimal STM demands. Both BN and TM gave 100% correct responses on both the rhyme and category probe tasks, all modified  $t_s < 1$ . Then, from 2 to 7 items, STM load increases. In the rhyme probe task, the phonological traces of the rhyming word need to have remained activated in STM to make the rhyme judgment possible, while in the category probe task, semantic traces need to have remained activated in STM to allow the semantic category judgment.

These probe tasks have been widely validated in the literature for selectively maximizing the retention of phonological and lexical-semantic information in STM, known as distinct parts of item STM (e.g., Freedman & R. Martin, 2001; Hamilton & R. Martin, 2012; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1994, 1999). These tasks have been also shown to minimize the demands of other STM capacities, such as serial order (Majerus, Van der Linden, Poncelet, 2004; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006), another critical component of STM. Indeed, on the rhyme and category probe tasks, the participants had to focus only on whether the probe word rhymed with or belonged to the same category as one of the words in the sequence. The order of presentation of items did not matter. Moreover, Majerus, Poncelet, Greffe et al. (2006) reported that performance on these tasks did not correlate with performance on a serial order reconstruction task.

4.5.1.2. Results

As indicated in Table 3, on the rhyme probe task, the test of the integrity of phonological STM, BN's performance was impaired, modified  $t(19) = -3.94, p = .001$ . By contrast, she performed normally on the category probe task, which tested the preservation of lexical-semantic STM, modified  $t(19) = -1.47, p = .16$ . TM, on the other hand, performed normally on the rhyme probe task, modified  $t < 1$ , but was impaired on the category probe task, modified  $t(19) = -2.88, p = .01$ .

Table 3  
Performance (percentage correct) on the rhyme probe task and on the category probe task

|                         | BN     | TM     | Controls |      |               |
|-------------------------|--------|--------|----------|------|---------------|
|                         |        |        | Mean     | SD   | Range         |
| Rhyme probe task (%)    | 72.73* | 86.36  | 88.33    | 3.83 | 81.82 - 93.18 |
| Category probe task (%) | 75     | 65.91* | 84.55    | 6.27 | 72.73 - 95.46 |

Note. \* Indicates performance significantly different from controls (Crawford et al., 2010).

#### **4.5.2. Influences of language representations on STM**

##### *4.5.2.1. Tasks*

###### *Delayed repetition of high and low phonotactic frequency nonwords*

This task (adapted from Majerus & Van der Linden, 2003) consisted of the auditory presentation of 30 high and low phonotactic frequency nonwords via headphones connected to a PC using the E-Prime 2.0 software. The stimuli had a CVC syllabic structure, and all were legal with respect to French phonotactic rules. The mean diphone frequency of the CV segments was 149 (range: 3-524) and the mean diphone frequency of the VC segments was 129 (range: 7-728), according to the database of French phonology by Tubach and Boë (1990). The nonwords were presented in random order. Each was presented in isolation, and followed by a 7-second delay during which the participant counted aloud backwards from 95. This counting task was used to prevent rehearsal during the maintenance delay. At the end of the delay, the experimenter tapped sharply on the desk, indicating that the participant should repeat the target nonword. There were 4 practice trials which were not included in the scoring. We determined the percentage of correctly recalled nonwords. The phonotactic frequency effect was determined by calculating the difference between the scores in the two list conditions.

This task assesses language phonological influences on STM (Majerus & Van der Linden, 2003) and maximizes the retention of phonological item information in STM. A new item was presented on every trial and all nonwords had the same monosyllabic CVC structure, with a predictable phoneme sequence, so that the main requirement was to retain phoneme identity to “fill in” the consonant and vowel positions. At the same time, the fact that the items

were monosyllabic and presented in isolation minimizes the requirements for retaining serial order information (Majerus, Poncelet, Greffe, et al., 2006).

### *Immediate serial recall tasks*

The influence of lexical-semantic knowledge on STM performance was assessed by analyzing lexicality and word frequency effects on ISR (see for example Jefferies et al., 2008; Knott et al., 2000; Majerus & Van der Linden, 2003; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1999).

### *Lexicality effect*

Two separate lists of 60 monosyllabic CVC words and nonwords were presented (task adapted from Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004). The words were of high frequency (>200/million; Content et al., 1990) and the nonwords differed from the words by one phoneme. The sequences ranged in length from 1 to 5 items and were presented in ascending order of length, with 4 trials per sequence length. All sequence lengths were presented. The experimenter read out the lists at a rate of one item per second. At the end of each trial, the participants were asked to recall the words in their order of presentation. We computed the percentage of words and nonwords recalled in correct serial position by pooling over trials and sequence lengths.<sup>2</sup> We also measured the lexicality effect (i.e., greater recall performance for words than for nonwords) by calculating the difference between the scores on the different list conditions.

### Word frequency effect

Two lists of 56 bi-syllabic words were constructed (task adapted from Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004). The items in the two lists were matched for length. The frequency count for the high- and low-frequency lists was  $>10000$  and  $<200$ /million respectively (Content et al., 1990). The sequence lengths ranged from 2 to 5. The presentation and recall procedures were the same as in the two other ISR tasks. We computed the percentage of high- and low-frequency words recalled in correct serial position by pooling over trials and sequence lengths.<sup>6</sup> We analyzed the word frequency effect (better recall performance for high-frequency words than for low-frequency words) by calculating the difference scores between the two list conditions.

Contrary to the other tasks, there were serial order requirements on the ISR tasks: the items had to be recalled in their correct order of presentation. However, as Majerus, Poncelet, Elsen et al. (2006) argued, because the items were sampled from an open pool and were new on every trial, this task puts greater demands on item than on serial order STM.

#### *4.5.2.2. Results*

As shown in Table 4, which gives results from the test of the influence of phonological representations on STM performance, BN showed a reversed phonotactic frequency effect on the nonword delayed repetition task, modified  $t(19) = -3.64$ ,  $p = .002$ . Thus, BN's STM performance did not seem to be influenced by phonological factors. BN performed below the control range in the high phonotactic frequency nonword condition, modified  $t(19) = -2.50$ ,

---

<sup>6</sup> If the participant forgot an item but recalled the other items in the correct serial position, the participant had to give the position of the missed item to be credited with a point for the recalled items.

$p < .03$  but not on low phonotactic frequency nonwords, modified  $t(19) = -1.26, p = .23$ . By contrast, BN presented a normal lexicality effect on the ISR task for words and nonwords, modified  $t < 1$ , suggesting that lexical-semantic representations influenced her STM performance. BN also presented a higher word frequency effect than control participants, modified  $t(19) = 5.11, p < .001$ . In terms of her overall performance on the ISR tasks, BN was impaired on ISR for both words, modified  $t(19) = -3.06, p = .008$ , and nonwords, modified  $t(19) = -3.34, p = .005$ , as well as for both high-frequency words, modified  $t(19) = -3.06, p = .008$ , and low-frequency words, modified  $t(19) = -7.67, p < .001$  (see Table 4).

By contrast, on the nonword delayed repetition task, a test of the influence of phonological representations on STM, TM showed a phonotactic frequency effect, modified  $t(19) = 4.52, p < .001$ , indicating that phonological factors influenced his STM performance, in contrast to BN. He also performed below the control range in the low phonotactic frequency condition, modified  $t(19) = -3.95, p = .001$ , but not in the high-frequency condition, modified  $t(19) = -1.98, p = .07$ . On the other hand, TM presented no lexicality effect on the word/nonword ISR task, significantly differing from controls, modified  $t(19) = -2.40, p = .02$ , suggesting that lexical-semantic representations did not influence TM's STM performance as they do in normal subjects. TM also showed a higher word frequency effect than control participants, modified  $t(19) = 5.45, p < .001$ . Finally, in terms of overall performance, TM was impaired on all ISR tasks and conditions (word ISR, modified  $t(19) = -5.95, p < .001$ ; nonword ISR, modified  $t(19) = -3.14, p = .005$ ; high-frequency word ISR, modified  $t(19) = -9.45, p < .001$ ; low-frequency word ISR, modified  $t(19) = -14.64, p < .001$ ; see Table 4).

Table 4

Performance (percentage correct) on the nonword delayed repetition task, the ISR of words and nonwords and the ISR of high- and low-frequency words

|                                     | BN      | TM     | Controls    |           |                |
|-------------------------------------|---------|--------|-------------|-----------|----------------|
|                                     |         |        | <i>Mean</i> | <i>SD</i> | <i>Range</i>   |
| <i>Nonword delayed repetition</i>   |         |        |             |           |                |
| High-frequency nonwords             | 46.67*  | 53.33  | 78.67       | 12.40     | 60 - 100       |
| Low-frequency nonwords              | 60.00   | 26.67* | 75.56       | 12.00     | 53.33 - 93.33  |
| <i>Phonotactic frequency effect</i> | -12.33* | 26.66* | 5.07        | 4.66      | 0.00 - +13.33  |
| <i>ISR</i>                          |         |        |             |           |                |
| Word ISR                            | 61.67*  | 40.00* | 84.56       | 7.25      | 68.33 - 93.33  |
| Nonword ISR                         | 36.67*  | 38.33* | 61.20       | 7.11      | 50.00 - 73.33  |
| Lexicality effect                   | 25      | 1.67*  | 18.44       | 6.80      | 11.67 - +38.33 |
| High-frequency word ISR             | 78.57*  | 42.86* | 95.83       | 5.47      | 85.71 - 100    |
| Low-frequency word ISR              | 53.37*  | 16.07* | 94.40       | 5.22      | 85.71 - 100    |
| Word frequency effect               | 25.20*  | 26.79* | 1.43        | 4.54      | -5.35 - +14.29 |

Note. \* Indicates performance significantly different from controls (Crawford et al., 2010).

We also analyzed the patients' errors. These errors were not compared to the control participants' errors. Indeed, the controls, either made very few errors, or mainly made non-responses. An analysis of BN's errors on the nonword delayed repetition showed that on high frequency nonwords, 75% were lexicalizations of nonwords and 25% were phonemic paraphasias. On low phonotactic frequency nonwords, BN's errors were only phonemic paraphasias. On the ISR tasks, we analyzed both item and order errors, consisting in repeating an item in the wrong serial position. Non-responses were not included. Indeed, the non-responses are difficult to interpret with regards to the processes responsible for these errors. On the ISR task for words, we counted 16.67% phonemic paraphasias, 5.56% perseverations (i.e.,

repeating an item that has already been repeated), and 77.78% order errors. On the ISR for nonwords, 44.44% of BN's errors were phonemic paraphasias, 11.11% were lexicalizations, 11.11% were perseverations and 33.33 % were order errors. On the ISR for high frequency words, 7% of BN's errors were phonemic paraphasias, and 93% were order errors. On the ISR for low frequency words 38.46% of BN's errors were phonemic paraphasias and 61.54% were order errors.

An analysis of TM's errors on the nonword delayed repetition showed that on high frequency nonwords, 51.14% were phonetic paraphasias, 14.29% were perseverations and 28.57% were lexicalizations. For low phonotactic frequency nonwords, TM's errors were mainly phonetic paraphasias (81.82%), along with 18.18% of perseverations. On the ISR task for words, we counted 15.79% perseverations, 5.26% phonemic paraphasias, and 78.94% order errors. On the ISR for nonwords, 33.33% of TM's errors were phonetic paraphasias, 22.22% were lexicalizations, 18.51% were perseverations and 25.93% were order errors. On the ISR for high frequency words, 9.52 % of TM's errors were phonetic paraphasias, 9.52% were perseverations and 80.95 % were order errors. On the ISR for low frequency words 100% of TM's errors were order errors.

## 5. Discussion

The aim of this neuropsychological case study conducted on two aphasic patients was to provide further evidence on the hypothesized dissociability of phonological and lexical-semantic STM. This distinction was the hallmark of the STM model of R. Martin et al. (1999), and is currently based on relatively few case studies.

Our two patients presented word production difficulties, which is a pervasive pattern in aphasia. On the picture description task, both patients used many indefinite terms, made frequent inappropriate pauses, and frequently produced paraphasias. However, our findings indicate that the locus of defect responsible for the word production deficit differed between the two patients. On the picture description task and the picture naming task, the majority of BN's errors were phonological paraphasias. Moreover, on the picture naming task, BN presented a length effect but no word frequency or age of acquisition effect. By contrast, TM's predominant types of errors were semantic paraphasias and circumlocutions. Furthermore, TM presented word frequency and age of acquisition effects, but no length effect. We concluded that BN's naming deficit may derive from an impairment in sublexical phonological language representation, while TM's language production deficit is likely lexical-semantic (e.g., Caplan & Waters, 1995; Goldrick & Rapp, 2007; Lambon Ralph et al., 2000; Shallice et al., 2000).

Language-based models of STM have posited strong relationships between phonological and lexical-semantic language representations and STM (e.g., Acheson, 2009; Acheson & MacDonald, 2009; Acheson et al., 2010; Hickock, 2012; Majerus, 2009, 2013; N. Martin & Saffran, 1992; N. Martin et al., 1996; R. Martin et al., 1999) and some authors have argued that damage to representations involved in language production should also have a negative impact on STM performance (e.g., Knott et al., 1997; 2000; R. Martin et al., 1999). Moreover, R. Martin et al. (1999) also suggested that selective impairment within the language system may be accompanied by a related selective form of STM impairment. Therefore, our second aim was to assess the relationship between our patients' word production impairment and their STM performance. We hypothesized that selective phonological naming impairment may be accompanied by selective phonological STM impairment with preserved lexical-semantic STM and that a selective lexical-semantic language

production deficit may be accompanied by impaired selective lexical-semantic STM with preserved phonological STM.

The patients' STM performance was carefully investigated. The rhyme and category probe tasks assessed the integrity of phonological and lexical-semantic STM respectively. BN presented phonological STM impairment, as shown by her impaired performance on the rhyme probe task, but completely normal lexical-semantic STM, as measured by the category probe task. By contrast, TM's lexical-semantic STM was impaired, with degraded performance on the category probe task, but his phonological STM was preserved, as reflected by his normal results on the rhyme probe task. The results here thus seem to indicate a double dissociation between phonological and lexical-semantic STM, and therefore support the framework of R. Martin et al. (1994, 1999). Previously, this dissociation has been defended on the basis of double dissociation studies with patients who were impaired on both rhyme and category probe tasks, but whose impairment was greater on one of these types of STM task than the other (e.g., R. Martin, et al., 1994). In our study, we found a stronger double dissociation on these tasks, with impairment on the rhyme or category probe task and completely preserved performance on the other task.

On the ISR for words and nonwords and for high- and low-frequency words, the patients' overall performance was less dissociated than on the rhyme and category probe tasks, as indicated by the data presented in Table 4. We hypothesize that these results can be explained by the presence of a serial order deficit in both patients. Indeed, the errors that both BN and TM produced on this task were mainly order errors. Because the ISR tasks also included serial order requirements, they offer a less "pure" assessment of item STM than the other STM tasks we used. In order to confirm this assumption, we analyzed patients' performance on two serial order STM tasks. The first task

was a digit serial order reconstruction task (see details in Majerus, Poncelet et al., 2008). Participants were auditorily presented sequences of digits (length 3 to 8). At the end of each trial, the participants were given cards on which the digits presented during the sequence were printed and they had to sort the cards according to their order of presentation. On the digit serial order recognition task (see details in Majerus, Leclercq et al., 2009), participants had to judge whether or not two lists of digits (length 3 to 8), presented auditorily, were presented in the same order. On both tasks, the stimuli were known in advance—the participants were told which items would be presented on each trial, and on the digit serial order reconstruction, the digits were also provided at recall. These precautions minimized item phonological or lexical-semantic STM requirements. By contrast, the requirement to retain order information was maximized on both tasks. The results confirmed the presence of serial order impairment in both BN and TM. On the digit serial order reconstruction task, BN gave 47.22% correct responses, modified  $t(19) = -3.59$ ,  $p = .001$ , and TM gave 54.37% correct responses, modified  $t(19) = -2.98$ ,  $p = .007$  (*Mean of the controls* = 88.85; *SD* = 11.31). On the digit serial order recognition task, BN gave 59.52% correct responses, modified  $t(19) = -4.74$ ,  $p < .001$ , and TM gave 64.29% correct responses, modified  $t(19) = -3.87$ ,  $p = .001$  (*Mean of the controls* = 85.56; *SD* = 5.36).

Moreover, TM's impaired results with low phonotactic frequency nonwords are quite surprising given that this task involves phonological STM and is supported by phonological language representations, which are preserved in this patient. While analyzing TM's errors, we discovered that TM produced mainly phonetic paraphasias on this type of nonwords. These paraphasias are due to TM's mild dysarthria, and are present on low phonotactic frequency nonwords because these items have less support from phonological language representations than high phonotactic frequency nonwords, and are consequently more difficult to pronounce.

Thus, TM's weaker performance on the delayed repetition of low phonotactic frequency nonwords seems to be due to dysarthria rather than a phonological STM deficit. Moreover, as mentioned above, on the ISR tasks, BN and TM's serial order STM impairment may have interfered with their overall performance. By contrast, the rhyme and category probe tasks have been widely shown in the literature to be effective in selectively assessing phonological and lexical-semantic STM, without requiring other forms of STM processing such as order STM (e.g., Freedman & R. Martin, 2001; Hamilton & R. Martin, 2012; Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006; Majerus, Poncelet, Elsen et al., 2006; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004; R. Martin et al., 1994, 1999). We thus consider that these tasks offer a reasonably pure assessment of phonological and lexical-semantic STM respectively. These considerations lead us to believe that the patients' dissociated results on these tasks suggest a relatively pure double dissociation between phonological and lexical-semantic STM.

Moreover, the analyses of the influences of language representations on STM on both the nonword delayed repetition task and the ISR tasks for words and nonwords reveal dissociated profiles. This pattern reinforces the evidence of the close relationship between language processing and STM, which is currently based on a small set of cases in the literature (e.g., Knott et al., 1997, 2000; R. Martin et al., 1999; Reilly et al., 2012). BN did not present the expected phonotactic frequency effect on the nonword delayed repetition task, which seems to indicate that, due to her phonological impairment, phonological language representations did not influence her recall performance. By contrast, her normal lexicality effect on ISR indicated that she still relied on her unimpaired lexical-semantic representations for recall. On the other hand, given his lexical-semantic language impairment, TM could not rely on lexical-semantic representations for recall, and indeed he presented no

lexicality effect. He did, however, present a phonotactic frequency effect, indicating that he could still rely on his phonological representations for recall. As previously indicated in the STM literature (e.g., Knott et al., 2000; Reilly et al., 2012), in case of selective impairment of language representations, some patients may show an over-reliance on the intact representations and be more sensitive to related variables. This hypothesis could account for BN's reversed phonotactic frequency effect on the nonword delayed repetition task. Because BN mostly relied on her unimpaired lexical-semantic representations to perform the task, she produced many lexicalizations of nonwords. Indeed, 76.9% of her errors were lexicalizations. Given that high phonotactic frequency nonwords are closer to existing words, they were more susceptible to being lexicalized, and thus incorrectly recalled by BN, than nonwords of low phonotactic frequency.

Furthermore, on the ISR tasks, both patients also produced many paraphasias. BN's item errors were mainly phonemic paraphasias, as on the language production tasks. TM's errors were phonetic paraphasias. The fact that the same errors were produced both in language production and on the STM tasks reinforce the hypothesis of a relationship between the two processes.

Some methodological limitations of the present study should be noted. First, in order to confirm the relationship between language and STM deficits, it would have been of interest to use the same items in both our language and STM tasks. This methodology would have allowed us to establish that the same items would have been well processed or not, offering stronger evidence of the link between the two (e.g., Knott et al., 1997; 2000; R. Martin et al., 1999).

Second, the use of a secondary task during the maintenance delay on the nonword delayed repetition task introduced an additional variable in

comparison with the other STM tasks, which are “passive” STM tasks that simply require the decoding and maintenance of the memoranda. The secondary task may have recruited additional attentional resources, making this task less “passive” than the others. Therefore, we cannot rule out the possibility that the participants’ attentional capacities played a role in the results obtained on this task.

Finally, the effect of frequency on the ISR tasks also requires further discussion. As in the studies of Jefferies et al. (2008); Knott et al. (2000); Majerus and Van der Linden (2003); R. Martin et al. (1999) and Reilly et al. (2012), we had assumed that frequency effects on ISR reflect the influence of lexical-semantic language representations on STM. However, according to other authors, the loci of frequency effects are more widespread, and such effects may reflect the influence of both lexical-semantic and phonological levels of language representations (e.g., Ellis & Lambon Ralph, 2000; Hodgson & Ellis, 1998; Kittredge et al., 2008)—despite the fact that some phonological STM deficit patients do not show frequency effects (see e.g., R. Martin et al., 1994). We assume that this higher frequency effect is due to over-reliance on the intact representation system. However, it would be of interest to further examine the frequency effect on ISR tasks and its relation to language phonological or lexical-semantic impairment.

In conclusion, our study revealed a double dissociation between phonological and lexical-semantic STM. These data support STM models that postulate separate phonological and lexical-semantic short-term stores, such as that of R. Martin et al. (1994, 1999). Furthermore, our data provide further evidence that selective short-term memory impairment may be related to selective word production deficits.

## Acknowledgments

Support for this research was provided by the University of Liège (doctoral fellowship for fields not eligible for FRIA). We would like to thank BN and TM for their kind participation in this study. We also would like to thank Anne Hiernaux and Marie-Anne Van der Kaa for their help with the recruitment of the patients.

There are no conflicts of interest affecting this manuscript.

## Discussion Générale

---



---

## Discussion générale

---

### 1. Rappel des hypothèses et des résultats principaux

Un grand nombre de données récoltées auprès d'adultes et d'enfants sains ainsi que de patients cérébrolésés témoignent du support des représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT. D'une part, des études réalisées auprès d'adultes sains et d'enfants ont montré que les items qui disposent de représentations langagières plus riches et plus facilement accessibles (e.g., mots fréquents ou plus facilement imageables, non-mots de fréquence phonotactique élevée) donnent lieu à de meilleures performances de rappel que les items qui disposent de représentations moins riches et moins facilement accessibles (e.g., mots moins fréquents ou moins imageables, non-mots de basse fréquence phonotactique ; Acheson et al., 2010 ; Gathercole et al., 1999 ; Majerus & Van der Linden, 2003 ; Majerus, Van der Linden, Mulder et al., 2004 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1994 ; Poirier et al., 2011 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995). D'autre part, des études réalisées auprès de patients qui présentent une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières ont montré que les capacités de rétention des informations verbales en MCT dépendent étroitement de la préservation des représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques. Par exemple, il a été démontré que des patients qui présentaient une atteinte langagière affectant sélectivement les représentations phonologiques présentaient également un trouble sélectif de la MCTV phonologique. En effet, les patients manifestaient des effets de longueur déficitaires dans des tâches de rappel, indiquant que les

représentations phonologiques ne soutenaient plus efficacement la MCT. De même, des patients qui présentaient une atteinte langagière lexico-sémantique montraient des effets de lexicalité ou de fréquence lexicale réduits dans des tâches de rappel, indiquant que les représentations langagières lexico-sémantiques ne soutenaient plus efficacement la MCT (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Reilly et al., 2012). Ces patterns de performances mettent en évidence la présence de relations étroites entre les représentations langagières et les performances en MCTV. Ces relations ont été prises en compte dans un grand nombre de modèles interactifs de la MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1999).

Les données avérant l'influence des représentations langagières sur la MCTV sont donc nombreuses mais encore insuffisantes dans le domaine du vieillissement cognitif et de l'aphasiologie. Or, dans ces deux populations, le manque du mot est un trouble récurrent (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Connor et al., 2004 ; Friedmann et al., 2013 ; Goral et al., 2007 ; Laine & Martin, 2006 ; Nickels, 1997, 2002 ; Pillon, 2002 ; Wilshire et al., 2007). De plus, des déficits en MCT ont été fréquemment démontrés (e.g., Attout et al., 2012 ; Bopp & Verhaeghen, 2005 ; Grégoire & Van der Linden, 1997 ; Hester et al., 2004 ; Majerus, 2009 ; N. Martin & Reilly, 2012 ; N. Martin & Saffran, 1997 ; R. Martin et al., 1999 ; Maylor et al., 1999 ; Murray, 2012). Cependant, la nature de ces déficits de même que les liens qu'ils entretiennent avec les capacités de production du langage restent peu définis.

Notre objectif principal a donc été d'étudier l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans le vieillissement cognitif ainsi que dans l'aphasie. Nous avons pour objectif de chercher à déterminer plus avant les relations qui existent

entre les déficits de production des mots et les atteintes en MCT dans ces deux populations ainsi qu'à déterminer si les déficits en MCTV présents chez les personnes âgées et les patients aphasiques pouvaient être expliqués par leurs troubles de la production des mots. Dans le vieillissement sain, selon l'HDT, les difficultés de production des mots sont expliquées par des dégradations au niveau de l'activation des représentations phonologiques à partir des représentations sémantiques ainsi qu'au niveau des représentations sémantiques (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; James & Burke, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990 ; White & Abrams, 2002). De même, il a également été indiqué que les dégradations langagières étaient moins sévères que dans l'aphasie (Burke et al., 2000). Notre hypothèse était que ces dégradations langagières liées à l'âge pouvaient néanmoins être reliées à des difficultés en MCTV (e.g., Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Reilly et al., 2012). Dans l'aphasie, l'intérêt de notre étude résidait dans le fait que les cas de patients que nous avons étudiés présentaient des troubles de la production des mots consécutifs à des atteintes sélectives des représentations langagières lexico-sémantiques ou phonologiques. Ces profils de performances nous ont permis d'explorer dans quelle mesure les atteintes distinctes des représentations langagières que présentaient nos patients pouvaient expliquer leurs déficits spécifiques en MCTV phonologique ou lexico-sémantique (e.g., Caplan & Waters, 1995 ; Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; R. Martin et al., 1999 ; Reilly et al., 2012). Nous nous attendions à ce qu'un déficit langagier phonologique entraîne une atteinte en MCTV phonologique, en raison de la diminution du soutien de ces représentations langagières sur la MCTV. À l'inverse, nous nous attendions à ce qu'en raison d'une atteinte langagière lexico-sémantique, ces représentations ne puissent plus soutenir les capacités de rétention des informations lexico-sémantiques en MCTV et entraînent par conséquent un trouble en MCTV lexico-sémantique. Par l'exploration de ces relations étroites entre ces deux déficits, nous avons également pour objectif d'apporter des preuves supplémentaires aux modèles

interactifs de la MCTV qui postulent l'existence de telles relations (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; N. Martin & Saffran, 1992 ; R. Martin et al., 1999).

Avant d'explorer les relations entre les dégradations de la production des mots et celles de la MCTV dans le vieillissement, nous avons dans un premier temps réalisé une série d'études préliminaires destinées à préciser les dégradations, jusqu'alors peu définies, des capacités de production des mots (**études 1 et 2**) et de la MCTV (**études 3 et 4**) chez les personnes âgées. Les résultats obtenus ont présenté des apports intéressants pour la littérature qui seront discutés dans un premier temps. Ensuite, dans l'**étude 5** nous avons étudié les relations entre les difficultés de production des mots et de la MCTV dans le vieillissement cognitif. Nous avons cherché à objectiver la présence d'un lien entre les dégradations au sein du système langagier montrées dans les **études 1 et 2** et les capacités de rétention des informations verbales en MCT. Finalement, nous avons étudié l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de MCTV dans l'aphasie dans l'**étude 6**.

Dans cette discussion, nous commencerons par résumer les résultats obtenus dans les six études réalisées dans ce travail de thèse. Ensuite, nous discuterons de ces résultats ainsi que des apports qu'ils constituent à la littérature existante.

Dans les **études 1 et 2**, nous avons étudié les capacités de production des mots chez les personnes âgées. Dans un premier temps, nous avons cherché à objectiver la présence d'une dégradation de ces capacités ainsi que l'âge d'apparition de cette dégradation à l'aide d'une tâche de dénomination d'images. Dans l'**étude 1**, nous avons examiné les capacités de dénomination d'images chez des personnes de 50 à 59 ans, de 60 à 69 ans, et de plus de 70 ans, en comparaison avec les capacités de dénomination de participants

contrôles de 25 à 35 ans. L'**étude 2** était une extension de l'étude 1 : nous avons évalué 109 nouveaux participants de 45 à 84 ans en plus de ceux déjà présents dans l'**étude 1** (de 45 à 54 ans, de 55 à 64 ans, de 65 à 74 ans, et de 75 à 84 ans), et nous avons comparé leurs performances à celles de participants contrôles de 25 à 34 ans. Les résultats ont montré une dégradation des capacités de dénomination d'images dès 50 ans dans l'**étude 1** et dès 55 ans dans l'**étude 2**. Cette dégradation se marquait par une augmentation des latences de dénominations correctes mais pas par une diminution du nombre de réponses correctes. La dégradation liée à l'âge augmentait par la suite et se marquait par une diminution du nombre de réponses correctes dès 60 ans dans l'**étude 1** et dès 65 ans dans l'**étude 2** et par des latences de dénomination plus longues. Chez les personnes de plus de 70 ans dans l'**étude 1** et de 75 ans dans l'**étude 2**, les difficultés de dénomination étaient encore plus marquées, tant en ce qui concerne le nombre de réponses correctes que les latences de dénomination.

Le deuxième objectif des **études 1 et 2** était de préciser les explications cognitives des difficultés de production des mots chez la personne âgée. Étant donné que nous avons analysé les latences de dénominations correctes, nous avons cherché à exclure que ce ralentissement était entièrement expliqué par un ralentissement général dû à l'âge, qui affecte toutes les tâches de la même manière (Salthouse, 1996a). Dans ce but, nous avons également présenté aux participants une tâche de jugement pair / impair de chiffres destinée à évaluer leur vitesse de traitement cognitif. Les résultats dans les **études 1 et 2** ont montré que le ralentissement observé en dénomination d'images dès 50 ou 55 ans n'était pas expliqué par un ralentissement général. En effet, le ralentissement observé dans la tâche de jugement pair / impair de chiffres devenait significativement plus important dès 60 ans dans l'**étude 1** et dès 65 ans dans l'**étude 2**, soit 10 ans plus tard que le ralentissement observé en dénomination d'images. De plus, nous avons montré que l'augmentation des latences de dénominations correctes observée

dès 50 ou 55 ans restait significative même après avoir contrôlé les latences de réponse dans la tâche de jugement pair / impair de chiffres dans une analyse de covariance. Ce résultat suggérait que le ralentissement était spécifique à la tâche de dénomination d'images ; nous avons émis l'hypothèse qu'il avait une origine langagière et était dû à une dégradation au sein du système langagier, comme postulé par l'HDT (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; James & Burke, 2000 ; D. G. MacKay & Burke, 1990 ; Goral et al., 2007 ; White & Abrams, 2002). Dans le but de préciser cette dégradation au sein du système de représentations langagières nous avons analysé dans **l'étude 2** les effets des variables psycholinguistiques de fréquence lexicale, d'AOA subjectif, et de longueur sur les latences de dénominations correctes. Les résultats ont montré un effet de fréquence chez les participants de 55 à 84 ans. Par contre, les effets d'AOA et de longueur ne différaient pas entre les groupes d'âge. Le fait que nous ayons observé un effet de fréquence dans les mêmes groupes d'âge que ceux dans lesquels nous avons observé une augmentation significative des latences de dénominations correctes, suggère que le ralentissement en dénomination imputable à l'âge a une origine langagière. Les résultats obtenus dans **l'étude 1** suggèrent également une origine langagière des difficultés de dénomination chez les personnes âgées. En effet, nous avons montré la présence d'une dégradation sémantique dès 70 ans dans une tâche de jugement de synonymie et dans la tâche Pyramides et Palmiers (Howard & Patterson, 1992), indiquant une origine sémantique des difficultés de dénomination d'images à partir de cet âge (Barresi et al., 2000). D'une manière générale, nous avons conclu que les résultats obtenus dans les **études 1 et 2** révèlent que le ralentissement observé en dénomination d'images est dû à une dégradation au sein du système langagier liée à l'âge.

Dans les **études 3 et 4**, nous avons examiné les capacités de MCTV chez la personne âgée. Nous sommes partis d'un constat : la plupart des études qui explorent la MCTV chez les personnes âgées utilisent des tâches de MCTV dans lesquelles les items sont présentés auditivement. Or, il a été démontré

que les personnes âgées présentent une perte auditive liée à l'âge (Cheesman, 1997 ; Cruickshanks et al., 1998 ; Surprenant, 2007). Malgré cela, peu d'études prennent en compte le facteur auditif comme facteur explicatif des difficultés de MCTV chez les personnes âgées (e.g., Hester et al., 2004). Ainsi, dans l'**étude 3**, notre objectif était d'étudier l'impact de la dégradation auditive liée à l'âge sur les capacités de MCTV chez la personne âgée sans recourir à des manipulations expérimentales (e.g., présenter un bruit de fond en même temps que les items à mémoriser) ou statistiques (Baldwin & Ash, 2011 ; Cervera et al., 2009 ; Murphy et al., 2000 ; Pichora-Fuller et al., 1995 ; van Boxtel et al., 2000). Dans ce but, nous avons présenté des tâches de MCTV dans lesquelles les items étaient présentés auditivement (RSI de mots, RSI de mots similaires et dissimilaires et reconstruction de l'ordre sériel) à des participants âgés de 60 à 75 ans qui présentaient une perte auditive légère ainsi qu'à des participants jeunes de 18 à 30 ans, appariés au niveau de la perte auditive avec les personnes âgées, et à des participants jeunes de 18 à 30 ans sans perte auditive. Les tâches présentées dans cette étude étaient des tâches de MCTV « passive », qui requéraient uniquement la rétention des informations à court terme sans manipulation de celles-ci afin de limiter le fait que les capacités exécutives, qui sont fréquemment dégradées chez les personnes âgées (e.g., Verhaeghen & Cerella, 2002), n'intèfèrent avec nos résultats. Nous avons observé que les performances en MCTV des participants âgés et jeunes appariés ne différaient pas et étaient inférieures à celles des participants jeunes avec de bonnes capacités auditives, ce qui suggère que l'audition serait un facteur explicatif important de la dégradation des capacités de MCTV chez les personnes âgées. Les résultats obtenus dans l'**étude 4** appuient l'importance du facteur auditif comme facteur explicatif de la dégradation dans l'ensemble des composantes de la MCTV chez les personnes âgées. En effet, que ce soit dans les tâches évaluant la MCTV ordre sériel (reconnaissance de l'ordre de chiffres), la MCTV item (reconnaissance de mots), ou la MCTV phonologique ou lexico-sémantique (respectivement empan de rimes et de catégories), les diminutions des capacités de MCTV observées chez

participants de plus de 65 ou 75 ans en comparaison avec des participants plus jeunes de 45 à 64 ans, n'étaient plus significatives une fois que les seuils auditifs moyens des participants avaient été contrôlés par une analyse de covariance.

Après avoir précisé les dégradations des capacités de production des mots et de MCTV chez les personnes âgées, **l'étude 5** a porté sur l'exploration des relations entre ces deux capacités. Notre objectif était d'examiner si les dégradations au sein du système langagier mises en évidence dans les **études 1 et 2** étaient reliées à des difficultés de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV. Pour ce faire, nous avons réalisé une étude de corrélations partielles auprès de participants de 60 à 84 ans, entre, d'une part les capacités de production des mots, mesurées par le nombre de réponses correctes et les latences de dénominations correctes dans une tâche de dénomination d'images, et d'autre part les capacités de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV, mesurées par des tâches de reconnaissance de mots, d'empan de rimes et de catégories sémantiques. Nous avons contrôlé l'âge, la vitesse de traitement cognitif des participants (mesurée à l'aide d'une tâche de jugement pair/impair de chiffres), les seuils auditifs des participants ainsi que les scores à l'échelle de Mattis (Schmidt et al., 1994) comme mesure du fonctionnement cognitif global. Les résultats ont montré des corrélations significatives et positives entre le nombre de réponses correctes en dénomination d'images et les nombres de réponses correctes dans les tâches d'empan de rimes et de catégories. Nous avons conclu que ces résultats suggéraient que les capacités de rétention des informations verbales en MCT étaient reliées à l'intégrité des représentations langagières. L'étude de ces relations avait reçu très peu de considération jusqu'alors (Peters et al., 2007, 2009).

Enfin, dans l'**étude 6**, nous avons examiné l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans l'aphasie. Nous avons mené une étude de cas neuropsychologique auprès de deux patients aphasiques, BN et TM, qui présentaient des déficits de la production des mots consécutifs à des atteintes spécifiques des représentations langagières. BN présentait un trouble de la production des mots dû à une atteinte phonologique sublexicale : en dénomination et en description d'images, la patiente produisait des paraphasies phonologiques et présentait une atteinte de l'effet de longueur en dénomination d'images. À l'inverse, TM présentait un déficit de la production de mots consécutif à une atteinte des représentations lexico-sémantiques : il produisait des paraphasies sémantiques et des circonlocutions en dénomination et en description d'images et manifestait une atteinte des effets de fréquence lexicale et d'AOA en dénomination d'images (e.g, Caplan & Waters, 1995 ; Goldrick & Rapp, 2007 ; Lambon Ralph et al., 2000 ; Shallice et al., 2000). Nous avons montré que les atteintes langagières des deux patients affectaient sélectivement leurs capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV, comme cela avait été démontré chez des patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant leurs représentations langagières (Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Majerus, Norris et al., 2007 ; Reilly et al., 2012). En effet, dans une tâche de répétition avec rebours de non-mots de basse et de haute fréquence phonotactique, BN manifestait une atteinte de l'effet de fréquence phonotactique. Par contre, elle présentait un effet de lexicalité en RSI de mots et de non-mots dans les normes. De plus, nous avons montré que son atteinte langagière phonologique affectait sélectivement la tâche d'empan de rimes évaluant les capacités de rétention des informations phonologiques en MCT (R. Martin et al., 1994, 1999). Par contre, BN présentait des résultats dans les normes dans une tâche d'empan de catégories sémantiques, dédiée à l'évaluation sélective de la MCTV lexico-sémantique (R. Martin et al., 1994, 1999). Ces résultats suggèrent que les représentations phonologiques déficitaires de BN ne soutenaient plus efficacement ses

capacités de rétention des informations phonologiques en MCTV, engendrant un déficit de MCTV phonologique. Par contre, la patiente bénéficiait toujours du soutien des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV et ses capacités de MCTV lexico-sémantiques étaient par conséquent préservées. TM présentait le profil inverse. En effet, en RSI de mots et de non-mots, il ne présentait pas d'effet de lexicalité. Par contre, un effet de fréquence phonotactique dans les normes était présent en répétition de non-mots avec rebours. De plus, le déficit langagier lexico-sémantique de TM affectait sélectivement ses performances en empan de catégories. Par contre, le patient présentait des résultats préservés en empan de rimes. Ceci semble indiquer que les représentations lexico-sémantiques déficitaires de TM ne permettaient plus de soutenir la rétention des informations lexico-sémantiques en MCTV, engendrant un déficit en MCTV lexico-sémantique. Par contre, TM bénéficiait toujours du support des représentations langagières phonologiques sur la MCTV ; ses capacités de MCTV phonologiques étaient par conséquent préservées. Ces résultats confirment la présence de relations fortes entre les systèmes de représentations langagières et de MCTV postulées par les modèles interactifs de la MCTV (Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et Saffran, 1992 ; N. Martin et al., 1994 , 1996 ; R. Martin et al., 1999). En outre, ces résultats montrent, pour la première fois à notre connaissance, une double dissociation claire entre les deux systèmes de MCTV phonologique et lexico-sémantique et confirment la séparation entre ces deux systèmes de MCTV postulée par R. Martin et al. (1994, 1999).

Les études menées nous ont donc permis de récolter de nombreux résultats en adéquation avec la littérature ainsi que de réaliser des avancées théoriques intéressantes qui seront discutés ci-dessous.

## **2. Le manque du mot dans le vieillissement sain**

Dans les études 1 et 2, nous avons étudié la dégradation des capacités de production des mots dans le vieillissement. Notre premier objectif était de déterminer l'âge d'apparition de ces difficultés. Ensuite, nous avons tenté de préciser les explications cognitives à l'origine de cette dégradation.

### **2.1. L'âge d'apparition du manque du mot dans le vieillissement sain**

Les résultats obtenus dans les études 1 et 2 ont montré la présence de difficultés subtiles en dénomination d'images dès la cinquantaine et confirment les observations de Connor et al. (2004) et de Nicholas et al. (1998) ainsi que les plaintes de difficultés à trouver ses mots émises par les personnes dès la cinquantaine (Burke et al., 2000 ; Clark-Cotton et al., 2007 ; Mortensen et al., 2006 ; Nicholas et al., 1998). Contrairement à Connor et al. (2004) et à Nicholas et al. (1998) qui ont observé une diminution du nombre de réponses correctes dès la cinquantaine, nous avons montré que ces difficultés se marquaient uniquement par un allongement des latences de dénominations correctes dès 50 ans dans l'étude 1 et dès 55 ans dans l'étude 2, mais pas par une diminution du nombre de réponses correctes. Dès 60 ans dans l'étude 1 et dès 65 ans dans l'étude 2, nous avons observé que les difficultés de dénomination devenaient plus marquées et se manifestaient par une diminution du nombre de réponses correctes en plus de l'augmentation des latences de dénomination. Enfin, dès la septantaine, comme Connor et al. (2004) l'avaient également observé, la dégradation des capacités de dénomination devenait plus importante : nous avons noté une augmentation marquée du nombre d'erreurs ainsi que des latences de dénomination dès 70 ans dans l'étude 1 et dès 75 ans dans l'étude 2.

Nos résultats soulignent l'importance d'évaluer les capacités de dénomination dès 50 ans. En effet, une dégradation subtile peut être observée dans cette décennie. D'un point de vue méthodologique, nos résultats mettent en lumière l'intérêt d'analyser les latences de dénominations correctes afin de mettre en évidence des difficultés subtiles de dénomination qui ne se marquent pas par une diminution du nombre de réponses correctes (e.g., Morrison et al., 2002, 2003 ; Rogalski et al., 2012 ; Rossion & Pourtois, 2004). Ces résultats signifient également que l'absence d'une diminution des capacités de dénomination avant 65 ou 70 ans observée dans certaines études pourrait être due au fait que les auteurs n'ont analysé que le nombre de réponses correctes et non les latences de dénomination (e.g., Mariën et al., 1998 ; Zec et al., 2005).

L'analyse des latences de dénomination est intéressante non seulement pour les études sur le vieillissement cognitif mais aussi pour les études qui portent sur des pathologies caractérisées par des troubles de la production des mots, que ce soient des pathologies acquises comme l'aphasie ou certaines démences (e.g., aphasie progressive primaire) ou des pathologies développementales, comme la dysphasie. L'analyse des latences permettrait d'objectiver des difficultés de production des mots de manière plus fine que les analyses du nombre de réponses correctes, voire de mettre en évidence des troubles de la production des mots de manière plus précoce dans les cas d'atteintes neurodégénératives.

## **2.2. Explications cognitives des difficultés de dénomination d'images chez les personnes âgées**

Nos résultats dans les études 1 et 2 nous ont permis d'exclure le fait que l'entièreté du ralentissement en dénomination d'images observé dès 50 ou 55 ans était expliqué par un ralentissement général (Salthouse, 1996a) affectant toutes les tâches de la même manière. En effet, le ralentissement observé dans la tâche de jugement pair / impair de chiffres apparaissait plus tard dans la vie (dès 60 ans dans l'étude 1 et dès 65 ans dans l'étude 2) que dans la tâche de dénomination d'images (dès 50 dans l'étude 1 et dès 55 ans dans l'étude 2). De plus, dans les études 1 et 2, le ralentissement en dénomination d'images qui se manifestait dès 50 ou 55 ans restait significatif même après que nous avons contrôlé, à l'aide d'une analyse de covariance, les latences de réponse dans une tâche de jugement pair / impair de chiffres, permettant d'évaluer la vitesse de traitement cognitif. Nous avons conclu que le ralentissement était spécifique à la tâche de dénomination d'images et nous avons émis l'hypothèse qu'il serait dû à une dégradation au sein du système de production du langage (Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). Cependant, les résultats obtenus ne nous ont pas permis d'exclure totalement l'influence du ralentissement général lié à l'âge sur une partie de nos résultats. En effet, le ralentissement en jugement pair / impair de chiffres devenait significatif dès 60 ans dans l'étude 1 et dès 65 ans dans l'étude 2 ; dès lors, nous avons postulé qu'à partir de 60 ou 65 ans, le ralentissement en dénomination d'images serait dû à la fois à une dégradation langagière et à un ralentissement général.

Néanmoins, les données récoltées dans les études 1 et 2 ont appuyé l'hypothèse que la dégradation des capacités de dénomination avait une origine langagière. Dans l'étude 2, nous avons montré la présence d'un effet fréquence sur les latences de dénominations correctes chez les personnes de

55 à 84 ans, effet absent chez les participants de 25 à 34 ans et de 45 à 54 ans. Par contre, les effets d'AOA et de longueur ne différaient pas entre les groupes de participants jeunes (25-34 ans), d'âge moyen (45-54 et 55-64 ans) et plus âgés (65-74 et 75-84 ans). La fréquence est une variable qui affecte les représentations langagières (e.g., Bonin & Fayol, 2002 ; Jescheniak & Levelt, 1994). Le fait d'avoir observé un effet de fréquence différent chez les participants de 55 à 84 ans dans les groupes d'âge qui présentaient également une augmentation des latences de dénominations correctes indique l'existence de fonctionnements langagiers différents à partir de 55 ans par rapport aux sujets plus jeunes, et suggère la présence d'une dégradation au sein du système langagier dès 55 ans.

L'analyse des effets des variables psycholinguistiques est fréquemment utilisée afin de localiser l'altération langagière à un niveau de représentations déterminé (e.g. Mortensen et al., 2006). Le locus de l'effet de fréquence au niveau du système de représentations langagières reste fortement débattu à l'heure actuelle et nos résultats ne nous ont pas permis de favoriser l'une des différentes conceptions par rapport aux autres. Ce n'était en effet pas l'objectif de notre étude. Cependant, les résultats obtenus dans l'étude 2 nous ont amenés à proposer certaines hypothèses.

Tout d'abord, étant donné que l'ensemble des mots sur lesquels nous avons effectué nos analyses des effets des variables psycholinguistiques étaient appariés pour les trois variables de fréquence, d'AOA, et de longueur, nous pouvons exclure que le plus grand effet de fréquence observé chez les personnes de 55 à 84 ans soit dû en réalité à l'AOA, comme postulé par Morrison et al. (2002, 2003). De plus, les résultats ont montré que les effets de fréquence et d'AOA variaient différemment en fonction du vieillissement. Dès lors, nos résultats ont également une importance sur le plan psycholinguistique puisqu'il appuient l'hypothèse, avancée par certains

auteurs (e.g., Brysbaert, 1996 ; Ellis & Morrison, 1998 ; Newman & German, 2002, 2005), selon laquelle les effets de fréquence et d'AOA seraient des effets distincts l'un de l'autre et affecteraient par conséquent le système langagier à des niveaux de représentations différents.

L'absence d'une variation de l'effet d'AOA entre les groupes d'âge rejoint les observations de Morrison et al. (2002) qui n'ont pas non plus noté d'effets d'AOA différents entre leurs participants jeunes et âgés. Morrison et al. (2002) considèrent que l'AOA serait une propriété intrinsèque du système qui serait fixée au moment où l'individu acquiert un mot et resterait relativement inchangée par après. Par contre, le fait que les effets de fréquence varient entre les groupes d'âge semble indiquer que les effets de fréquence plus importants chez les personnes âgées seraient reliés à une augmentation des difficultés d'accès lexical avec l'âge, tel que cela a été postulé par l'HDT (Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). En effet, selon l'HDT, l'âge affecterait la force des connexions au sein du système langagier, entraînant dans un premier temps des difficultés de récupération des informations phonologiques à partir de la sémantique. En effet, les connexions entre les représentations sémantiques et phonologiques seraient fragiles car elles seraient uniques. Ces difficultés apparaîtraient dans la cinquantaine (Barresi et al., 2000). Les mots plus fréquents seraient moins sensibles aux effets de l'âge car ils disposeraient de connexions plus fortes et seraient donc récupérés plus facilement. Dès lors, nous postulons que la présence d'un plus grand effet de fréquence chez les personnes de plus de 55 ans dans notre étude 2 pourrait être expliquée par une difficulté d'accès à la phonologie. Cependant, afin de confirmer cette difficulté d'accès, il aurait été intéressant d'analyser les effets de l'indiciage phonologique (e.g., Nicholas et al., 1985). Néanmoins, dans notre étude 2, les participants de moins de 65 ans n'ont pas commis suffisamment d'erreurs pour avoir besoin de cet indiciage. Dans le but d'analyser les effets de l'indiciage phonologique, il aurait été intéressant de présenter une tâche de dénomination plus difficile à réaliser comme une tâche

de dénomination de définitions de mots rares (e.g., Burke et al., 1991 ; James & Burke, 2000 ; White & Abrams, 2002). Une autre alternative aurait été de proposer un paradigme de priming phonologique (e.g., Burke et al., 1991 ; James & Burke, 2000 ; Taylor & Burke, 2002 ; White & Abrams, 2002). D'une manière générale, si les personnes âgées présentent des difficultés d'accès à la phonologie, nous devrions observer une facilitation de la récupération des mots suite à la présentation d'un indice phonologique ou dans un paradigme de priming phonologique (James & Burke, 2000 ; White & Abrams, 2002). Enfin, l'effet de longueur ne différerait pas entre les groupes d'âge. Les effets de longueur sont généralement reliés au lexique phonologique de sortie ou au buffer phonologique de sortie (e.g., Meyer et al., 2003 ; Santiago et al., 2000). Ces observations vont dans le sens d'une préservation plus constante de ces niveaux de représentations avec l'âge, ce qui avait été observé auparavant par James et Burke (2000) et White et Abrams (2002). Cependant, notons ici que les effets des variables psycholinguistiques ont été analysés sur seulement 54 mots. Des études ultérieures seraient nécessaires afin de confirmer les effets obtenus dans notre étude 2.

Les résultats obtenus dans l'étude 1 ont également suggéré une origine langagière aux difficultés de dénomination dues à l'âge. En effet, nous avons montré la présence d'une dégradation des capacités sémantiques dès 70 ans dans une tâche de jugement de synonymes et dans la tâche Pyramides et Palmiers (Howard & Patterson, 1992). Ces résultats confirment les observations d'autres auteurs (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000). Selon Barresi, l'apparition d'une dégradation au sein du système sémantique dès 70 ans serait également due à une diminution de la force des connexions au sein du système langagier (HDT ; Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). Étant donné que les connexions au sein du système sémantique sont plus nombreuses, elles seraient moins sensibles aux effets de l'âge dans un premier temps, dans la cinquantaine et la soixantaine. Ensuite, dès la septantaine, la dégradation langagière s'intensifierait et se marquerait

également au niveau sémantique. Cette hypothèse pourrait également rendre compte de nos résultats.

Enfin, dans nos études 1 et 2 nous avons mis en évidence une dégradation langagière comme facteur explicatif du déclin des capacités de production des mots avec l'âge. Cependant, ce déclin est probablement multi-déterminé : d'autres facteurs que ceux étudiés pourraient également avoir interféré avec nos résultats. Tout d'abord, un grand nombre d'auteurs (e.g., Charlot & Feyereisen, 2005 ; Hasher & Zacks, 1988 ; Persad et al., 2002) ont montré l'existence d'une dégradation des capacités d'inhibition chez la personne âgée. Selon Hasher et Zacks (1988), la diminution des capacités d'inhibition liée à l'âge entraînerait une dégradation des capacités à inhiber les mots compétiteurs au mot cible, activés en même temps que celui-ci dans le système de production langagière, ce qui entraînerait la production de ces compétiteurs. Dès lors, il aurait été intéressant de contrôler les effets de la dégradation des capacités d'inhibition dans nos études. De plus, les personnes âgées présentent une dégradation de leurs capacités visuelles (Baltes & Lindenberger, 1997 ; Lindenberger & Baltes, 1994). Étant donné que nous avons présenté des images, il aurait été intéressant de contrôler la complexité visuelle des images utilisées (e.g., Rogalski et al., 2011). De même, bien que nous ayons exclu de nos groupes des participants qui présentaient un score inférieur à 130 à l'échelle de Mattis (Schmidt et al., 1994), qui présentaient ou avaient présenté une atteinte neurologique ou cardiaque, qui prenaient certains médicaments qui pouvaient altérer les fonctions cognitives (e.g., antidépresseurs) et que nous ayons également contrôlé le niveau socio-économique des participants, d'autres variables, comme la possibilité d'une démence débutante, non objectivée par l'échelle de Mattis, l'hypertension artérielle, le type d'activités langagières effectué durant la vie quotidienne (e.g., des activités sociales, de lecture...) peuvent également avoir eu un impact sur les capacités de production des mots des participants (Albert et al., 2009 ;

Barresi, Obler, Au, & Albert, 1999 ; Connor et al., 2004 ; Feyereisen, 1997 ; Zec et al., 2005).

En conclusion, nous avons observé la présence d'une dégradation des capacités de dénomination dès 50 ou 55 ans. Celle-ci se marque par une augmentation des latences de dénominations correctes mais pas par une augmentation des erreurs de dénomination. Nous avons observé que le ralentissement en dénomination d'images dès 50 ou 55 ans n'est pas entièrement expliqué par un ralentissement général. Bien que d'autres facteurs aient pu interférer avec nos résultats, nous postulons que le ralentissement serait propre à la dénomination d'images et serait dû à une dégradation au sein du système langagier. Cette dégradation langagière est confirmée par la présence d'un plus grand effet de fréquence sur les latences de dénomination chez les personnes à partir de 55 ans. Ensuite, à partir de 60 ou 65 ans, la dégradation augmente et s'objective par l'apparition d'erreurs de dénomination. Finalement, à partir de 70 ans ou 75 ans, les difficultés s'intensifient encore et se marquent par une augmentation du nombre d'erreurs de dénomination et des latences de dénomination par rapport aux participants de moins de 70 ans, ainsi que par des difficultés dans des tâches sémantiques.

### **3. La dégradation des capacités de mémoire verbale à court terme dans le vieillissement sain**

Dans cette section, nous nous centrerons sur les implications relatives à l'étude des capacités de MCTV chez la personne âgée. Dans les études 3 et 4, nous avons mis en évidence que la perte auditive liée à l'âge (Cheesman, 1997 ; Cruikshanks et al., 1998 ; Surprenant, 2007) est un facteur explicatif important de la dégradation des capacités de MCTV chez les personnes âgées. En effet,

dans l'étude 3, nous n'avons pas observé de différence entre les performances de participants âgés de 60 à 75 ans et celles de participants jeunes (18 à 30 ans), appariés au niveau de la perte auditive dans des tâches de MCTV (RSI et reconstruction de l'ordre sériel) dans lesquelles les items étaient présentés auditivement. Les deux groupes présentaient par contre des résultats inférieurs à ceux de participants jeunes (18 à 30 ans) sans perte auditive. De plus, dans l'étude 4, nous avons montré que la dégradation auditive liée à l'âge explique de façon importante la diminution des capacités dans l'ensemble des modalités de la MCTV chez les personnes âgées. En effet, que ce soit dans des tâches évaluant les capacités de rétention temporaire des informations phonologiques et lexico-sémantiques (empan de rimes et de catégories, reconnaissance de mots), ou dans des tâches évaluant les capacités d'ordre sériel (reconnaissance de l'ordre sériel), la diminution des performances observée chez les participants de 65 à 74 ans ou de 75 à 84 ans n'était plus significative une fois que les seuils auditifs des participants avaient été contrôlés à l'aide d'une analyse de covariance. Cependant, afin de confirmer ces résultats, il aurait été intéressant de comparer les performances des personnes âgées à celles de participants jeunes appariés au niveau des seuils auditifs, comme dans l'étude 3.

Nos résultats ont des implications importantes sur les plans théorique et pratique. En effet, les capacités de MCTV chez la personne âgée ont fréquemment été explorées à l'aide de tâches dans lesquelles les items à rappeler sont présentés auditivement. Cependant, peu d'études ont contrôlé la perte auditive liée à l'âge (e.g., Hester et al., 2004). Dès lors, il est possible que la dégradation en MCTV observée dans ces études soit due, en partie du moins, à la diminution des capacités auditives des participants et que leurs capacités de MCTV aient été sous-estimées. De plus, les résultats de l'étude 3 suggèrent que ce constat vaut également pour des pertes auditives considérées comme non pathologiques sur le plan clinique. En effet, la perte auditive moyenne de nos participants jeunes et âgés était inférieure à 25 dB. Or, les études qui

contrôlent les capacités auditives des personnes âgées excluent fréquemment des participants avec une perte auditive significativement pathologique (i.e., supérieure à 25 dB ; e.g., Peters et al., 2009 ; Van der Linden, et al., 1999). Par conséquent, si certaines études ont inclus des participants avec une perte auditive légère, il est possible que cette perte ait interféré avec leurs performances en MCTV. Ces résultats soulignent donc l'importance de prendre en compte la perte auditive liée à l'âge lorsque l'on évalue les capacités de MCTV à l'aide de tâches dans lesquelles les items sont présentés auditivement, afin de ne pas sous-estimer les réelles capacités de MCTV des participants âgés.

D'une manière générale, nos résultats ne nous ont pas permis de mettre en évidence une dégradation des capacités de MCTV chez la personne âgée, étant donné que c'était la perte auditive liée à l'âge qui semblait expliquer la diminution des performances en MCTV. Nous n'excluons cependant pas la possibilité d'une telle dégradation. Dans le but de la mettre en évidence sans que les capacités auditives n'interfèrent avec les résultats, il serait intéressant de présenter des tâches de MCTV en modalité visuelle, dans lesquelles les participants devraient lire les items à rappeler ou reconnaître. Cependant, étant donné que les personnes âgées présentent également une diminution de leurs capacités visuelles, il est possible que l'éventuelle dégradation des capacités en MCTV objectivée dans ce type de tâche soit expliquée par leur faible acuité visuelle. Par exemple, Lindenberger et Baltes (1994) et Baltes et Lindenberger (1997) ont rapporté de fortes corrélations entre la vision et le fonctionnement cognitif, qui augmentaient avec l'âge, ce qui les a amenés à conclure que la dégradation des capacités cognitives liée à l'âge était en partie reliée à une diminution des capacités visuelles.

Les résultats obtenus ne nous ont pas permis d'identifier précisément les mécanismes sous-jacents à l'origine des effets de l'audition sur les capacités

de MCTV. Cependant, les résultats obtenus dans l'étude 3 nous ont permis d'appuyer certaines hypothèses ayant été proposées dans la littérature.

Tout d'abord, Baltes et Lindenberger (1997) et Lindenberger et Baltes (1994) ont postulé que la dégradation conjointe des capacités perceptives et cognitives chez les personnes âgées était expliquée par la présence d'une dégradation neuronale liée à l'âge, qui affectait à la fois les capacités perceptives et cognitives. Cependant, le fait que les performances en MCTV des participants jeunes et âgés ne différaient pas dans notre étude 3 nous a permis de rejeter cette hypothèse comme explication de nos résultats.

Une deuxième possibilité était que la perte auditive des participants aurait entraîné une distorsion des représentations encodées en MCTV et par conséquent de plus faibles performances en MCTV (Lindenberger & Baltes, 1994 ; Murphy et al., 2000 ; Schneider & Pichora-Fuller, 2000). Cependant, dans l'étude 3, nous n'avons pas observé de différence entre les performances des trois groupes de participants dans une tâche de rappel de non-mots isolés, avec une faible charge en MCTV. Ces résultats suggèrent que les items ont également été correctement perçus dans nos autres tâches de MCTV.

Tout comme dans notre étude 3, d'autres auteurs ont également montré que certains participants avec une perte légère à moyenne de l'audition présentaient des difficultés en MCTV malgré une bonne perception des items à rappeler (McCoy et al., 2005 ; Pichora-Fuller, 2003 ; Pichora-Fuller et al., 1995 ; Rabbit, 1968, 1991 ; Wingfield et al., 2005). Selon ces auteurs, chez les participants avec une perte auditive, la perception des items à maintenir nécessiterait trop de ressources attentionnelles pour percevoir efficacement ces items, ce qui laisserait moins de ressources disponibles pour les tâches MCTV, qui seraient par conséquent moins bien effectuées.

L'implication des capacités attentionnelles a récemment été mise en évidence non seulement dans des tâches de MDT, qui impliquent à la fois de traiter et de maintenir l'information, mais également dans des tâches de MCTV passives qui requièrent uniquement la rétention de l'information à court terme, comme les épreuves utilisées dans nos études (Cowan, 1995 ; Majerus, 2009 ; Majerus, Heiligenstein et al., 2009 ; Majerus, 2013 ; Oberauer, 2002). Par exemple, Majerus, Heiligenstein et al. (2009) ont montré que les capacités d'attention sélective expliquaient 30 pourcents de la variance des performances en MCTV chez des enfants de 6-7 ans. L'attention a été intégrée dans certains modèles de la MCTV (Cowan, 1995 ; Majerus, 2009, 2013 ; Majerus, Heiligenstein et al., 2009). Son rôle est de maintenir les items actifs en MCTV jusqu'au rappel. Le système attentionnel est limité en capacité. Dès lors, si dans notre étude 3, nos participants avec des difficultés auditives ont alloué un trop grand nombre de ressources attentionnelles au traitement de l'input auditif dans le but de percevoir efficacement les items, moins de ressources seraient restées disponibles pour effectuer les traitements en MCTV, expliquant leurs plus faibles capacités de MCTV. Dès lors, il aurait été intéressant d'évaluer les capacités attentionnelles des participants afin de contrôler l'interférence de ces facteurs dans la dégradation de leurs capacités de MCTV.

Notons que nos résultats valent uniquement pour les tâches de MCTV passives. Dans les tâches de MDT qui demandent à la fois de maintenir et de traiter l'information et qui font par conséquent appel à des fonctions exécutives, étant donné que les personnes âgées présentent une dégradation du fonctionnement exécutif (Brink & McDowd, 1999 ; Gaeta et al., 2001 ; Kane et al., 1997 ; Milham et al., 2002 ; Oberauer, 2001 ; Oberauer & Kliegl, 2001 ; Verhaeghen & Cerella, 2002), nous postulons que la dégradation des capacités de MDT liée à l'âge resterait significative malgré le contrôle de l'audition (Tun et al., 2009). C'est par exemple ce que nous avons observé dans notre étude 4 dans une tâche de rappel de non-mots incluant un délai durant lequel il était

demandé aux participants de compter à l'envers par pas de trois. Dans cette tâche, nous avons observé que les effets de l'âge restaient significatifs même après le contrôle de l'audition dans une analyse de covariance. Nous avons postulé que cet effet était dû au fait que les participants avaient probablement tenté de récapituler les non-mots durant la tâche de comptage, ce qui aurait dès lors requis des traitements exécutifs.

En conclusion, les difficultés en MCTV liées à l'âge ont été fréquemment reliées à différents processus, tels qu'une diminution des capacités d'inhibition ou de résistance à l'interférence (e.g., Oberauer & Kliegl, 2001 ; Persad et al., 2002). Dans nos études 3 et 4, nous avons montré que l'audition est un facteur explicatif important des difficultés rencontrées par les personnes âgées dans les tâches évaluant l'ensemble des composantes de la MCTV. Nos données soulignent dès lors la nécessité de prendre en compte le facteur auditif lors de l'évaluation de la MCTV chez les personnes âgées afin de ne pas sous-estimer leurs capacités.

#### **4. L'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en mémoire à court terme dans le vieillissement et dans l'aphasie**

Dans la dernière partie de cette discussion, nous aborderons la question principale de ce travail de thèse : l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCT dans le vieillissement sain ainsi que dans l'aphasie. Maintenant que nous avons objectivé la présence de difficultés de production des mots liées à l'âge et que nous avons étudié les capacités de MCTV chez la personne âgée,

nous commencerons par discuter des relations entre la dégradation des capacités de production des mots et les capacités de MCTV dans le vieillissement dans l'étude 5. Ensuite, nous examinerons la question de l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales en MCTV dans l'aphasie dans l'étude 6.

Dans l'étude 5, nous avons montré que le nombre de réponses correctes en dénomination d'images était positivement et significativement corrélé avec le nombre de réponses correctes dans les tâches d'empan de rimes et de catégories, qui évaluent respectivement le stockage temporaire des informations phonologiques et celui des informations lexico-sémantiques en MCTV (e.g., Freedman & R. Martin, 2001 ; Hamilton & R. Martin, 2012 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet et al., 2004 ; R. Martin et al., 1994, 1999). Ces résultats montrent que les performances en production des mots sont reliées aux capacités de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV. Dès lors, les résultats indiquent que les participants qui présentent de faibles capacités de dénomination ont également de plus faibles capacités de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV. Ces résultats montrent donc que même des difficultés de la production des mots plus légères que dans l'aphasie peuvent être reliées à des difficultés de MCTV. Les résultats obtenus dans les études 1 et 2 suggèrent que les difficultés de production des mots liées à l'âge sont dues à une dégradation de la force des connexions au sein du système langagier qui affecte l'activation des représentations phonologiques à partir de la sémantique ainsi que le système sémantique, comme postulé par l'HDT (Au et al., 1995 ; Barresi et al., 2000 ; Burke et al., 1991, 2000 ; D.G. MacKay & Burke, 1990). De plus, des données récoltées auprès de patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières ont montré que les patients qui manifestaient une atteinte langagière phonologique montraient un déficit en MCTV phonologique en raison de la diminution du support des représentations phonologiques sur la MCTV. De même, les

patients qui présentaient une atteinte langagière lexico-sémantique montraient un déficit en MCTV lexico-sémantique en raison la diminution du soutien des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV (Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Reilly et al., 2012). En lien avec ces données, nous postulons que les résultats obtenus dans l'étude 5 suggèrent que les représentations langagières phonologiques et lexico-sémantiques dégradées par le vieillissement ne supporteraient plus efficacement la rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV, ce qui entraînerait des difficultés en MCTV.

Cependant, les corrélations obtenues nous indiquent uniquement des relations entre les représentations langagières et les capacités de MCTV sans que nous ne puissions préciser le sens de ces relations. Dans le but d'étudier davantage l'influence des représentations langagières sur la MCTV, il aurait été intéressant d'examiner l'intégrité du support des représentations langagières phonologiques sur la MCTV à travers l'analyse des effets de fréquence phonotactique dans des tâches de rappel ainsi que l'intégrité du soutien des représentations lexico-sémantiques sur la MCTV à travers l'analyse des effets de lexicalité, de fréquence lexicale, ou d'imagerie (Jefferies et al., 2008 ; Knott et al., 1997, 2000 ; Reilly et al., 2012). À notre connaissance, seuls Peters et al. (2007, 2009) ont examiné les effets de fréquence phonotactique, de lexicalité, et d'imagerie dans des tâches de RSI chez des personnes âgées de 69 à 84 ans en comparaison avec des participants jeunes de 20 à 29 ans. Les résultats ont montré que les participants âgés bénéficiaient autant du support des représentations langagières sur la MCTV que les participants plus jeunes. Cependant, les relations entre les capacités de production des mots et les capacités de MCTV qui ressortent de notre étude 5 soulignent l'intérêt de l'évaluation des liens entre ces deux capacités ainsi que de l'examen des processus sous-jacents à l'origine de ces relations. En effet, dans les études 3 et 4, nous avons vu que l'audition était un facteur explicatif important de la dégradation des capacités de MCTV liée à l'âge. Si la dégradation au sein du

système de représentations langagières affecte les capacités de MCTV, cette dégradation langagière pourrait être un facteur explicatif supplémentaire des difficultés de MCTV rencontrées par les personnes âgées.

Néanmoins, comme nous l'avons déjà évoqué les dégradations des capacités de production des mots et de MCTV chez les personnes âgées sont multi-déterminées. Bien que nous ayons contrôlé le ralentissement cognitif, les seuils auditifs des participants et le fonctionnement cognitif général, il est possible que d'autres variables expliquent une partie des corrélations obtenues entre les capacités de production du langage et de MCTV, comme la dégradation des capacités d'inhibition ou des capacités attentionnelles liées à l'âge (e.g., Brink & McDowd, 1999 ; Charlot & Feyereisen, 2005 ; Gaeta et al., 2001 ; Kane et al., 1997 ; Milham et al., 2002 ; Oberauer, 2001 ; Oberauer & Kliegl, 2001). Dès lors, l'intervention des capacités inhibitrices et attentionnelles des participants sur ces relations mériterait d'être investiguée dans des études ultérieures.

En résumé, l'étude 5 montre des relations entre les capacités de production des mots et les capacités de MCTV dans le vieillissement. Cependant, les processus sous-jacents à l'origine de cette relation de même que le sens de cette relation nécessiteraient d'être précisés.

Les résultats recueillis auprès des patients aphasiques BN et TM dans l'étude 6 nous apportent des éléments de réponse intéressants par rapport à la question principale de ce travail de thèse, dont l'objectif est de déterminer dans quelle mesure les troubles de la production du langage affectent les capacités de rétention des informations verbales en MCT. En effet, la méthodologie utilisée dans cette étude nous a permis de montrer que les capacités de rétention des informations verbales en MCT dépendaient de la préservation des capacités de production du langage. De plus, contrairement à

ce qu'on observe dans le vieillissement normal (où les difficultés de production des mots peuvent être reliées à des dégradations à différents niveaux de représentations), les troubles de la production des mots présentés par nos patients aphasiques dans notre étude 6 étaient dus à une atteinte sélective des représentations langagières. BN présentait une atteinte des représentations phonologiques et TM un déficit des représentations lexico-sémantiques. Les résultats ont montré que les troubles de la production du langage consécutifs à une atteinte sélective phonologique ou lexico-sémantique avaient une influence délétère sur les capacités de rétention des informations verbales phonologiques ou lexico-sémantiques en MCT. En effet, nous avons observé que BN présentait une atteinte de l'effet de fréquence phonotactique indiquant que ses représentations langagières phonologiques déficitaires ne soutenaient plus efficacement sa MCTV. Il en résultait une atteinte de la MCTV phonologique : la patiente présentait des résultats déficitaires dans la tâche d'empan de rimes. Par contre, elle montrait un effet de lexicalité dans les normes, ce qui suggérait que ses représentations langagières lexico-sémantiques, préservées, soutenaient toujours efficacement sa MCTV lexico-sémantique. Il en résultait une préservation de la MCTV lexico-sémantique : la patiente montrait des performances préservées dans la tâche d'empan de catégories sémantiques. TM, quant à lui, présentait le profil inverse : en raison de son atteinte langagière lexico-sémantique, ses représentations langagières lexico-sémantiques déficitaires ne soutenaient plus efficacement sa MCTV, qui était dès lors altérée. En effet, ce patient ne présentait pas d'effet de lexicalité et montrait des résultats déficitaires en empan de catégories sémantiques. Par contre, ses représentations langagières phonologiques soutenaient toujours efficacement sa MCTV phonologique, comme le montrait la présence d'un effet de fréquence phonotactique. Par conséquent, ses capacités de MCTV phonologiques étaient préservées : en effet, TM présentait des résultats dans les normes dans la tâche d'empan de rimes. Ces résultats confirment ce qui avait été principalement observé auprès de patients qui présentaient une atteinte neurodégénérative affectant les représentations langagières (Jefferies

et al., 2008; Knott et al., 1997, 2000 ; Reilly et al., 2012), ainsi que chez le certains patients aphasiques (Caplan & Waters, 1995 ; Jefferies et al., 2008 ; R. Martin et al., 1999). De plus, à l'instar de N. Martin et Saffran (1997) et de Reilly et al. (2012), nous avons objectivé la présence de mécanismes interactifs entre les différents niveaux de représentations. BN commettait des erreurs de lexicalisation de non-mots dans la tâche de répétition de non-mots avec délai. Nous avons donc postulé qu'en raison de la diminution du support des représentations langagières phonologiques sur la MCTV, la patiente présentait une plus grande sensibilité à l'influence des représentations langagières lexico-sémantiques qui étaient préservées. Dès lors, les non-mots étaient remplacés par des mots, car seuls les mots disposent de représentations lexico-sémantiques au sein du système langagier.

Ces résultats soulignent l'intérêt de l'évaluation conjointe des capacités de production des mots et des capacités de MCTV chez les patients aphasiques. En effet, les atteintes des capacités de rétention temporaire des informations phonologiques ou lexico-sémantiques présentées par certains patients aphasiques peuvent être expliquées par leur déficit de production du langage.

Les données obtenues chez des participants âgés et aphasiques ont également des implications intéressantes sur le plan théorique. D'une manière générale, nos résultats confirment la présence de relations entre les représentations langagières stockées en MLT et la MCTV. Les données obtenues chez les patients aphasiques principalement indiquent que ces relations sont étroites et soulignent que les représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques soutiennent spécifiquement les capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV. Les résultats observés chez BN montrent également qu'en cas d'atteinte sélective d'un niveau de représentations langagières, les patients aphasiques auraient tendance à montrer une plus grande sensibilité aux

représentations langagières préservées. Dès lors, nos données soutiennent l'importance de prendre en compte la présence de mécanismes interactifs entre les représentations langagières et la MCTV, ainsi qu'entre les différents niveaux de représentations, comme cela a été postulé par les modèles interactifs de la MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et Saffran, 1992 ; N. Martin et al., 1994, 1996 ; R. Martin et al., 1999). Cependant, afin de vérifier davantage les relations étroites entre les systèmes langagiers et de MCTV montrées dans les études 5 et 6, il aurait été intéressant de proposer les mêmes items, à la fois en dénomination d'images et dans les tâches en MCTV, à l'instar de Knott et al. (1997, 2000) et Martin et al. (1999). Un déficit sur les mêmes items dans les tâches de production du langage et de MCTV permettrait de montrer que le maintien des informations en MCTV dépend étroitement de l'interaction avec les représentations langagières en MLT.

Par ailleurs, les données obtenues dans l'étude 6 auprès des patients aphasiques fournissent des éléments importants par rapport à l'hypothèse de R. Martin et al. (1999) selon laquelle les systèmes de MCTV phonologique et lexico-sémantique sont distincts. En effet, jusqu'à présent l'hypothèse de la séparation entre ces deux systèmes était basée sur la présence de doubles dissociations relatives observées chez des patients qui présentaient des déficits dans l'ensemble des tâches évaluant les systèmes de MCTV phonologique ou lexico-sémantique, avec cependant des troubles plus importants dans un type de tâche par rapport à l'autre (e.g., Freedman & R. Martin, 2001 ; Hanten & Martin, 2001 ; R. Martin & He, 2004 ; R. Martin et al., 1994). Pour la première fois à notre connaissance, les résultats montrent une double dissociation nette entre les deux systèmes de MCTV. En effet, BN présentait une altération de la MCTV phonologique, mise en évidence par des résultats déficitaires en empan de rimes, mais une préservation complète de la MCTV lexico-sémantique, mise en évidence par les performances dans les normes dans la tâche d'empan de catégories sémantiques, tandis que TM

présentait une altération de la MCTV lexico-sémantique, montrée par des résultats déficitaires en empan de catégories et une préservation des capacités de MCTV phonologique, indiquée par des performances préservées en empan de rimes. Cependant, contrairement aux patients de R. Martin et al. (1994) qui présentaient une atteinte de la MCTV en l'absence d'un déficit langagier apparent dans des tâches langagières sans charge en MCTV (e.g. EA et AB ; R. Martin et al., 1994), les atteintes en MCTV phonologique ou lexico-sémantique présentées par nos patients semblent être expliquées par leur déficit de la production des mots. Selon R. Martin et al. (1994, 1999), les buffers phonologiques et lexico-sémantiques sont séparés du système langagier et peuvent être atteints sélectivement. Dans notre étude 6, en raison de la présence simultanée de troubles du langage et de la MCTV, nous ne sommes pas en mesure de déterminer si la MCTV dédiée à la rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques est bien distincte du système de représentations langagières, comme le postulent R. Martin et al. (1994, 1999) ou si elle est intégrée à celui-ci, comme dans d'autres modèles de la MCTV (e.g., Acheson & MacDonald, 2009 ; Majerus, 2009, 2013 ; N. Martin et Saffran, 1992 ; N. Martin et al., 1994 , 1996). Cela n'était pas le but de ce travail de thèse. En effet, les deux types de conceptions peuvent adéquatement rendre compte de nos résultats. Dans le cas où la MCTV est intégrée au système de représentations langagières, un déficit atteignant les représentations langagières affectera également l'activation temporaire de ces représentations lors de tâches de MCTV. Les auteurs qui, au contraire, considèrent que les systèmes langagiers et de MCTV sont distincts conçoivent néanmoins la présence de relations étroites entre ces deux systèmes. Dès lors, une atteinte langagière affectera également les capacités de rétention des informations verbales en MCT. Dans le but d'explorer si les systèmes du langage et de la MCTV sont séparés, il serait intéressant de présenter des cas de patients qui montrent une atteinte de la MCTV mais une préservation des performances dans des tâches qui impliquent le traitement des informations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques sans charge en MCTV.

Enfin, dans l'étude 6, nous avons postulé que les patterns de performances observés chez BN et TM indiquaient que leurs troubles en MCTV étaient expliqués par leur atteinte langagière. Cependant, dans le cas de BN principalement, nous ne pouvons pas totalement exclure que ce soit en réalité son déficit en MCTV qui affecte ses capacités langagières. En effet, BN présente un profil d'aphasie de conduction : elle manifeste de nombreuses conduites d'approches, des paraphasies phonologiques et des difficultés de répétition de non-mots. Shallice et al. (2000) ont attribué le déficit de production de mots des patients aphasiques de conduction à une atteinte de la MCTV phonologique, dans laquelle les traces maintenues s'effaceraient trop rapidement pour permettre l'insertion des phonèmes dans leur trame métrique. Cependant, dans le cas où les traces s'effaceraient trop rapidement en MCTV phonologique, nous nous serions plutôt attendus à une augmentation de l'effet de fréquence phonotactique dans la tâche de répétition de non-mots avec délai plutôt qu'à une réduction de celui-ci. En effet, nous postulons que la patiente aurait eu besoin d'un support important des représentations langagières phonologiques afin de soutenir les traces qui se dégradent en MCTV. De même, dans l'étude 5, nous ne pouvons pas exclure que les corrélations observées entre les capacités langagières et de MCTV soient dues à une influence négative de la MCTV sur le langage. Dans le but d'examiner l'impact d'une atteinte de la MCTV sur les capacités de production du langage, il serait intéressant de réaliser des études auprès de patients cérébrolésés qui présentent une atteinte de la MCTV sans déficit apparent du langage et d'observer les effets du déficit en MCTV sur les représentations langagières dans des tâches de production du langage qui requièrent la rétention à court terme d'un matériel verbal, comme des tâches de répétition ou de production de phrases longues et complexes (e.g., R. Martin & Freedman, 2001), ou dans des tâches de dénomination dans lesquelles un délai serait introduit entre l'image et le moment de la dénomination de celle-ci.

En conclusion, les résultats obtenus dans l'étude 5 indiquent la présence de relations entre les capacités de production des mots et les capacités de rétention des informations phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV chez les personnes âgées. Bien que les corrélations obtenues ne nous aient pas permis de préciser le sens de cette relation, nous avons postulé que les dégradations de l'accès aux représentations phonologiques et des représentations sémantiques liées à l'âge, observées dans les études 1 et 2, ont exercé une influence négative sur les capacités de MCTV phonologique et lexico-sémantique chez les personnes âgées. Les données recueillies auprès des patients aphasiques dans l'étude 6 montrent que les déficits de rétention temporaire des informations phonologiques ou lexico-sémantiques de nos patients sont expliqués par leurs atteintes langagières phonologiques ou lexico-sémantiques, soulignant que les relations entre le langage et la MCTV sont étroites. Ces résultats indiquent que les déficits de la production du langage dans l'aphasie consistent en un facteur explicatif important des déficits en MCTV phonologique et lexico-sémantique observés chez certains patients aphasiques. Dès lors, nos données soulignent la nécessité de prendre en compte les capacités de production des mots lors de l'évaluation des capacités de MCTV chez les personnes âgées saines et chez les patients aphasiques. En effet, en cas de déficit de la production des mots, une part importante de l'atteinte en MCTV phonologique et/ou lexico-sémantique peut être expliquée par le déficit de production langagière.

---

## Conclusions

---

Dans notre travail de thèse, nous avons exploré l'influence des troubles de la production des mots sur les capacités de rétention des informations verbales phonologiques et lexico-sémantiques en MCTV dans le vieillissement sain ainsi que dans l'aphasie.

Dans un premier temps, étant donné que les dégradations des capacités de production des mots et de MCTV restaient peu précisées dans le vieillissement, nous avons d'abord réalisé une série d'études préliminaires destinées à objectiver la présence de dégradations des capacités de production des mots et de MCTV chez les personnes âgées ainsi qu'à déterminer les processus sous-jacents à l'origine de ces difficultés. Nos recherches sur les capacités de production des mots dans le vieillissement ont montré la présence de difficultés de production des mots dès la cinquantaine qui se marquaient par des latences de dénomination d'images plus longues que les participants plus jeunes, et ceci en l'absence d'erreurs de dénomination. Nous avons montré que ce ralentissement n'était pas expliqué par un ralentissement général affectant toutes les tâches de la même manière. Nous avons dès lors postulé qu'il serait expliqué par une dégradation au sein du système de production du langage. Cette dégradation langagière a été confirmée par la présence d'un plus grand effet de fréquence sur les latences de dénomination chez les participants de plus de 55 ans. Ensuite, dans la soixantaine, la dégradation des capacités de production des mots s'intensifiait et s'objectivait par l'apparition d'erreurs de dénomination, en plus du ralentissement en dénomination. Enfin, dans la septantaine, la dégradation devenait encore plus importante, et se marquait par une augmentation des latences et des erreurs de dénomination, ainsi que par une dégradation sémantique. Ensuite, nous avons exploré les capacités de MCTV chez les personnes âgées. Nous avons

montré que la perte auditive liée à l'âge expliquait une part importante de la dégradation observée chez les personnes âgées dans des tâches en MCTV qui utilisaient des items présentés auditivement. En effet, nous avons noté que les dégradations liées à l'âge observées dans des tâches évaluant l'ensemble des composantes de la MCTV n'étaient plus significatives une fois que les seuils auditifs des participants avaient été contrôlés à l'aide d'une analyse de covariance. En outre, nous avons également montré que les performances en MCTV des participants âgés ne différaient pas de celles de participants plus jeunes appariés au niveau des seuils auditifs avec les participants âgés. Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte les capacités auditives des participants âgés lors de l'évaluation de la MCTV dans le vieillissement afin de ne pas sous-estimer leurs réelles capacités en MCTV. D'une manière générale, les études réalisées dans ce travail de thèse ne nous ont pas permis de mettre en évidence la présence d'un déclin en MCTV lié à l'âge. Nous n'excluons cependant pas la possibilité d'une telle dégradation. Dans le but de la mettre en évidence, il serait intéressant de présenter des tâches de MCTV en modalité visuelle (lecture).

Ensuite, nous avons étudié les relations entre les capacités de production des mots et les capacités de rétention des informations verbales phonologiques et lexico-sémantiques en MCT chez les personnes âgées. Nous avons montré la présence de corrélations significatives entre ces deux capacités. Bien que les corrélations ne nous aient pas permis de préciser le sens de cette relation, nous avons postulé que la dégradation de la production du langage liée à l'âge pourrait également être un facteur explicatif des difficultés de rétention des informations verbales en MCT chez les participants âgés.

Enfin, nos recherches sur l'influence des troubles de la production des mots sur les déficits en MCTV chez les patients aphasiques ont montré que

leurs capacités de rétention des informations phonologiques ou lexico-sémantiques en MCTV de nos patients dépendaient étroitement de l'intégrité de leurs représentations langagières phonologiques ou lexico-sémantiques. Ces données confirment la présence de relations fortes entre les représentations langagières et la MCTV postulées par les modèles interactifs de la MCTV et soulignent l'importance de l'évaluation simultanée des capacités de production des mots et de MCTV dans l'aphasie. En effet, chez certains patients aphasiques, leurs troubles en MCTV phonologique ou lexico-sémantique pourraient être expliqués par leurs atteintes de la production des mots.



# Références Bibliographiques

---



## Références Bibliographiques

---

- Acheson, D. J. (2009). Twisting tongues and memories : explorations of the relationship between language production and verbal working memory. *Journal of Memory and Language*, 60(1), 329-350.
- Acheson, D. J., & MacDonald, M. C. (2009). Verbal working memory and language production: Common Approaches to the serial ordering of verbal information. *Psychological Bulletin*, 135(1), 50-68.
- Acheson, D. J., Postle, B. R., & MacDonald, M. C. (2010). The interaction of concreteness and phonological similarity in verbal working memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 36(1), 17-36.
- 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. *Behavior research Methods, Instruments, & Computers*, 31, 531-552.
- Alario, F. X., Ferrand, L., Laganaro, M., New, B., Frauenfelder, U. H., & Segui, J. (2004). Predictors of picture naming speed. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 140-155.
- Albert, M. L., Spiro, A., Sayers, K. J., Cohen, J. A., Brady, C. B., Goral, M., & Obler, L. K. (2009). Effects of health status on word finding in aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57, 2300-2305.
- Amos, J., Jaunin, A., Le Roy-Zen Ruffinen, O., Lurin, J., Petrucci, F., & Pillet, M. (2003). *Relever les défis de la société de l'information - Rapport Genevois ALL*. Genève, Switzerland: Service de la recherche en éducation.
- Attout, L., Van der Kaa, M.-A., Georges, M., & Majerus, S. (2012). Dissociating short-term memory and language impairment: The importance of item and serial order information. *Aphasiology*, 26(3-4), 355-382.

- Au, R., Joung, P., Nicholas, M., Obler, L., Kass, R., & Albert, M. (1995). Naming ability across the adult life span. *Aging and Cognition*, 2(1), 300-311.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A., Gathercole, S. E., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105(1), 158-173.
- Baddeley, A., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation*. London: Academic Press.
- Baddeley, A., Lewis, V., & Vallar, G. (1984). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 36, 233-252.
- Baddeley, A., & Warrington, E. K. (1970). Amnesia and the distinction between long and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 1976-1189.
- Baldwin, C. L., & Ash, I. K. (2011). Impact of sensory acuity on auditory working memory span in young and older adults. *Psychology and Aging*, 26(1), 85-91.
- Balota, D. A., Dolan, P. O., & Duchek, J. M. (2000). Memory changes in healthy young and older adults. In E. Tulving & F. I. Craik (Eds.), *The Oxford Handbook of Memory* (pp. 395-409). New York: Oxford University press.
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 12(1), 12-21.
- Balthazar, M. L., 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.
- Barresi, B., Nicholas, M., Connor, L., Obler, L., & Albert, M. (2000). Semantic degradation and lexical access in age-related naming failures. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 7(3), 169-178.
- Barresi, B., Obler, L. K., Au, R., & Albert, M. L. (1999). Language-related factors influencing naming in adulthood. In H. Hamilton (Ed.), *Language and communication in old age and language: Multidisciplinary perspectives*. New York: Garland Publishing.
- Baudot, J. (1992). *Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain*. Montreal, Canada: Presses de l'Université de Montréal.
- Belke, E., Brysbaert, M., Meyer, A. S., & Ghyselinck, M. (2005). Age of acquisition effects in picture naming: evidence for a lexical semantic competition hypothesis. *Cognition*, 96(2), B45-B54.
- Belke, E., & Meyer, A. S. (2007). Single and multiple object naming in healthy ageing. *Language and Cognitive Processes*, 22(8), 1178-1211.
- 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.
- Belleville, S., Rouleau, N., & Caza, N. (1998). Effects of normal aging on the manipulation of information in working memory. *Memory and Cognition*, 26(3), 572-583.
- Bonin, P. (2013). *Psychologie du langage. La fabrique des mots. Approche cognitive*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Bonin, P., & Fayol, M. (2002). Frequency effects in the written and spoken production of homophonic picture names. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14(3), 289-313.
- Bonin, P., Peereman, R., Maladier, N., Méot, A., & Chalard, M. (2003). A new set of 299 pictures for psycholinguistic studies: French norms for name

- agreement, image agreement, conceptual familiarity, visual complexity, image variability, age of acquisition, and naming latencies. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35(1), 158-167.
- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 60B(5), 223-233.
- Borella, E., Carretti, B., & De Beni, R. (2008). Working memory and inhibition across the adult life-span. *Acta Psychologica*, 128(1), 33-44.
- Brink, J. M., & McDowd, J. M. (1999). Aging and selective attention: An issue of complexity or multiple mechanisms? *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 54B(1), 30-33.
- Brock, J., & Jarrold, C. (2005). Serial order reconstruction in Down syndrome: Evidence for a selective deficit in verbal short-term memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(3), 304-316.
- Brysbaert, M. (1996). Word frequency affects naming latency in Dutch with age of acquisition controlled. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 185-193.
- Brysbaert, M., & Ghyselinck, M. (2006). The effect of age of acquisition: Partly frequency related, partly frequency independent. *Visual Cognition*, 13(7-8), 992-1011.
- Brysbaert, M., Van Wijnendaele, I., & De Deyne, S. (2000). Age-of-acquisition effects in semantic processing tasks. *Acta Psychologica*, 104, 215-226.
- Burgess, N., & Hitch, G. (1999). Memory for serial order: A network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106, 551-581.
- Burke, D. M., & Laver, G. D. (1990). Aging and word retrieval: selective age deficits in language. In E. A. Lovelace (Ed.), *Aging and cognition : mental processes, self-awareness and interventions* (Vol. 72, pp. 281-300). North-Holland: Advances in Psychology.

- Burke, D. M., & MacKay, D. G. (1997). Memory, language and ageing. *Philosophical transactions of the royal society of London biological sciences*, 352(1), 1845-1856.
- Burke, D. M., MacKay, D. G., & James, L. E. (2000). Theoretical approaches to language and aging. In T. Perfect & E. Maylor (Eds.), *Models of cognitive aging*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Burke, D. M., MacKay, D. G., Worthley, J. S., & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: what causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory and Language*, 30(1), 542-579.
- Burke, D. M., & Shafto, M. A. (2004). Aging and language production. *Current Directions in Psychological Science*, 13(1), 21-24.
- Bürki, A., Ernestus, M., & Frauenfelder, U. H. (2010). Is there only one “fenêtre” in the production lexicon? On-line evidence on the nature of phonological representations of pronunciation variants for French schwa words. *Journal of Memory and Language*, 62(4), 421-437.
- Butterworth, B. (1982). Speech errors: Old data in search of new theories. In A. Cutler (Ed.), *Slips of the tongue and language production* (pp. 73-108). Amsterdam: Mouton.
- Capitani, E., Laiacina, M., Mahon, B., & Caramazza, A. (2003). What are the facts of semantic category-specific deficits? A critical review of the clinical evidence. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3), 213-261.
- Caplan, D., & Waters, G. S. (1995). On the nature of the phonological output planning involved in verbal rehearsal: Evidence from aphasia. *Brain and Language*, 48, 191-220.
- Caramazza, A. (1997). How many levels of processing are there in lexical access. *Cognitive Neuropsychology*, 14(1), 177-208.
- Caramazza, A., Costa, A., Miozzo, M., & Bi, Y. (2001). The specific-word frequency effect: Implications for the representation of homophones in

- speech production. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 27(6), 1430-1450.
- Caramazza, A., & Hillis, A. E. (1990). Where do semantic errors come from? *Cortex*, 26, 95-122.
- Carroll, J. B., & White, M. N. (1973). Word frequency and age of acquisition as determiners of picture-naming latency. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 85-95.
- Cervera, T. C., Soler, M. J., Dasi, C., & Ruiz, J. C. (2009). Speech recognition and working memory capacity in young-elderly listeners: Effects of hearing sensitivity. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 63(3), 216-226.
- Charlot, V., & Feyereisen, P. (2005). Mémoire épisodique et déficit d'inhibition au cours du vieillissement cognitif: un examen de l'hypothèse frontale. *L'Année Psychologique*, 105, 323-357.
- Cheesman, M. F. (1997). Speech perception by elderly listeners: Basic knowledge and implications for audiology. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 21(2), 1997.
- Clark-Cotton, M. R., Williams, R. K., Goral, M., & Obler, L. K. (2007). Language and communication in aging. In J. E. Birren (Ed.), *Encyclopedia of gerontology: Age, aging, and the aged (2 ed.)* (pp. 1-8). London: Elsevier.
- Coltheart, M. (1981). The MRC Psycholinguistic Database. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 33(1), 497-505.
- Connor, L. T., Spiro, A., 3rd, Obler, L. K., & Albert, M. L. (2004). Change in object naming ability during adulthood. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 59(5), P203-209.
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). BRULEX: Une base de données lexicales informatisée pour le français écrit et parlé./ BRULEX: A

- computerized lexical database for the French language. *Année Psychologique*, 90(1), 551-566.
- Corbett, F., Jefferies, E., Ehsan, S., & Lambon Ralph, M. A. (2009). Different impairments of semantic cognition in semantic dementia and semantic aphasia: evidence from the non-verbal domain. *Brain : a journal of neurology*, 132(Pt 9), 2593-2608.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. New York: Oxford University Press.
- Crawford, J. R., Garthwaite, P. H., & Porter, S. (2010). Point and interval estimates of effect sizes for the case-controls design in neuropsychology: Rationale, methods, implementations, and proposed reporting standards. *Cognitive Neuropsychology*, 27(3), 245-260.
- Croot, K., Patterson, K., & Hodges, J. R. (1999). Familial progressive aphasia: Insights into the nature and deterioration of single word processing. *Cognitive Neuropsychology*, 16(8), 705-747.
- Cruickshanks, K. J., Wiley, T. L., Tweed, S. T., Klein, B. E. K., Klein, R., Mares-Perlman, J. A., & Nondahl, D. M. (1998). Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin. *American Journal of Epidemiology*, 148(9), 879-886.
- Cuetos, F., Alvarez, B., Gonzalez-Nosti, M., Meot, A., & Bonin, P. (2006). Determinants of lexical access in speech production: Role of word frequency and age of acquisition. *Memory & Cognition*, 34(5), 999-1010.
- Delattre, P. C., Liberman, A. M., & Cooper, F. S. (1955). Acoustic loci and transitional cues for consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 769-773.
- Dell, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, 93(3), 283-321.

- Dell, G. S. (1988). The retrieval of phonological forms in production: Tests of predictions from a connectionist model. *Journal of Memory and Language*, 27, 124 – 142.
- Dell, G. S., Martin, N., & Schwartz, M. F. (2007). A case-series of the interactive two-step model of lexical access: predicting word repetition from picture naming. *Journal of Memory and Language*, 56(1), 490-520.
- Dell, G. S., Nozari, N., & Oppenheim, G. M. (2013). Word Production: Behavioral and Computational Considerations. In M. Goldrick, V. Ferreira & M. Miozzo (Eds.), *The Oxford Handbook of Language Production*. Oxford: Oxford University Press.
- Dell, G. S., & O'Seaghdha, P. G. (1992). Stages of lexical access in language production. *Cognition*, 42, 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(4), 801-838.
- Deltour, J. J. (1993). *Echelle de vocabulaire Mill Hill de J.C. Raven*. Braine-le-Chateau, Belgium: Editions l'Application des Techniques Modernes.
- Desrochers, A., & Bergeron, M. (2000). Valeurs de fréquence subjective et d'imagerie pour un échantillon de 1,916 substantifs de la langue française. *Revue canadienne de Psychologie Expérimentale*, 54(4), 274-325.
- Dorot, D., & Mathey, S. (2010). Visual word recognition in young and older adults: A study of cohort effects for lexical variables. *European Review of Applied Psychology-Revue Européenne De Psychologie Appliquée*, 60(3), 163-172.
- Ellis, A. W., & Lambon Ralph, M. (2000). Age of acquisition effects in adult lexical processing reflect loss of plasticity in maturing systems: insight from connectionist networks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26(1), 1103-1123.

- Ellis, A. W., & Morrison, C. M. (1998). Real age-of-acquisition effects in lexical retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(2), 515-523.
- Feyereisen, P. (1997). A meta-analytic procedure shows an age-related decline in picture naming: Comments on Goulet, Ska, and Kahn (1994). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(1), 1328-1333.
- Feyereisen, P., Demaeght, N., & Samson, D. (1998). Why do picture naming latencies increase with age: General slowing, greater sensitivity to interference, or task-specific deficits? *Experimental Aging Research*, 24(1), 21-51.
- Fisk, J. E., & Warr, P. (1996). Age and working memory: The role of perceptual speed, the central executive, and the phonological loop. *Psychology and Aging*, 11(2), 316-323.
- Foygel, D., & Dell, G. S. (2000). Models of Impaired Lexical Access in Speech Production. *Journal of Memory and Language*, 43(2), 182-216.
- Freedman, M. L., & Martin, R. (2001). Dissociable components of short-term memory and their relation to long-term learning. *Cognitive Neuropsychology*, 18(3), 193-226.
- Friedmann, N., Biran, M., & Dotan, D. (2013). Lexical retrieval and its breakdown in aphasia and developmental language impairment. In C. Boeckx, Grohmann, K. K. (Ed.), *Cambridge Handbooks in Language and Linguistics* (pp. 350-374). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gaeta, H., Friedman, D., Ritter, W., & Cheng, J. (2001). An event-related potential evaluation of involuntary attentional shifts in young and older adults. *Psychology and Aging*, 16(1), 55-68.
- Garrett, M. F. (1975). The analysis of language production. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 9, pp. 133-177). New York: Academic Press.

- Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., & Peaker, S. (1999). Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 25, 84-95.
- Goldrick, M., & Rapp, B. (2007). Lexical and post-lexical phonological representations in spoken production. *Cognition*, 102(1), 219-260.
- Goodglass, H., Kaplan, E., & Barresi, B. (2000). *Boston Diagnostic Aphasia Examination (3rd ed.)*. Philadelphia: Lippincott: Williams & Wilkins.
- Goral, M., Spiro, A. I., Albert, M. L., Obler, L. K., & Connor, L. T. (2007). Change in lexical skills in adulthood: not a uniform decline. *Mental Lexicon*, 2(1), 215-238.
- Goulet, P., Ska, B., & Kahn, H. J. (1994). Is there a decline in picture naming with advancing age? *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(3), 629-644.
- Grassi, M., & Borella, E. (2013). The role of auditory abilities in basic mechanisms of cognition in older adults. *Frontiers in aging neuroscience*, 5, 59.
- Grégoire, J., & Van der Linden, M. (1997). Effect of age on forward and backward digit spans. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 4(2), 140-149.
- Gupta, P. (2003). Examining the relationship between word learning, nonword repetition, and immediate serial recall in adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 56A(2), 1213-1236.
- Hale, S., Rose, N. S., Myerson, J., Strube, M. J., Sommers, M., Tye-Murray, N., & Spehar, B. (2011). The structure of working memory abilities across the adult life span. *Psychology and Aging*, 26(1), 92-110.
- Hamilton, A. C., & Martin, R. (2012, October 28-30). fMRI of semantic short-term memory. *Poster presented at the 50th Annual Meeting of the Academy of Aphasia, San Francisco*.

- Hanten, G., & Martin, R. (2001). A developmental phonological short-term memory deficit: A case study. *Brain and Cognition*, 45, 164-188.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193-225). San Diego, CA: Academic Press.
- Hazard, M.-C., De Cara, B., & Chanquoy, L. (2007). Normes d'âge d'acquisition objectif des mots et recherche de prédicteurs : importance du choix de la base de fréquence lexicale. *L'Année Psychologique*, 107(1), 427-457.
- Heinrich, A., & Schneider, B. A. (2011). The effect of presentation level on memory performance. *Ear and Hearing*, 32(4), 524-532.
- Henson, R. (1998). Short-term memory for serial order : The start-end model. *Cognitive Psychology*, 36, 73-137.
- Hester, R. L., Kinsella, G. J., & Ong, B. (2004). Effect of age on forward and backward span tasks. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(4), 475-481.
- Hickok, G. (2012). Computational neuroanatomy of speech production. *Nature Reviews Neuroscience*, 13, 135-145.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1991). Mechanisms for accessing lexical representations for output: Evidence from a category-specific semantic deficit. *Brain and Language*, 40, 106-144.
- Hillis, A. E., Rapp, B., Romani, C., & Caramazza, A. (1990). Selective impairment of semantics in lexical processing. *Cognitive Neuropsychology*, 7(3), 191-243.
- Hodgson, C., & Ellis, A. W. (1998). Last in, first to go: Age of acquisition and naming in the elderly. *Brain and Language*, 64(1), 146-163.
- Hoi Ning Ng, E., Rudner, M., Lunner, T., Syskind Pedersen, M., & Rönnerberg, J. (2013). Effects of noise and individual differences in working memory

- capacity on memory processing of speech for hearing aid users. *International Journal of Audiology*, 52(7), 433-441.
- Hough, M. S. (2007). Incidence of word finding deficits in normal aging. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 59(1), 10-19.
- Howard, D., & Patterson, K. (1992). *The Pyramids and Palm Trees Test*. Bury St Edmunds, UK: The Thames Valley Test Company.
- Humes, L. E., & Floyd, S. S. (2005). Measures of working memory, sequence learning, and speech recognition in the elderly. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48, 224-235.
- James, L. E., & Burke, D. M. (2000). Phonological priming effects on word retrieval and tip of the tongue experience in young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(6), 1378-1391.
- Jefferies, E., Hoffman, P., Jones, R., & Lambon Ralph, M. (2008). The impact of semantic impairment on verbal short-term memory in stroke aphasia and semantic dementia: A comparative study. *Journal of Memory and Language*, 58(1), 66-87.
- Jescheniak, J. D., & Levelt, W. J. (1994). Word frequency effects in speech production: Retrieval of syntactic information and of phonological form. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 824-843.
- Jescheniak, J. D., & Schriefers, H. (1998). Discrete serial versus cascaded processing in lexical access in speech production: Further evidence from the coactivation of near-synonyms. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 54(5), 1256-1274.
- Kane, M. J., May, C. P., Hasher, L., Rahhal, T., & Stoltzfus, E. R. (1997). Dual mechanisms of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(3), 632-650.

- Katz, R. C., & Goodglass, H. (1990). Deep dysphasia: An analysis of a rare form of repetition disorder. *Brain and Language*, 39, 153-185.
- Kaulser, D. H. (1994). *Learning and memory in normal aging*. San Diego, CA: Academic Press.
- Kavé, G., Samuel-Enoch, K., & Adiv, S. (2009). The association between age and the frequency of nouns selected for production. *Psychology and Aging*, 24(1), 17-27.
- Kittredge, A. K., Dell, G. S., Verkuilen, J., & Schwartz, M. F. (2008). Where is the effect of frequency in word production? Insights from aphasic picture-naming errors. *Cognitive Neuropsychology*, 25(4), 463-492.
- Knott, R., Patterson, K., & Hodges, J. (1997). Lexical and semantic binding effects in short-term memory: Evidence from semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 14(8), 1165-1216.
- Knott, R., Patterson, K., & Hodges, J. (2000). The role of speech production in auditory-verbal short-term memory : Evidence from progressive fluent aphasia. *Neuropsychologia*, 38(1), 125-142.
- LaGrone, S., & Spieler, D. (2006). Lexical competition and phonological encoding in young and older speakers. *Psychology and Aging*, 21(4), 804-809.
- Laine, M., & Martin, N. (1996). Lexical retrieval deficit in picture naming: Implications for word production models. *Brain and Language*, 53(1), 283-314.
- Laine, M., & Martin, N. (2006). *Anomia : Theoretical and clinical aspects*. London, UK: Psychology Press.
- Lambon Ralph, M. A., Sage, K., & Roberts, J. (2000). Classical anomia: A neuropsychological perspective on speech production. *Neuropsychologia*, 38, 186-202.

- Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., Garrard, P., & Hodges, J. R. (2003). Semantic dementia with category specificity: A comparative case-series study. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3/4/5/6), 307-326.
- Larner, A. J., Robinson, G., Kartsounis, L. D., Rakshi, J. S., Muqit, M. M. K., Wise, R. J. S., . . . Rossor, M. N. (2004). Clinical-anatomical correlation in a selective phonemic speech production impairment. *Journal of the Neurological Sciences*, 219(1), 23-29.
- Le Dorze, G., & Durocher, J. (1992). The effects of age, educational level, and stimulus length on naming in normal subjects. *Journal of Speech and Language Pathology and Audiology*, 16(1), 21-29.
- Levelt, W. J. (1999). Models of word production. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(6), 223-232.
- Levelt, W. J. (2001). Spoken word production: a theory of lexical access. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(23), 13464-13471.
- Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(1), 1-75.
- Levelt, W. J., Schriefers, H., Vorberg, D., Meyer, A. S., Pechmann, T., & Havinga, J. (1991). The time course of lexical access in speech production: A study of picture naming. *Psychological Review* October, 98(122-142).
- Lima, S. D., Hale, S., & Myerson, J. (1991). How general is general slowing? Evidence from the lexical domain. *Psychology and Aging*, 6(3), 416-425.
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9(3), 339-355.
- Lindenberger, U., & Ghisletta, P. (2009). Cognitive and sensory declines in old age: Gauging the evidence for a common cause. *Psychology and Aging*, 24(1), 1-16.
- Lunner, T. (2003). Cognitive function in relation to hearing aid use. *International Journal of Audiology*, 42(1), 49-58.

- MacKay, A., Connor, L. T., Albert, M. L., & Obler, L. K. (2002). Noun and verb retrieval in healthy aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(1), 764-770.
- MacKay, D. G., & Burke, D. M. (1990). Cognition and aging: A theory of new learning and the use of old connections. In T. Hess (Ed.), *Aging and cognition: Knowledge organization and utilization*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: The importance of distinguishing item and order information. In A. Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain* (pp. 244-277). London: Psychology Press.
- Majerus, S. (2013). Language repetition and short-term memory: an integrative framework. *Frontiers in Human Neurosciences*, 7, 1-16.
- Majerus, S., Attout, L., D'Argembeau, A., Degueldre, C., Fias, W., Maquet, P., . . . Balteau, E. (2012). Attention supports verbal short-term memory via competition between dorsal and ventral attention networks. *Cerebral Cortex*, 22, 1086-1097.
- Majerus, S., Belayachi, S., De Smedt, B., Leclercq, A.-L., Martinez, T., Schmidt, C., . . . Maquet, P. (2008). Neural networks for short-term memory for order differentiate high and low proficiency bilinguals. *Neuroimage*, 42(4), 1698-1713.
- Majerus, S., & D'Argembeau, A. (2011). Verbal short-term memory reflects the organization of long-term memory. Further evidence from short-term memory for emotional words. *Journal of Memory & Language*, 64, 181-197.
- Majerus, S., D'Argembeau, A., Martinez Perez, T., Belayachi, S., Van der Linden, M., Collette, F., . . . Maquet, P. (2010). The commonality of neural networks for verbal and visual short-term memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(11), 2570-2593.

- Majerus, S., Heiligenstein, L., Gautherot, N., Poncelet, M., & Van der Linden, M. (2009). Impact of auditory selective attention on verbal short-term memory and vocabulary development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1), 68-86.
- Majerus, S., Leclercq, A.-L., Grossmann, A., Billard, C., Touzin, M., Van der Linden, M., & Poncelet, M. (2009). Serial order short-term memory capacities and specific language impairment: No evidence for a causal association. *Cortex*, 45, 708-720.
- Majerus, S., Lekeu, F., Van der Linden, M., & Salmon, E. (2001). Deep dysphasia: further evidence on the relationship between phonological short-term memory and language processing impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 18(5), 385-410.
- Majerus, S., Metz-Lutz, M. N., Van der Kaa, M.-A., Van der Linden, M., & Poncelet, M. (2007). Evidence for a further fractionation of the verbal STM system: Selective impairments for item and serial order retention capacities in STM patients. *Brain and Language*, 103, 185-186.
- Majerus, S., Norris, D., & Patterson, K. (2007). What does a patient with semantic dementia remember in verbal short-term memory? Order and sound but not words. *Cognitive Neuropsychology*, 24(2), 131-151.
- Majerus, S., Poncelet, M., Elsen, B., & Van der Linden, M. (2006). Exploring the relationship between new word learning and short-term memory for serial order recall, item recall, and item recognition. *Journal of Cognitive Psychology*, 18(1), 848-873.
- Majerus, S., Poncelet, M., Greffe, C., & Van der Linden, M. (2006). Relations between vocabulary development and verbal short-term memory: The relative importance of short-term memory for serial order and item information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93(2), 95-119.
- Majerus, S., Poncelet, M., Van der Linden, M., Albouy, G., Salmon, E., Sterpenich, V., . . . Maquet, P. (2006). The left intraparietal sulcus and verbal short-

- term memory: focus of attention or serial order? *Neuroimage*, 32(2), 880-891.
- Majerus, S., Poncelet, M., Van der Linden, M., & Weekes, B. (2008). Lexical learning in bilingual adults : The relative importance of short-term memory for serial order and phonological knowledge. *Cognition*, 107(1), 395-419.
- 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(1), 174-175.
- Majerus, S., & Van der Linden, M. (2003). Long-term memory effects on verbal short-term memory: A replication study. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 303-310.
- Majerus, S., Van der Linden, M., Mulder, L., Meulemans, T., & Peters, F. (2004). Verbal short-term memory reflects the sublexical organization of the phonological language network: Evidence from an incidental phonotactic learning paradigm. *Journal of Memory and Language*, 51(1), 297-306.
- Majerus, S., Van der Linden, M., Poncelet, M., & Metz-Lutz, M. N. (2004). Can phonological and semantic short-term memory be dissociated? Further evidence from the Landau-Kleffner syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, 21(5), 491-512.
- Mariën, P., Mampaey, E., Vervaet, A., Saerens, J., & De Deyn, P. P. (1998). Normative data for the Boston Naming Test in native Dutch-speaking Belgian elderly. *Brain and Language*, 65(3), 447-467.
- Martin, N., Dell, G. S., Saffran, E., & Schwartz, M. (1994). Origins of paraphasias in deep dysphasia: Testing the consequences of a decay impairment to an interactive spreading activation model of lexical retrieval. *Brain and Language*, 47(1), 609-660.

- Martin, N., & Gupta, P. (2004). Exploring the relationship between word processing and verbal short-term memory : Evidence from associations and dissociations. *Cognitive Neuropsychology*, 21(1), 213-228.
- Martin, N., & Saffran, E. (1992). A computational account of deep dysphasia: Evidence from a single case study. *Brain and Language*, 43(1), 240-274.
- Martin, N., & Saffran, E. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, 14(5), 641-682.
- Martin, N., Saffran, E., & Dell, G. S. (1996). Recovery in deep dysphasia: Evidence for a relation between auditory-verbal STM capacity and lexical errors in repetition. *Brain and Language*, 52(1), 83-113.
- Martin, N., Schwartz, M., & Kohn, F. (2006). Assessment of the ability to process semantic and phonological aspects of words in aphasia: a multi-measurement approach. *Aphasiology*, 20(2/3/4), 154-166.
- Martin, N., & Reilly, J. (2012). Short-term/working memory impairments in aphasia: Data, models, and their application to aphasia rehabilitation. *Aphasiology*, 26(3-4), 253-257.
- Martin, R., & Breedin, S. D. (1992). Dissociations between speech perception and phonological short-term memory deficits. *Cognitive Neuropsychology*, 9(6), 509-534.
- Martin, R., & Freedman, M. L. (2001). Short-term retention of lexical-semantic representations: Implications for speech production. *Memory*, 9(4/5/6), 261-280.
- Martin, R., & He, T. (2004). Semantic short-term memory and its role in sentence processing: A replication. *Brain and Language*, 89(76-82).
- Martin, R., & Lesch, M. F. (1996). Associations and dissociations between language impairment and list recall: Implications for models of STM. In

- S. E. Gathercole (Ed.), *Models of short-term memory* (pp. 149-178). East Sussex, UK: Psychology Press.
- Martin, R., 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(1), 3-29.
- Martin, R., 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(1), 83-111.
- Maylor, E. A., Voudsen, J. I., & Brown, G. D. A. (1999). Adult age differences in short-term memory for serial order: Data and a model. *Psychology and Aging*, 14(4), 572-594.
- McCoy, S. L., Tun, P. A., Cox, L. C., Colangelo, M., Stewart, R. A., & Wingfield, A. (2005). Hearing loss and perceptual effort: Downstream effects on older adults' memory for speech. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A(1), 22-33.
- Meyer, A. S., Roelofs, A., & Levelt, W. J. (2003). Word length effects in object naming: The role of a response criterion. *Journal of Memory and Language*, 48, 131-147.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek, T., & Cohen, N. J. (2002). Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the Stroop Task. *Brain and Cognition*, 49(277-296).
- Morrison, C. M., Chappell, T. D., & Ellis, A. W. (1997). Age of acquisition norms for a large set of object names and their relation to adult estimates and other variables. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 3(3), 528-559.
- Morrison, C. M., & Ellis, A. W. (1995). Roles of word frequency and age of acquisition in word naming and lexical decision. *Journal of*

- Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 21(a), 116-133.
- Morrison, C. M., Ellis, A. W., & Quinlan, P. T. (1992). Age of acquisition, not word frequency, affects object naming, not object recognition. *Memory & Cognition*, 20(6), 705 – 714.
- Morrison, C. M., Hirsh, K. W., Chappell, T. D., & Ellis, A. W. (2002). Age and age of acquisition: An evaluation of the cumulative frequency hypothesis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14(4), 435 – 459.
- Morrison, C. M., Hirsh, K. W., & Duggan, G. B. (2003). Age of acquisition, ageing and verb production: normative and experimental data. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56(A), 2-26.
- Mortensen, L., Meyer, A. S., & Humphreys, G. W. (2006). Age-related effects on speech production: a review. *Language and Cognitive Processes*, 21(1/2/3), 238-290.
- Murphy, D. R., Craik, F. I. M., Li, K. Z. H., & Schneider, B. A. (2000). Comparing the effects of aging and background noise on short-term memory performance. *Psychology and Aging*, 15(2), 323-334.
- Murray, L. L. (2012). Direct and indirect treatment approaches for addressing short-term or working memory deficits in aphasia. *Aphasiology*, 26(3-4), 317-337.
- Myerson, J., Ferraro, F. R., Hale, S., & Lima, S. D. (1992). General slowing in semantic priming and word recognition. *Psychology and Aging*, 7(1), 257-270.
- Nairne, J. S., & Kelley, M. R. (2004). Separating item and order information through process dissociation. *Journal of Memory and Language*, 50(1), 113-133.
- Nespoulous, J.-L., Rohr, E., Cardebat, D., & Rigalleau, F. (2008). Symptomatology of the expression and of the oral comprehension in the acquired language disorders. In B. Lechevalier, F. Eustache & F.

- Viader (Eds.), *Traité de neuropsychologie clinique*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Neumann, Y., Obler, L. K., Gomes, H., & Shafer, V. (2009). Phonological vs sensory contributions to age effects in naming: An electrophysiological study. *Aphasiology*, 23(7-8), 1028-1039.
- New, B., Brysbaert, M., Véronis, J., & Pallier, C. (2007). The use of film subtitles to estimate word frequencies. *Applied psycholinguistics*, 28(1), 661-677.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicale du français contemporain sur internet: LEXIQUE. *L'Année Psychologique*, 101(1), 447-462. <http://www.lexique.org>.
- Newman, R. S., & German, D. J. (2002). Effects of lexical factors on lexical access among typical language-learning children and children with word-finding difficulties. *Language and Speech*, 43(3), 285 – 317.
- Newman, R. S., & German, D. J. (2005). Life span effects of lexical factors on oral naming. *Language and Speech*, 48(2), 123-156.
- Nicholas, M., Connor, L. T., Obler, L. K., & Albert, M. L. (1998). Aging, language, and language disorders. In M. Taylor Sarno (Ed.), *Acquired Aphasia* (pp. 413-449). San Diego, CA: Academic Press.
- Nicholas, M., Obler, L. K., Albert, M. L., & Goodglass, H. (1985). Lexical retrieval in healthy aging. *Cortex*, 21(1), 595-606.
- Nickels, L. (1997). *Spoken word production and its breakdown in aphasia*. Hove, U.K.: Psychology Press.
- Nickels, L. (2002). Theoretical and methodological issues in the cognitive neuropsychology of spoken word production. *Aphasiology*, 16(1/2), 3-19.
- Nozari, N., Kittredge, A. K., Dell, G. S., & Schwartz, M. F. (2010). Naming and repetition in aphasia: Steps, routes, and frequency effects. *Journal of Memory and Language*, 63(4), 541-559.

- Oberauer, K. (2001). Removing irrelevant information from working memory: A cognitive aging study with the modified Sternberg task. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 27(4), 948-957.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 411-421.
- Oberauer, K. (2005). Binding and inhibition in working memory: individual and age differences in short-term recognition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 368-387.
- Oberauer, K., & Kliegl, R. (2001). Beyond resources: Formal models of complexity effects and age differences in working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1/2), 187-215.
- Öztekin, I., Davachi, L., & McElree, B. (2010). Are representations in working memory distinct from representations in long-term memory? Neural evidence in support of a single store. *Psychological Science*, 21(8), 1123-1133.
- Page, M. P. A., Madge, A., Cumming, N., & Norris, D. G. (2007). Speech errors and the phonological similarity effect in short-term memory: Evidence suggesting a common locus. *Journal of Memory and Language*, 56(1), 49-64.
- Papagno, C., Vernice, M., & Cecchetto, C. (2013). Phonology without semantics? Good enough for verbal short-term memory. Evidence from a patient with semantic dementia. *Cortex*, 49(3), 626-636.
- Persad, C. C., Abeles, N., Zacks, R. T., & Denburd, N. L. (2002). Inhibitory changes after age 60 and their relationship to measures of attention and memory. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57B, 223-232.

- Peters, F., Majerus, S., De Baerdemaeker, J., Salmon, E., & Collette, F. (2009). Impaired semantic knowledge underlies the reduced short-term storage capacity in Alzheimer disease. *Neuropsychologia*, 47(1), 3067-3073.
- Peters, F., Majerus, S., Olivier, L., Van der Linden, M., Salmon, E., & Collette, 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.
- Peterson, R. R., & Savoy, P. (1998). Lexical selection and phonological encoding during language production: Evidence for cascaded processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(3), 539-557.
- Pichora-Fuller, M. K. (2003). Cognitive aging and auditory information processing. *International Journal of Audiology*, 42(2), S26-S32.
- Pichora-Fuller, M. K., Schneider, B. A., & Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of Acoustical Society of America*, 97(1), 593-608.
- Pillon, A. (2002). Les atteintes neuropsychologiques de la production verbale. In M. Fayol (Ed.), *Traité des sciences cognitives. Production du langage* (pp. 205-228). Paris: Hermès-Lavoisier
- Piquado, T., Cousins, K. A. Q., Wingfield, A., & Miller, P. (2010). Effects of degraded sensory input on memory for speech: behavioral data and a test of biologically constrained computational models. *Brain Research*, 1365, 49-55.
- Poirier, M., Dhir, P., Saint-Aubin, J., Tehan, G., & Hampton, J. (2011). The Influence of semantic memory on verbal short-term memory In B. Kokinov, A. Karmiloff-Smith & N. J. Nersessian (Eds.), *European Perspectives on Cognitive Science*.

- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: Further evidence on the influence of semantic factors in immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 384-404.
- Rabbit, P. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20(3), 241-248.
- Rabbit, P. (1991). Mild hearing loss can cause apparent memory failures which increase with age and reduce with IQ. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement*, 111(476), 167-176.
- Raphael, L. J. (2005). Acoustic cues to the perception of segmental phonemes. In D. B. Pisoni & R. Remez (Eds.), *Handbook of Speech Perception* (pp. 182-206). Oxford, United Kingdom: Blackwell.
- Rapp, B., & Goldrick, M. (2000). Discreteness and interactivity in spoken word production. *Psychological Review*, 107(3), 460-499.
- Rapp, B., & Goldrick, M. (2006). Speaking words: Contribution of cognitive neuropsychological research. *Cognitive Neuropsychology*, 23(1), 39-73.
- Reilly, J., Troche, J., Paris, A., Park, H., Kalinyak-Fliszar, M., Antonucci, S. M., & Martin, N. (2012). Lexicality effects in word and nonword recall of semantic dementia and progressive nonfluent aphasia. *Aphasiology*, 26(3-4), 404-427.
- Roelofs, A. (1997). The WEAVER model of word-form encoding in speech production. *Cognition*, 64(3), 249-284.
- Rogalski, Y., Peelle, J. E., & Reilly, J. (2011). Effects of perceptual and contextual enrichment on visual confrontation naming in adult aging. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54, 1349-1360.
- Romani, C. (1992). Are there distinct input and output buffers? Evidence from an aphasic patient with an impaired output buffer. *Language and Cognitive Processes*, 7(2), 131-162.

- Rönnerberg, J., Danielsson, H., Rudner, M., Arlinger, S., Sternäng, O., Wahlin, A., & Nilsson, L. G. (2011). Hearing loss is negatively related to episodic and semantic long-term memory but not to short-term memory. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54, 705-726.
- Rossion, B., & Pourtois, G. (2004). Revisiting Snodgrass and Vanderwart's object pictorial set: The role of surface detail in basic-level object recognition. *Perception and Psychophysics*, 33, 217-236.
- Roux, S., & Bonin, P. (2011). Comment l'information circule d'un niveau de traitement à l'autre lors de l'accès lexical en production verbale de mots ? Éléments de synthèse. *L'année psychologique*, 111, 145-190.
- 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 and Aging*, 52(A), 367-394.
- Salthouse, T. A. (1996a). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.
- Salthouse, T. A. (1996b). General and specific speed mediation of adult age differences in memory. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 51B(1), P30-P42.
- Samson, D. (2001). Evaluation des troubles sémantiques. In G. Aubin, C. Belin, D. David & M. P. de Partz (Eds.), *Actualités en pathologies du langage et de la communication* (pp. 103-129). Marseille: Solal.
- Samson, D., Pillon, A., & De Wilde, V. (1998). Impaired knowledge of visual and non-visual attributes in a patient with a semantic impairment for living entities: A case of a true category-specific deficit. *Neurocase*, 4(4-5), 273-290.
- Santiago, J., MacKay, D. G., Palma, A., & Rho, C. (2000). Sequential activation processes in producing words and syllables: Evidence from picture naming. *Language and Cognitive Processes*, 15, 1-44.

- Schmidt, R., Freidl, W., Fasekas, F., Reinhart, B., & Grieshofer, P. (1994). *Mattis Dementia Rating Scale*.
- Schmitter-Edgecombe, M., Vesneski, M., & Jones, D. W. R. (2000). Aging and word-finding: a comparison of spontaneous and constrained naming tests. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15(6), 479-493.
- Schneider, B. A., & Pichora-Fuller, M. K. (2000). Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. In F. I. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition (2nd ed.)*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schriefers, H., Meyer, A. S., & Levelt, P. (1990). Exploring the timecourse of lexical access in language production: Picture-word interference studies. *Journal of Memory and Language*, 29, 86-102.
- Schwartz, M. F., Dell, G. S., Martin, N., Gahl, S., & Sobel, P. (2006). A case-series test of the interactive two-step model of lexical access: Evidence from picture naming. *Journal of Memory and Language*, 54(2), 228-264.
- Schyns, T., & Poncelet, M. (2002). *Cognitive processing speed task*. University of Liège, Belgium: Unpublished test.
- Shallice, T., Rumati, R., & Zadini, A. (2000). The selective impairment of the phonological output buffer. *Cognitive Neuropsychology*, 17(6), 517-546.
- Spieler, D. H., & Balota, D. A. (2000). Factors influencing word naming in younger and older adults. *Psychology and Aging*, 15(2), 225-231.
- Surprenant, A. E. (2007). Effects of noise on identification and serial recall of nonsense syllables in older and younger adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 126-143.
- Taylor, J. K., & Burke, D. M. (2002). Asymmetric aging effects on semantic and phonological processes: naming in the picture-word interference task. *Psychology and Aging*, 17(4), 662-676.
- Tubach, J. L., & Boë, L. J. (1990). *Un corpus de transcription phonétique*. Paris: Telecom.

- Tun, P. A., Benichov, J., & Wingfield, A. (2010). Response latencies in auditory sentence comprehension: Effects of linguistic versus perceptual challenge. *Psychology and Aging, 25*(3), 730-735.
- Tun, P. A., McCoy, S. L., & Wingfield, A. (2009). Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. *Psychology and Aging, 24*(3), 761-766.
- van Boxtel, M. P. J., van Beijsterveldt, C. E. M., Houx, P. J., Anteunis, L. J. C., Metsemakers, J. F. M., & Jolles, J. (2000). Mild hearing impairment can reduce verbal memory performance in a healthy adult population. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 22*(1), 147-154.
- Van der Linden, M., Hupet, M., Feyereisen, P., Schelstraete, M.-A., Bestgen, Y., Bruyer, R., . . . Seron, X. (1999). Cognitive mediators of age-related differences in language comprehension and verbal memory performance. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 6*(1), 32-55.
- van Hooren, S. A. H., Anteunis, L. J. C., Valentijn, S. A. M., Bosma, H., Ponds, R. W. H. M., Jolles, J., & Nilsson, L. G. (2005). Does cognitive function in older adults with hearing impairment improve by hearing aid use? *International Journal of Audiology, 44*, 265-271.
- Verhaegen, C., Collette, F., & Majerus, S. (2013). The impact of aging and hearing status on verbal short-term memory. *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, Neuropsychology, and Cognition*.
- Verhaegen, C., & Poncelet, M. (2013). Changes in naming and semantic abilities with aging from 50 to 90 years. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS, 19*(2), 119-126.
- Verhaeghen, P. (2003). Aging and vocabulary scores: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 18*(2), 332-339.

- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 849-857.
- 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 and Cognition*, 25, 1256-1271.
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. [Case Reports]. *Brain : a journal of neurology*, 107 ( Pt 3), 829-854.
- Weschler, D. (1989). *Weschler Adult Intelligence Scale-Revised*. France: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- White, K., & Abrams, L. (2002). Does priming specific syllables during tip-of-the-tongue states facilitate word retrieval in older adults? *Psychology and aging*, 17(2), 226-235.
- Williams, C., Thwaites, A., Buttery, P., Geertzen, J., Randall, B., Shafto, M. A., . . . Tyler, L. K. (2010). The Cambridge Cookie-Theft Corpus: A corpus of directed and spontaneous speech of brain-damaged patients and healthy individuals. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation, Valletta, Malta.
- Wilshire, C. E., Keall, L. M., Stuart, E. J., & O'Donnell, D. J. (2007). Exploring the dynamics of aphasic word production using the picture-word interference task: A case study. *Neuropsychologia*, 45, 939-953.
- Wingfield, A., McCoy, S. L., Peelle, J. E., Tun, P. A., & Cox, L. C. (2006). Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17(7), 487-497.

- Wingfield, A., Tun, P. A., & McCoy, S. L. (2005). Hearing loss in older adulthood: What it is and how it interacts with cognitive performance. *Current Directions in Psychological Science*, 14(3), 144-148.
- Zec, R., Markwell, S., Burkett, N., & Larsen, D. (2005). A longitudinal study of confrontation naming in "normal" elderly. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(1), 716-729.