

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Détérioration progressive de la lecture et de l'écriture
dans la maladie d'Alzheimer :
Systèmes espagnol et français d'écriture

par :

Adriana-María Enríquez-Rosas

Département de psychologie
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph.D.)
en Psychologie - recherche et intervention
option Neuropsychologie clinique

Novembre, 2003

© Adriana-María Enríquez-Rosas, 2003



BF

22

U54

2004

V.029

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Détérioration progressive de la lecture et de l'écriture
dans la maladie d'Alzheimer :
Systèmes espagnol et français d'écriture

présentée par :
Adriana-María Enríquez-Rosas

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Dr. Yves Jodrette
président - rapporteur

Dr. André Roch Lecours
directeur de recherche

Dr. Bernadette Ska et Dr. Michel Habib

Dr. Maryse Lassonde

Dr. Bernard Croisile
examineur externe

représentant du doyen de la FES

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Détérioration progressive de la lecture et de l'écriture
dans la maladie d'Alzheimer :
Systèmes espagnol et français d'écriture

présentée par :

Adriana-María Enríquez-Rosas

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Dr. Yves Joanette
président - rapporteur

Dr. André Roch Lecours
directeur de recherche

Dr. Bernadette Ska et Dr. Michel Habib
codirecteurs

Dr. Maryse Lassonde
membre du jury

Dr. Bernard Croisile
examineur externe

Dr. Francine Ducharme
représentante du doyen de la FES

Résumé

On peut penser que le langage écrit, vu la complexité de ses différentes composantes est particulièrement sensible aux atteintes cognitives observées dans la démence de type Alzheimer (DTA). L'on signale dès les premiers stades de la maladie des difficultés à épeler les mots irréguliers sous dictée alors que la lecture à voix haute est encore intacte. Étant donné cette atteinte chez les personnes atteintes de DTA, l'examen des difficultés à traiter le langage écrit est considéré pour son potentiel diagnostique. La présente thèse comporte trois objectifs généraux. Le premier objectif consiste à identifier les différences entre les troubles de lecture et d'écriture dans la DTA. Le second objectif vise à déterminer, via une étude longitudinale, s'il existe une progression dans la détérioration des différentes composantes impliquées dans la lecture et l'écriture. Le troisième objectif consiste à examiner si la régularité du système écrit dans différentes langues affecte la détérioration des habiletés de lecture et d'écriture. Cette question a été examinée par l'analyse de la performance de sujets Alzheimer dans un système irrégulier (le français) et un système régulier (l'espagnol).

Les deux articles présentés dans la présente thèse évaluent la détérioration longitudinale de la lecture à voix haute et de l'écriture chez des personnes atteintes de DTA probable et chez des sujets témoins dont le niveau de scolarité et l'âge sont équivalents. Le premier article a évalué des locuteurs francophones et le second article des locuteurs hispanophones. Les participants des deux études ont lu et écrit une liste de mots de transparence phonologique variée, de même que des pseudomots ; les effets de la longueur, de la fréquence et du degré d'abstraction des mots sont documentés. Les résultats des deux études démontrent différents patrons d'évolution parmi les personnes atteintes de DTA. Cependant, les sujets DTA francophones et hispanophones ont présenté des difficultés importantes en dictée tandis que leur habileté de lecture à voix haute demeurait stable. Cependant, dans les cas où l'écriture était très altérée, on a observé une détérioration importante de la lecture. Des effets de régularité et de fréquence ont été observés à l'écrit dans les deux langues. Un effet possible de «régularité de la langue» chez les sujets DTA et les sujets témoins a été observé dans les deux langues et fait l'objet d'une discussion. Tant chez les sujets DTA francophones que chez les hispanophones, des difficultés importantes à l'écriture de mots phonologiquement opaques (irréguliers) ont été relevées dès les premiers stades de la

maladie. Toutefois, on a observé dans la performance des sujets témoins francophones un effet plafond pour ce qui est du traitement de ces mots alors que les sujets témoins hispanophones ont éprouvé des difficultés. S'agissant des pseudomots, on ne relève pas de difficulté à les traiter dans le groupe témoin hispanophone, alors que des difficultés sont observées dans le groupe témoin francophone. Chez les sujets DTA hispanophones, on a observé que l'habileté à écrire les pseudomots était préservée, et ce, même à un stade plus avancé de la maladie. Par contre, chez les sujets DTA francophones, on a relevé une altération de cette habileté, de plus en plus manifeste au fur et à mesure de l'évolution de la maladie. Nous posons l'hypothèse d'un effet possible de «régularité de la langue» qui pourrait affecter le traitement du langage écrit. Les locuteurs hispanophones manifesteraient une tendance à appliquer des règles de conversion, à l'aide d'un système sous-lexical (phonologique), d'où les erreurs dans le traitement des mots irréguliers. Par contre, les locuteurs francophones auraient tendance à traiter les mots globalement, à l'aide d'un système lexical, d'où la difficulté à traiter les pseudomots. À la lumière de ces deux études, nous posons que chez les personnes atteintes de DTA qui parlent des langues ayant des systèmes écrits différents, la détérioration de la lecture et de l'écriture, et son patron d'évolution, peut être différents. Il importe de pousser la recherche sur les patrons de détérioration de la lecture et de l'écriture chez les personnes atteintes de DTA en examinant des langues qui comportent différents degrés de régularité.

Mots-clés : Alzheimer ; lecture ; écriture ; longitudinale ; détérioration ; régularité ; français ; espagnol ; langage écrit ; dictée.

Abstract

The complexity of the different components of written language suggests that it may be particularly sensitive to the cognitive alterations seen in dementia of the Alzheimer type (DAT). Patients are reported to show difficulties in spelling irregular words to dictation from the first stages of the disease, while reading aloud is still preserved. Because these abilities are impaired in DAT, the examination of impairments in processing written language has been regarded as having diagnostic potential. Thus, this thesis has three general objectives. The first is to identify individual differences in reading and writing impairments in DAT. The second is to determine, via a longitudinal study, whether there exists a progressive order of deterioration in the different components implicated in writing and reading. The third is to examine whether the regularity of the writing system in different languages affects the breakdown in reading and writing abilities; this was examined by analyzing DAT patients' performance in an irregular system (French) and a regular system (Spanish).

The two articles presented in this thesis assess the longitudinal deterioration of reading aloud and writing of probable DAT patients and age-and education-matched controls. Article one assessed French speakers and the article two Spanish speakers. Participants in both studies read and wrote a list of words of varying phonological transparency as well as pseudowords; effects of length, frequency and abstractness are documented. The results of both studies indicate that different patterns of evolution were seen across the patients. However, French and Spanish-speaking DAT patients manifested a significant impairment in writing to dictation while the ability to read aloud remained stable. However, in cases where writing was very impaired, a significant deterioration was seen in reading. Regularity and frequency effects were observed in writing in both languages. A possible "language regularity effect" among the patients and the control subjects across both languages was observed and discussed. The French as well as the Spanish DAT patients showed a significant impairment in writing phonologically opaque (irregular) words very early in the disease course. However, the French-speaking control subjects performed almost at ceiling in processing this type of words, whereas the Spanish-speaking control subjects manifested difficulties processing these items. Turning now to pseudowords, the Spanish-speaking control group shows no difficulty with these items, while the French-speaking control group presents certain

difficulties. The Spanish-speaking DAT patients showed a preserved ability to write these items; this occurred even in the more advanced stages of the disease. In contrast, the French-speaking DAT group showed impairment in processing these items, which became more evident over this period of time. We suggest a possible “language regularity effect”, where the regularity of the language can affect the way that the written language is processed. Spanish speakers manifest a possible tendency to apply conversion rules, using a sublexical (phonological) system; this causes errors in the processing of irregular words. On the other hand, the French speakers tend to process words as global entities, using a lexical system; they thus manifest difficulties in writing pseudowords. In the light of these two studies, we suggest that DAT patients who speak languages with differing writing systems may manifest different types of reading and writing deterioration and patterns of evolution. There is a need for further research into the patterns of deterioration in reading and writing in DAT, examining languages with different degrees of regularity.

Keywords: Alzheimer; reading; writing; spelling; longitudinal; deterioration; language regularity; french; spanish; written language; dictation.

Table des matières

Identification du jury	i
Résumé	ii
Abstract	iv
Table des matières	vi
Liste des abréviations	x
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xii
Dédicaces	xiii
Remerciements	xiv
I. INTRODUCTION	1
1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA DÉMENCE DE TYPE ALZHEIMER (DTA)	1
2. DÉGRADATION COGNITIVE DE LA DTA ET HÉTÉROGÉNÉITÉ INTER- FONCTION ET INTRA-FONCTION	2
2.1. <i>Les troubles de mémoire</i>	3
2.2. <i>Les troubles du langage</i>	4
2.3. <i>Les troubles apraxiques et agnosiques</i>	4
2.4. <i>Les fonctions exécutives</i>	4
2.5. <i>Les troubles du comportement et de l'humeur</i>	5
3. LES TROUBLES DU LANGAGE ORAL DANS LA DÉMENCE DE TYPE ALZHEIMER (DTA)	5
4. LE LANGAGE ÉCRIT ET LES MODÈLES THÉORIQUES	6
4.1. <i>Modèles neurocognitifs pour l'écriture des mots : Modèle à deux voies</i>	6
4.2. <i>Modèles neurocognitifs pour la lecture des mots : Modèle à deux voies</i>	9
4.3. <i>Modèles neurocognitifs de Lecours (1996) pour la lecture à voix haute et l'écriture sous dictée</i>	9
5. LE LANGAGE ÉCRIT DANS LA DÉMENCE DE TYPE ALZHEIMER	15
5.1. <i>L'écriture dans la DTA</i>	16
5.1.1. <i>Aspects linguistiques de l'écriture dans la Démence de type Alzheimer : l'orthographe</i>	17
5.1.2. <i>Aspects non-linguistiques de l'écriture dans la Démence de type Alzheimer</i>	23

Table des matières (cont.)

5.2. <i>La lecture dans la DTA</i>	24
5.2.1. Lecture et compréhension	24
5.3. <i>La lecture et l'écriture dans la DTA</i>	30
6. CONCEPT DE RÉGULARITÉ VERSUS IRRÉGULARITÉ D'UNE LANGUE : SYSTÈMES ESPAGNOL ET FRANÇAIS D'ÉCRITURE	31
II. PROBLÉMATIQUE	34
III. 1 ^E article - Brain and Language (soumis Septembre, 2003) READING ALOUD AND WRITING TO DICTATION IN FRENCH SPEAKERS: HOW IS IT AFFECTED AND HOW DOES IT PROGRESS IN ALZHEIMER'S DISEASE?	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUCTION.....	39
2. METHODS.....	43
2.1 <u>Subjects</u>	43
2.2 <u>Tasks</u>	44
2.2.1 <i>Writing to dictation and reading aloud words and pseudowords</i>	45
a. Homographic-heterophonous words:	45
b. Homophonous-heterographic words.....	46
c. Pseudowords:	46
2.3 <u>Scoring</u>	47
2.4 <u>Error type analysis</u>	48
3. RESULTS	48
3.1 <u>Writing to dictation words and pseudowords</u>	48
3.1.1. Error percentages.....	48
3.1.2 Effect of frequency, length and degree of abstractness.....	53
3.1.3. Error types	54

Table des matières (cont.)

3.2 <u>Reading aloud words and pseudowords</u>	55
3.2.1. Error percentages.....	55
3.2.2. Effect of frequency, length and degree of abstractness.....	59
3.2.3. Error types.....	59
4. DISCUSSION.....	60
REFERENCES.....	70

IV. 2^e article - Neuropsychologia (soumis Octobre 2003)

**READING AND WRITING TO DICTATION IN SPANISH
SPEAKERS: HOW IS IT AFFECTED AND HOW DOES IT PROGRESS
IN ALZHEIMER'S DISEASE?**

.....	73
ABSTRACT.....	74
1. INTRODUCTION.....	75
2. METHODS.....	80
2.1 <u>Subjects</u>	80
2.2 <u>Tasks</u>	81
2.2.1 <i>Writing to dictation and reading aloud words and pseudo-words</i>	81
2.3 <u>Scoring</u>	84
2.4 <u>Error type analysis</u>	86
3. RESULTS.....	86
3.1 <u>Writing words and pseudowords to dictation</u>	86
3.1.1 <i>Error percentages</i>	86
3.1.2 <i>Effect of frequency, length and degree of abstractness</i>	92
3.1.3 <i>Error types</i>	93
3.2 <u>Reading aloud of words and pseudo-words</u>	95
3.2.1 <i>Error percentages</i>	95
3.2.2 <i>Effect of frequency, length and abstractness</i>	99
3.2.3 <i>Error types</i>	99
4. DISCUSSION.....	101
REFERENCES.....	109

Table des matières (cont.)

V. DISCUSSION GÉNÉRALE	112
1. Écriture sous dictée et lecture à voix haute dans les deux langues : système espagnol et français d'écriture.....	113
2. Perspective longitudinale : ordre d'apparition de la détérioration des différentes composantes de l'écriture sous dictée ainsi que de la lecture à voix haute dans les deux langues.....	117
3. Effet de régularité de la langue : systèmes espagnol et français d'écriture.....	119
4. Considérations anatomo-biologiques.....	125
5. Conclusions et directions futures.....	126
Références générales	128
Annexes	131
Annexe 1 Index des stimuli en français.....	131
Annexe 2 Listado de estímulos en español.....	137

Liste des abréviations

AD : Alzheimer's disease

DTA : démence de type Alzheimer

NART : National Adult Reading Test

Liste des tableaux**1^e article**

Table 1. - Word treatment in written french (Lecours, 1996)	43
Table 2. - AD Patients	44
Table 3. - Control Subjects.....	44

2^e article

Table 1. - AD patients	81
Table 2. - Control Subjects.....	81

Liste des figures

I. INTRODUCTION

Figure 1 « modèle de lecture à voix haute » proposée par Lecours (1996)	12
Figure 2 « modèle d'écriture sous dictée » proposée par Lecours (1996)	14

III. 1^e article

Figure 1. - Total percentage of errors in writing per patient per assessment	49
Figure 2. - Percentage of errors in target written words of patients and controls.....	51
Figure 3. - Percentage of type of error and correct written words and pseudowords (per patient per assessment)	55
Figure 4. - Total percentage of errors in reading aloud per patient per assessment	56
Figure 5. - Percentage of errors in reading aloud target words of controls and patients: Regular and irregular words and pseudowords - Longitudinal	57
Figure 6 - Percentage of type of errors and correct reading aloud words and pseudowords (per patient per assessment)	60

IV. 2^e article

Figure 1. - Total percentage of errors in writing per patient per assessment	87
Figure 2. - Percentage of errors in target written words of patients and controls	90
Figure 3. - Percentage of type of errors in written words and pseudowords (per patients per assessment)	94
Figure 4. - Total percentage of errors in reading per patient per assessment	96
Figure 5. - Percentage of errors in reading aloud target words of patients and controls: Phonologically opaque words: Foreign-origin words, phonologically transparent words and pseudowords Longitudinal	97
Figure 6. - Percentage of type of errors in reading aloud words and pseudowords (per patients per assessment)	100

*G? ... J? Gjeografía?
no, Jgeografía?*

*Con qué letra empieza Jeografía?
El lugar donde habitan las letras se va encogiendo...
No puedo recordar si es Geografía , ó será Ortografía?*

*Estas reglas para escribir ya no entran en mi Jeografía
ó será Biografía?*

*Quiero recordar! ... Quiero recordar!
Qué quería recordar?
Sí, lo de la Geofia...*

*Palabras y palabras, se esfuman como nubes...
O alguien se las estará robando?*

*Quiero ir a mi cassa!!
Qué cosa?*

Dónde esta mi caza?

*Humo, me canso, está borroso...
Eso, eso de la Gefia ó cassa ó grafia qué sería?
Aquello de Ortofia? Geo? Ografía?
Tal vez es Geo...trría...
talvez, no lo sé...*

María Enríquez

A mi mamá

A Hiram

A Diego

Agradezco

Al Dr. André Roch Lecours, por haberme aceptado como su estudiante, por haber compartido conmigo su valioso tiempo, sus invaluable conocimientos y sobretodo, por el regalo de su amistad.

Muy en especial a la Dra. Bernadette Ska, por haber hecho realidad esta tesis, por tenderme su mano y otorgarme todo su apoyo y confianza en esta última y difícil etapa; sin ella, esto seguiría siendo un sueño.

Asimismo al Dr. Michel Habib, por sus valiosos consejos, por invitarme siempre a reflexionar y a organizar mis ideas.

A Francine Giroux, por tantas horas de trabajo, por hacer hablar mis datos y sobretodo por su apoyo incondicional como persona.

A la Dra. Sophie Fontaine, por creer en mi, por enseñarme con su ejemplo lo valioso y la gran responsabilidad que es la labor en el área clínica. Le agradezco hoy y siempre sus palabras de aliento y de motivación.

A la Dra. Esmeralda Matute y al Dr. Víctor Alcaraz por el apoyo que me han brindado desde que inicié este camino de aprendizaje, por estar siempre y por ayudarme a realizar mis sueños.

A la Universidad de Guadalajara y a la Secretaría de Educación Pública por su apoyo para realizar mis estudios en la Universidad de Montreal, por ayudarme en todo momento a completar mis estudios de Doctorado.

A Hélène y a Betty por ayudarme a evaluar y a interpretar cada una de aquellas respuestas tan diferentes y valiosas de mis pacientes de habla francesa, sin su apoyo aún estaría en esta etapa.

A Vanessa por su amistad, por sus consejos y sobretodo por su apoyo y paciencia al revisar cada palabra y cada idea de mi rudimentario inglés.

A Beatriz por su apoyo como amiga y por enriquecer mis conocimientos sobre las reglas ortográficas del español.

A Luchy, mi amiga desde otros tiempos, quien con su dedicación y responsabilidad, me ayudó a corregir tantas pruebas, le agradezco también sus preguntas que me invitaron a reflexionar y a aclarar mis propias ideas.

A Nicole, le agradezco el haber leído esta tesis con tanta dedicación, por sus comentarios y correcciones, en fin, por ser la invaluable correctora de mi francés escrito.

A Sophie mi amiga querida, por tantos momentos compartidos, por tantas alegrías y desilusiones que vivimos juntas a través de este camino de crecimiento.

A Adrianita, Manena y Mónica, a quienes les estaré siempre agradecida por el inmenso regalo de su amistad.

A todas las personas que participaron en esta investigación, a mis pacientes y a sus familias por abrirme las puertas de su casa, por compartirme un poco de sus vidas, por su paciencia y constancia.

A mis hermanos, por haberme apoyado en todo momento y alentarme con sus palabras de cariño. A Malú, por ayudarme a ver en mí a la mujer y a la profesionalista, a Nacho, por estar cerca y motivarme en este proyecto; a Paz, por demostrarme que con entereza se puede caminar; a Beatriz, por su dulzura y amor incondicional, a Rocío, por su fuerza de mujer y su fragilidad de niña; a Piny, por ayudarme a crecer en espíritu y por deleitarme con su poesía, a JD, que a pesar de su corta edad ha dado grandes pasos.

A mi papá, el estar aquí, el estar en mi corazón y el haber sido una gran inspiración en lo que ahora soy.

A mi mamá, que con su sencillez y transparencia me enseñó el milagro de la vida ... y el milagro de la muerte.

A mi abuela, quien despertó en mí desde siempre el amor y la admiración por las personas mayores.

Muy en especial y con todo mi corazón, a Hiram, le agradezco su compañía durante todos estos años, su apoyo incondicional, el creer en mí, el escucharme y darme lo mejor de sí; en fin, por compartir su vida y su ser conmigo y sobretodo, por darme el mejor regalo de mi vida, nuestro bebé.

Y con todo mi ser, a Diego, por haber pasado conmigo tantas horas de trabajo y angustias al hacer esta tesis, por enseñarme a valorar lo que realmente es importante en la vida, por vivir dentro de mí.

I. INTRODUCTION

1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA DÉMENCE DE TYPE ALZHEIMER (DTA)

La démence de type Alzheimer (DTA) est une maladie dégénérative associée au vieillissement. L'incidence de cette maladie ne cesse d'augmenter avec l'accroissement de la longévité humaine, que ce soit dans les pays industrialisés ou les pays en voie de développement. La DTA est un type de maladie qui affecte tout type de personne sans égard à la culture, la race, la religion, le niveau socioculturel ou économique. Selon les plus récentes statistiques, (Canadian Study of Health and Aging Workgroup, 2000), l'incidence des démences, incluant la démence de type Alzheimer (DTA), serait à la hausse au Canada. Parmi les différentes démences, la démence de type Alzheimer figure comme la plus importante avec un taux d'incidence de 7,4 par 1000 personnes, soit près de la moitié de l'incidence de toutes les démences (Canadian Study of Health and Aging Workgroup, 2000). De plus, son incidence augmente avec l'âge.

Selon sa définition, la maladie d'Alzheimer est un type de démence dégénérative caractérisée par une réduction progressive et irréversible des fonctions intellectuelles, de la capacité de penser, de se rappeler, d'apprendre et de raisonner (Woods, 1994). Du fait de ces altérations, le malade devient incapable de faire face aux obligations de la vie quotidienne et de se suffire à lui-même en perdant toute capacité d'autonomie et en devenant dépendant de son entourage (Oppenheim, 1994). Une difficulté liée à l'étude de cette maladie et de ses conséquences pour la personne est l'obligation d'une biopsie ou d'une autopsie pour en établir le diagnostic définitif. En l'absence de cette confirmation, tout diagnostic est traité comme «probable» ou «possible» (Woods, 1994).

D'un point de vue neuropathologique, la DTA se caractérise par une diminution du volume du cortex. Aux étapes initiales, la maladie est caractérisée par une atrophie de la formation hippocampique et du cortex entorhinal suivie de l'amygdale et du noyau

basal de Meynert. Cette progression de l'atrophie pourrait expliquer que les difficultés de mémoire soient les symptômes les plus précoces de la maladie. La dégénérescence progresse vers les aires corticales associatives. Les principales lésions associées à la DTA sont : les plaques séniles qui sont constituées d'un dépôt extra cellulaire de protéines, principalement la bêta-amyloïde (A4); les dégénérescences neurofibrillaires, en forme d'amas fibrillaires formés de paires de filaments hélicoïdaux dans le cytoplasme des neurones ; l'angiopathie amyloïde qui est le dépôt dans la paroi des artérioles cérébrales d'une substance amyloïde et la dégénérescence granulo-vacuolaire qui est associée aux dégénérescences neurofibrillaires des neurones hippocampiques. L'atteinte neuronale affecte de façon prédominante le système cholinergique ; la DTA entraîne une diminution de la synthèse d'acétylcholine secondaire à la diminution de choline-acétyl-transférase. Ce déficit est localisé au niveau des voies cholinergiques de l'hippocampe et du cortex (Muñoz & Feldman, 2000 ; Calne, 1994).

Les causes de la DTA sont encore inconnues, même si de grands progrès ont été accomplis entre autres dans le domaine de la génétique et de la biochimie (Heston, 1984). Jusqu'à présent, la façon la plus prudente de la concevoir est de la considérer comme une maladie multifactorielle combinant une prédisposition génétique et des facteurs de l'environnement, ces derniers n'étant pas encore connus avec certitude.

2. DÉGRADATION COGNITIVE DE LA DTA ET HÉTÉROGÉNÉITÉ INTER-FONCTION ET INTRA-FONCTION.

La démence de type Alzheimer se manifeste par une dégradation cognitive progressive dont l'hétérogénéité est maintenant reconnue (Joanette, Ska, Poissant & Béland, 1992 ; Joanette, Melançon, Ska & Lecours, 1993). Il est également suggéré que l'altération des fonctions cognitives dans la DTA n'est pas simultanée ni homogène dans le temps, ni chez les différents malades. Le terme «hétérogénéité inter-fonction» réfère aux différences des manifestations cognitives entre les fonctions, par exemple, le langage, la mémoire, les capacités visuo-constructives, etc. Il existe donc des sous-groupes de

patients DTA dont la dégradation diffère d'une fonction à l'autre. L'hétérogénéité s'exprime également à des niveaux plus spécifiques, c'est-à-dire au niveau des sous-composantes d'une même fonction dont la dégradation peut différer. Cette dernière est connue comme «hétérogénéité intra-fonction» (Joanette et al., 1992, 1993).

Même si l'hétérogénéité est une caractéristique reconnue de la DTA, certains profils généraux de détérioration ont été décrits (Pasquier, 2002). Les fonctions qui sont les plus affectées sont la mémoire, le langage, l'attention, les capacités visuo-constructives et les habiletés gestuelles. Les critères de diagnostic de la maladie d'Alzheimer les plus couramment utilisés en recherche sont ceux du «National Institute of Neurological and Communicative Disorders and Stroke» and the «Alzheimer's Disease and related Disorders Association» (NINCDS-ADRDA, 1984). Les critères de la 4e édition du «Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders» (DSM-IV-TR, 2000) sont d'usage plus habituel en clinique. Dans les grandes lignes, les deux références sont convergentes pour les manifestations principales des troubles cognitifs de la DTA. La suite du texte présente les descriptions de ces troubles.

2.1. Les troubles de mémoire

Selon les critères de diagnostic de la DTA, les troubles de la mémoire sont toujours présents et précoces. Ils se manifestent dans un premier temps par des oublis concernant des informations de la vie quotidienne comme la date, les noms, les rendez-vous, les consignes, les informations, la place de certains objets, etc. Une désorientation temporelle est également observée en début de maladie ainsi que des troubles d'attention et de concentration. Initialement, les personnes sont conscientes de leurs difficultés et celles-ci sont également remarquées par les personnes de leur entourage. La mémoire autobiographique (mémoire ancienne) reste intacte pendant longtemps. Par contre, la mémoire à long terme explicite du type épisodique est très altérée et les problèmes touchent les processus d'encodage, de rappel, de stockage et de consolidation. Le faible bénéfice de l'indigence pour le rappel des informations ainsi que l'importance de l'oubli en rappel différé sont très caractéristiques de la DTA. La

reconnaissance peut être conservée plus longtemps. Les stratégies d'apprentissage sont peu efficaces. La mémoire de travail est également altérée et ceci, dès les premiers stades de la maladie. Une grande sensibilité aux interférences est également observée (Pasquier, 2002).

2.2. Les troubles du langage

Une analyse précise des troubles du langage sera présentée plus loin. Un certain patron de détérioration peut cependant être décrit. Des études approfondies du langage des patients DTA ont révélé une préservation relative des systèmes phonologique et morpho-syntaxique que l'on peut contraster de façon marquée avec l'atteinte précoce du système sémantique. Initialement, les processus pragmatiques et conceptuels sont altérés, puis les aspects lexicaux et sémantiques et plus tardivement, les composantes syntaxiques et phonologiques (Caramelli, Mansur & Nitrini, 1998).

2.3. Les troubles apraxiques et agnosiques

L'apraxie constructive est une des premières perturbations praxiques (Odgen, 1990). Par la suite, une apraxie idéatoire et idéomotrice perturbe progressivement la réalisation de gestes au quotidien. Les manifestations d'agnosie visuelle sont souvent tardives et intriquées avec les autres atteintes cognitives.

2.4. Les fonctions exécutives

La capacité à gérer un certain nombre de situations qui requièrent la mise en action de capacités de jugement, de raisonnement, de logique, d'organisation ainsi que de planification et d'abstraction est également perturbée dans les stades modérés de la maladie. Ces difficultés sont reliées aux atteintes des différentes fonctions cognitives (mémoire, attention, langage, etc.) et elles sont aussi consécutives aux altérations de régions cérébrales directement impliquées dans les processus cognitifs complexes (Fasotti & Aubin, 1999).

2.5. Les troubles du comportement et de l'humeur

Ces troubles se manifestent principalement par une perte d'intérêt pour les activités quotidiennes. Les modifications dans le comportement peuvent être très variables, entre autres : l'irritabilité, le manque d'initiative et la passivité, la méfiance, la dépression. L'anosognosie devient rapidement une caractéristique du comportement du patient (Pasquier, 2002).

3. LES TROUBLES DU LANGAGE ORAL DANS LA DÉMENCE DE TYPE ALZHEIMER (DTA)

Étant donné que cette thèse porte sur les troubles du langage écrit, il paraît important de décrire d'abord de façon plus détaillée les perturbations du langage oral dans la DTA.

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que les troubles du langage sont présents dès le début de la maladie. Un certain patron de détérioration du langage oral a été décrit. Un signe précoce et caractéristique est le «manque du mot» dans le langage spontané. En particulier, les noms et les mots peu fréquents sont les plus affectés dans ce tableau. Les patients utilisent des circonlocutions pour pallier cette difficulté (Appel, Kertesz & Fisman, 1982). Par contre, la compréhension orale pendant une conversation reste adéquate. Les patients sont capables de communiquer et de se faire comprendre au quotidien. Cependant, une analyse plus détaillée de leur discours démontre une réduction des capacités de génération du langage oral (évocation lexicale réduite) et une pauvreté dans le contenu informatif (Bschor, Kulh & Reischies, 2001 ; Croisile, Brabant, Carmoi, Lepage, Aimard & Trillet, 1996). Au stade de la démence modérée, on observe une désorganisation progressive du langage oral : le langage est fluide mais il peut être incohérent, avec des paraphasies verbales de type sémantique, des persévérations des idées, des périphrases ainsi qu'une syntaxe parfois incorrecte. La compréhension orale et écrite ainsi que la dénomination sont altérées. À un stade plus avancé, le langage devient réduit et inintelligible, avec des paraphasies phonémiques,

des écholalies et des persévérations. La compréhension orale explicite est très altérée ; par contre, la compréhension implicite peut être maintenue (Caramelli, et al., 1998). Des études récentes ont décrit les caractéristiques de la conversation et du discours narratif ou descriptif de patients DTA à un stade léger à modéré (Ehrlich, 1994 ; Caramelli, et al., 1998 ; Duong, Giroux, Tardif & Ska, 2003). Selon ces auteurs, le discours est habituellement fluent, mais plus court et moins informatif ; il est grammaticalement plus simple, tangentiel et il peut être incohérent.

4. LE LANGAGE ÉCRIT ET LES MODÈLES THÉORIQUES

Le but de la thèse étant d'étudier l'évolution du langage écrit chez les patients DTA, il est important de présenter dans un premier temps les modèles cognitifs qui décrivent les processus qui sont en jeu dans la lecture et l'écriture. La suite du texte se concentre sur les apports de la neuropsychologie cognitive à l'étude des perturbations dans le langage écrit.

La recherche en neuropsychologie cognitive a comme objet fondamental d'évaluer et d'expliquer systématiquement les mécanismes sous-tendant les fonctions cognitives, telles que le langage, la mémoire, les fonctions visuo-spatiales, etc. La compréhension des processus cérébraux sous-tendant l'écriture et la lecture a fait l'objet de plusieurs études importantes dans les trente dernières années. En essayant de comprendre les processus qui sont en jeu dans la lecture et l'écriture, à travers des modèles neurocognitifs, on prétend expliquer la manière dont on traite l'information pour produire un mot, soit en lecture, soit en écriture.

4.1. Modèles neurocognitifs pour l'écriture des mots: Modèle à deux voies

L'approche du «traitement de l'information» est illustrée dans des modèles d'architecture fonctionnelle ou «modèles boîtes-flèches» dont le but est de décrire des représentations mentales et d'expliquer leurs traitements successifs. Ces modèles sont

composés de sous-systèmes qui transforment une information d'entrée en une information de sortie. Ces systèmes étant issus de la «Neuropsychologie cognitive», ils sont en grande partie exempts de toute localisation anatomique précise. Lorsque des topographies sont proposées, elles n'affirment pas que le lieu de la procédure ou du stock soit situé en un endroit précis mais plutôt, qu'en cas de perturbation maximale du traitement considéré, on observe une lésion dans cette région.

Les modèles d'architecture fonctionnelle de la lecture et de l'écriture les plus fréquents proposent deux voies de traitement, c'est-à-dire, deux voies possibles pour générer une information de sortie à partir d'une information d'entrée. Ces modèles à deux voies ont permis d'expliquer de nombreux aspects du fonctionnement de l'écriture et de la lecture chez l'individu normal, de même que dans le fonctionnement atypique. En effet, ces modèles sont justifiés par l'existence de plusieurs types de dyslexie, soit acquise, soit développementale. Les modèles à deux voies de la lecture et de l'écriture supposent qu'il existe deux procédures distinctes et fonctionnellement indépendantes. Dans le cas de l'écriture, la production écrite d'un mot suppose la génération de sa forme orthographique (processus linguistique) et postérieurement la génération de sa forme graphique (processus non-linguistique) (Eustache & Lambert, 1996). Lors de l'écriture sous dictée, l'orthographe d'un mot peut être généré par deux voies parallèles différentes : la voie lexico-sémantique et la voie phonologique. La voie lexico-sémantique active la représentation orthographique du mot de manière globale. À la dictée, le mot qu'on écoute active une représentation phonologique qui, à son tour, suscite un traitement au niveau sémantique préalable à sa représentation orthographique. Les personnes ayant une bonne maîtrise de l'écriture l'utilisent pour écrire des mots fréquents réguliers, mais le passage par cette voie est capital pour l'écriture des mots irréguliers. On considère comme réguliers les mots dont la conversion du phonème au graphème est sans équivoque ; les mots irréguliers ne respectent pas la règle univoque de conversion du phonème au graphème et contiennent des suites de lettres non prédictibles à partir de la forme phonologique. Les mots irréguliers contiennent des lettres dites muettes (ex. tabac), des lettres dont la

prononciation ne respecte pas à celle du phonème correspondant (ex. femme), des ensembles de lettres issus de langues étrangères (ex. chrysanthème) (Roeltgen, 1985 ; Shallice, 1981). Ils existent aussi en français les mots ambigus ; ces mots peuvent s'écrire ou s'épeler de différentes façons car ils comportent des lettres muettes ou des phonèmes ambigus (ex. château pourrait s'écrire : chato, chatot, chatau, chataux, chataud). Les mots comportant une prononciation irrégulière doivent invariablement être «lexicalisés» c'est-à-dire mémorisés sous leur forme visuelle globale et stockés dans un site mental appelé «lexique». La procédure lexicale permet ainsi de lire et d'écrire correctement des mots dont la prononciation ne correspond pas aux règles de conversion de graphèmes en phonèmes.

Dans des cas pathologiques, il existe (sans accès à la compréhension) une voie alternative à la voie lexico-sémantique, connue comme la voie lexicale directe sans accès à la sémantique, laquelle active directement les représentations orthographiques à partir des représentations phonologiques sans passer par une médiation de type sémantique (Goodman & Caramazza, 1986).

De son côté, la voie phonologique respecte les règles de conversion phonème-graphème. À partir de la représentation phonologique du mot, il y a une segmentation en syllabes et phonèmes et, par la suite, la conversion des phonèmes en graphèmes. Cette voie est surtout utilisée pour l'écriture de pseudomots et de mots réguliers non familiers (Beauvois & Dêrouesné, 1981 ; Roeltgen, Sevush & Heilman, 1983).

En fin de processus, des aspects non-linguistiques interviennent dans l'écriture de mots sous dictée. L'information est traitée dans le «Buffer graphémique» qui garde temporairement en mémoire les représentations graphémiques (mémoire de travail). Par la suite, la conversion allographique est réalisée par la sélection du type de caractère qui sera utilisé. Finalement, les patrons moteurs graphiques (taille, position, séquence des traits) sont activés et réalisés. La dégradation lors du processus de cette

dernière étape correspond aux agraphies apraxiques (Lambert, Viader, Eustache & Morin, 1994 ; Eustache & Lambert, 1996).

4.2. Modèles neurocognitifs pour la lecture des mots : Modèle à deux voies

La lecture des mots à haute voix peut également emprunter deux voies distinctes. La première voie accède aux mots par le biais du «lexicon mental» dans lequel est stockée la forme (préalablement apprise) des mots. Cette forme stockée permet d'activer la forme phonologique correspondante en passant par la représentation sémantiquement associée au mot. Cette voie appelée voie lexico-sémantique (Coltheart, 1985) relie les formes orthographiques, phonologiques et sémantiques des mots en tant qu'unité.

Via la voie lexico-sémantique, on réalise la lecture des mots irréguliers qui ne correspondent pas aux règles traditionnelles de conversion des graphèmes aux phonèmes. Elle permet de lire les mots fréquents, indépendamment de leur irrégularité. Une partie de cette voie est utilisée lorsque le lecteur passe directement du mot écrit à sa forme phonologique sans médiation sémantique, ce qui est le cas d'une lecture adéquate à haute voix des mots irréguliers sans compréhension.

La seconde voie se base sur la connaissance de la correspondance entre l'orthographe et la phonologie, par la segmentation du mot en unités graphémiques de base. Cette voie est appelée la voie sublexicale ou phonologique. La lecture se réalise par la conversion successive des graphèmes en phonèmes et leur combinaison en syllabes pour produire la forme phonologique du mot. En passant par cette voie, il est possible de lire adéquatement les mots réguliers (qui respectent les règles de conversion graphème-phonème) et les pseudomots avec caractéristiques régulières.

4.3. Modèles neurocognitifs de Lecours (1996) pour la lecture à voix haute et l'écriture sous dictée

Étant donné la contribution des voies lexicales et sublexicales qui sous-tendent le fonctionnement de l'écriture et de la lecture, certains modèles récents parlent d'une flexibilité quant à la contribution réciproque des deux voies de traitement, car les deux routes partagent certaines étapes initiales et finales de traitement de l'information. Le modèle cognitif de Lecours (1996) appartient à ce type de modèles. Il s'agit d'un modèle fonctionnel qui décrit explicitement et en détail les possibles sous-systèmes et processus requis pour lire et écrire aux niveaux lexical et sublexical. En plus, ce modèle prend en compte la notion de structure orthographique du langage comme variable qui affecte ces deux processus.

Le présent travail de recherche s'intéresse à la détérioration de la lecture et de l'écriture dans la DTA dans deux langues dont les caractéristiques diffèrent en ce qui concerne la «régularité» de la langue (on discutera plus loin de ce sujet) : le français et l'espagnol. Le modèle cognitif de Lecours (1996) apparaît comme le plus pertinent à notre étude. D'une part, ce modèle tient compte de la notion de structure orthographique d'une langue. D'autre part, il présente des hypothèses précises par rapport au traitement des mots, pseudomots, lettres, etc. De plus, un protocole d'évaluation a été conçu selon ce modèle, à la fois pour la langue française et pour la langue espagnole.

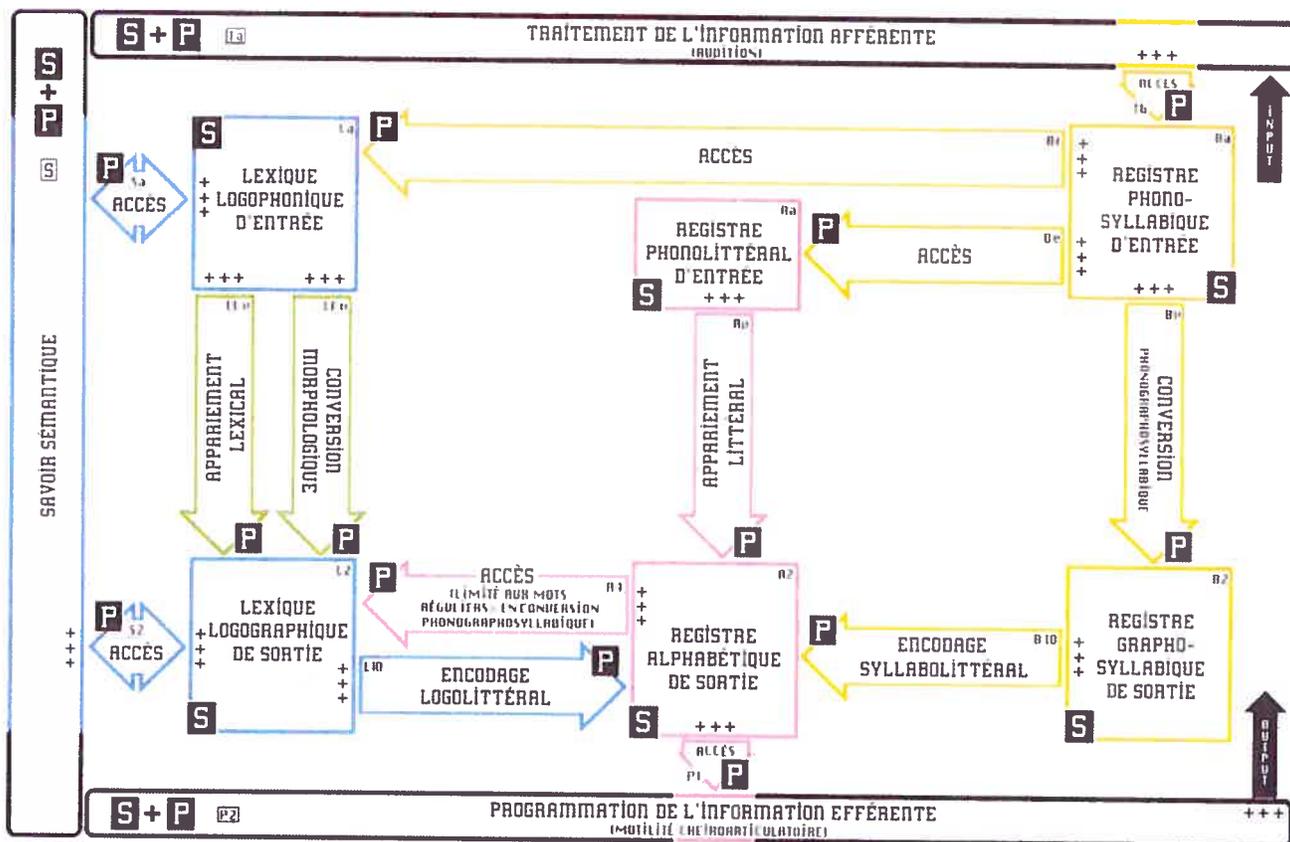
Le modèle cognitif de Lecours (1996) est un modèle qui s'appuie sur quatre postulats de base. Le premier postulat énonce que tous les mots ayant une composante sublexicale irrégulière opaque, soit les homographes-hétérophones en lecture et en écriture (p. ex «chorale» par opposition à «chocolat» où la même graphie «ch» correspond à deux réalisations phonologiques différentes) et les hétérographes-homophones en écriture (p. ex «refrain» par opposition à «patin» où un même phonème correspond à deux graphies différentes), ne peuvent être traités correctement sans avoir été mis en mémoire dans les lexiques logographiques d'entrée ou de sortie selon le cas.

Le deuxième postulat suppose qu'il existe deux voies lexicales, soit une sémantique et l'autre potentiellement asémantique. Le troisième énonce que les pseudomots ou les mots inconnus ne peuvent être lus ou écrits que par la voie de conversion sublexicale. Finalement, le quatrième postulat stipule, et c'est là une différence importante avec plusieurs modèles contemporains, que les mots réguliers peuvent être lus ou écrits par l'une ou l'autre des deux voies, voire de façon parallèle et, également, que les mots présentant une irrégularité sublexicale de très haute fréquence peuvent être écrits de la même manière.

Lors du fonctionnement normal de la lecture, le modèle de Lecours (1996) propose une série d'étapes précises propres à chaque voie (voir Figure 1 «modèle de lecture à voix haute» proposée par Lecours, 1996). Au début, tant au niveau lexical qu'au niveau sublexical, le «*traitement de l'information visuelle*» discrimine l'information visuelle pertinente parmi d'autres informations visuelles. L'information visuelle sélectionnée accède ensuite au «*registre alphabétique d'entrée*» où les lettres individuelles sont identifiées. Cette étape préliminaire est partagée à la fois par la voie lexicale et par la voie sublexicale. En ce qui concerne la voie lexicale, l'information se rend au «*lexique logographique d'entrée*», site contenant les représentations visuelles globales des mots. Par le moyen d'une procédure d'appariement, ces formes visuelles globales accèdent à leurs formes phonologiques dans le «*lexique logophonique de sortie*». Ces formes phonologiques entières se rendent ensuite au «*registre phonosyllabique de sortie*» pour permettre d'analyser la constitution syllabique ou phonémique du mot servant par la suite à sa programmation phonoarticulatoire. Ce dernier registre de traitement phonologique est aussi utilisé par la voie sublexicale et permet la comparaison de réponses concurrentes de deux routes.

voie sublexicale et, même la possibilité d'utiliser une voie lexicale non-sémantique (voir Figure 2 «modèle d'écriture sous dictée» proposée par Lecours, 1996). Au début, tant au niveau lexical qu'au niveau sublexical, le «*traitement de l'information auditive*» discrimine l'information linguistique auditive pertinente parmi d'autres formes d'informations auditives. Dans le cas de la voie sublexicale, l'information auditive passe au «*registre phonosyllabique d'entrée*» qui contient la représentation phonologique abstraite de toutes les syllabes de la langue en question. Par la suite, la représentation phonologique de la syllabe cible, à travers un processus de «*conversion phonographosyllabique*» (conversion des syllabes phonologiques en syllabes écrites par le biais de règles précises) arrive au «*registre graphosyllabique de sortie*» où se retrouvent les représentations des syllabes de la langue. Par la suite et, grâce à un processus «*d'encodage syllabolittéral*», la représentation arrive au «*registre alphabétique de sortie*» qui est une mémoire spécialisée qui contient l'information visuelle abstraite des lettres qui constituent les syllabes. Finalement, la représentation de chaque lettre, dans l'ordre correct, le style, etc. sera transformée dans sa forme correspondante dans le «*module de programmation d'information efférente*», et cela permettra à la personne d'exécuter les mouvements manuels appropriés pour écrire le mot entendu.

Figure 2 «modèle d'écriture sous dictée» proposée par Lecours (1996)



En ce qui concerne l'écriture par voie lexicale avec compréhension, dès que la représentation phonosyllabique est arrivée au «registre phonosyllabique d'entrée», elle passe au «lexique logophonique d'entrée» qui contient les représentations phonologiques des unités lexicales connues par la personne. Dans ce lexique, la représentation est reconnue comme une unité lexicale du langage et passe par la suite au «savoir sémantique» pour être interprétée sémantiquement. En accord avec le sens du mot, cette représentation sera appariée avec sa représentation lexicale-orthographique correspondante qui se retrouve dans le «lexique logographique de sortie». À travers un processus «d'encodage logolittéral», la représentation arrivera au «registre alphabétique de sortie» et finalement, tel que décrit pour la voie sublexicale, sera transformée dans le «module de programmation d'information efférente», et cela

permettra à la personne d'exécuter les mouvements manuels appropriés pour écrire le mot entendu. Le modèle de Lecours (1996) incorpore également la possibilité d'écrire un mot irrégulier correctement mais sans avoir accès à la compréhension. Ceci est possible si la représentation logophonique du mot va directement du «*lexique logophonique d'entrée*» au «*lexique logographique de sortie*» à travers un «*appariement lexical*».

5. LE LANGAGE ÉCRIT DANS LA DÉMENCE DE TYPE ALZHEIMER

Il existe peu d'articles traitant de la détérioration du langage écrit dans la DTA. Les premières études concernant le langage écrit (lecture et écriture) et la maladie d'Alzheimer, sont restées à un niveau global. Les principales conclusions de ces études suggèrent :

- a) que la dégradation des habiletés de lecture et d'écriture sont parallèles à l'évolution de la maladie (Cummings, Houlihan & Hill, 1986; Horner, Heyman, Dawson & Rogers, 1988 ; Henderson, Buckwalter, Sobel, Freed & Diz, 1992; Platel, Lambert, Eustache, Cadet, Dary, Viader & Lechevalier, 1993).
- b) qu'il existe une dégradation plus précoce dans le langage écrit que dans le langage oral (Appel, 1982) ou bien, qu'il existe une interaction entre les troubles du langage oral et ceux du langage écrit (Faber-Langendoen, Morris, Knesevich, LaBarge, Miller & Berg, 1998);
- c) que la dégradation progressive du langage écrit ne dépend pas de celle du langage oral mais de troubles de la mémoire sémantique (Labarge, Smith, Dick & Storandt, 1992 ; Patterson & Hodges, 1992; Patterson, Graham & Hodges, 1994) ;
- d) qu'il y a une relation entre la dégradation de la lecture et de l'écriture et les antécédents familiaux de maladie d'Alzheimer (Breitner & Folstein, 1981) ou par contre, qu'il n'existe pas de relation avec les antécédents familiaux de maladie d'Alzheimer (Horner, et al., 1988 ; Henderson, et al., 1992).

Lorsque l'on étudie le langage écrit, il est nécessaire de séparer la lecture et l'écriture, puisque chacune correspond à un processus complexe composé de différentes étapes. Les principaux troubles dans l'écriture et dans la lecture seront donc présentés et discutés à partir des analyses de l'orthographe (dans le cas de l'écriture) et de la prononciation (dans le cas de la lecture) de différents types de mots (réguliers/irréguliers) et des pseudomots.

5.1. L'écriture dans la DTA

L'écriture est une tâche cognitive et linguistique complexe qui peut être altérée à différents niveaux : orthographique, construction syntaxique, capacités graphiques, organisation spatiale, etc. Cette section a comme but principal de présenter et discuter des plus récentes recherches dans le domaine des perturbations de l'orthographe dans la démence du type Alzheimer (DTA).

Étant donné le caractère hétérogène de cette maladie, les perturbations au niveau cognitif sont difficiles à interpréter. Très fréquemment, les résultats des différentes recherches divergent. Cependant, certains patrons de dégradation du langage écrit se dégagent. Cette section se concentrera principalement sur les apports de la neuropsychologie cognitive à l'étude de telles perturbations lors de l'évolution de la DTA.

La dégradation progressive de l'écriture semble être une constante de la DTA, caractérisée par une diminution initiale des capacités lexico-sémantiques, suivie par une altération orthographique qui commence de manière lexicale et par la suite phonologique. Finalement apparaissent les perturbations au niveau grapho-moteur. L'écriture est donc un processus complexe qui requiert un traitement linguistique et un traitement non linguistique. Étant donné l'hétérogénéité qui caractérise la DTA, on ne peut parler uniquement d'une agraphie pure. Les désordres de l'écriture dans la DTA

peuvent être considérés soit comme le résultat d'une dégradation globale au niveau cognitif (Kemper, Labarge, Ferraro, Cheung, Cheung & Storandt, 1993; Platel et al., 1993) soit comme le résultat d'une dégradation des réseaux anatomiques qui sont sous-jacents au langage écrit (Rapcsak, Arthur, Bliklen & Rubens 1989; Penniello, Lambert, Eustache, Petit-Taboué, Barré, Viader, Morin, Lechevalier & Baron, 1995).

5.1.1. Aspects linguistiques de l'écriture dans la Démence de type Alzheimer : l'orthographe

Les recherches qui s'intéressent à l'orthographe se basent principalement sur l'écriture des mots réguliers et irréguliers isolés et de non-mots ou pseudomots (selon le cas) à la dictée. La première étude systématique à partir d'un modèle neuro-cognitif à deux voies (phonologique et lexicale) pour évaluer l'écriture des mots dictés chez des patients souffrant possiblement de DTA, a été réalisée par Rapcsak, et al., (1989). Ces auteurs ont évalué l'écriture des mots dictés réguliers et irréguliers, de non-mots et de mots fonctionnels chez 11 patients (10 contrôles). Ils ont montré que les DTA présentent un niveau de performance significativement inférieur pour l'écriture des mots irréguliers, même si les erreurs étaient phonologiquement correctes. Aucune différence n'a été trouvée quant aux mots réguliers, non-mots et mots fonctionnels. Donc en partant du modèle à deux voies, ils ont interprété les résultats comme un déficit dans la voie lexicale. Étant donné que la dysorthographe n'est pas corrélée à la sévérité de la démence (MMSE), ni à la perturbation du langage oral, les auteurs se demandent si l'agraphie lexicale pourrait être déterminée par une lésion neuro-pathologique de type focal dans des régions critiques, à savoir les aires associatives non-spécifiques de l'hémisphère gauche plutôt que par une altération du fonctionnement intellectuel global. Un travail récent de Penniello, et al. (1995) appuie cette hypothèse de dégradation focale. Dans cette étude, sur 11 patients avec DTA légère à modérée, une corrélation positive significative est observée entre le métabolisme local de glucose (PET) du girus supramarginal et angulaire de la région temporo-pariétale gauche et des tâches d'écriture. Plus spécifiquement, les auteurs ont observé un hypo-métabolisme du girus angulaire chez les patients avec agraphie du type lexical et un hypo-métabolisme du girus supramarginal chez les patients avec agraphie phonologique.

Il est important de souligner que dans la recherche de Rapcsak, et al. (1989), les troubles au niveau grapho-moteur n'ont pas permis, à la moitié des patients, d'écrire. Donc, les patients ont réalisé le test oralement en épelant les mots. Cette condition a pu avoir un effet sur les résultats de l'étude, puisque, selon Croisile, et al. (1996), l'épellation d'un mot à l'oral est plus difficile pour les patients DTA que son écriture. À partir de leurs résultats, Rapcsak et son équipe ont proposé une hypothèse sur l'évolution de l'agraphie dans la DTA: au début de la maladie, la dégradation apparaît au niveau lexico-sémantique et, par la suite, comme la démence évolue, cette dégradation peut évoluer en perturbations du niveau phonologique.

Afin d'analyser vraiment le processus de la dégradation de l'écriture des mots à la dictée, il est important de pouvoir compter sur des études du type longitudinal. Joanette, et al. (1993), soulignent que les études longitudinales permettent d'avoir une mesure ou une ligne de base du patient à partir de laquelle on peut évaluer la dégradation des capacités cognitives et identifier les forces ou les faiblesses intra et inter- fonctionnelles. Jusqu'à présent, les études longitudinales concernant l'évaluation de l'orthographe écrit sont très rares. Platel, et al (1993), ont réalisé une étude de ce type. Ils ont évalué chez 22 patients l'évolution de la dysorthographe dans les mots (réguliers, irréguliers) et non-mots sur une période d'intervalle de 9 à 12 mois. Leurs résultats sont hétérogènes, même s'ils semblent coïncider avec le processus dégénératif des habiletés d'écriture à la dictée des mots que propose Rapcsak, et al. (1989), où la dégradation de l'écriture à la dictée débute par une atteinte de la voie lexicale (écriture adéquate des mots réguliers et non-mots) et se poursuit par une dégradation de la voie phonologique (augmentation des erreurs non phonologiquement possibles) et une augmentation des erreurs grapho-motrices. Par ailleurs, selon les résultats de Platel, et al. (1993), le temps d'apparition ainsi que l'évolution du processus dégénératif de l'écriture présente une séquence hétérogène parmi les patients. L'étude longitudinale de Platel et al., (1993), a permis d'observer le caractère imprévisible de la dégradation de l'écriture au niveau de la temporalité. Chez les patients de cette étude, la dégradation ne s'est pas produite à la même vitesse chez tous les sujets. Cependant, la séquence

entre les phases de dégradation semble présenter certaines tendances similaires. C'est le rythme de l'évolution de chaque patient qui est hétérogène.

Par contre, dans une étude longitudinale réalisée avec une population italienne, Luzzatti, Laiacona and Agazzi (2003) ont évalué l'écriture sous dictée de mots (réguliers et irréguliers) ainsi que de pseudomots auprès de 23 patients DTA suivis de 6 à 12 mois. Ils ont trouvé une importante variabilité individuelle dans la dégradation de l'écriture chez les patients. Les auteurs rapportent une variation significative dans les profils de détérioration de l'écriture au début de la maladie ainsi qu'au cours de la maladie. Dans une première évaluation, différents types de perturbations ont été observés : une détérioration soit de la voie lexicale, soit de la voie sublexicale, ou soit encore des deux voies.

Également, à travers le temps, les auteurs ont observé que la dégradation n'évolue pas spécifiquement vers la voie sublexicale chez les patients DTA. De plus, dans les cas auxquels cette évolution vers la voie sublexicale se présente, la détérioration cognitive de la DTA est déjà à un stade sévère. De façon spécifique, Luzzatti et al (2003) rapportent que les profils de détérioration à travers le temps sont hétérogènes. Pour quelques patients, la détérioration est plus accentuée concernant l'écriture des pseudomots, ce qui suggère une détérioration de la voie sublexicale ; pour d'autres, la détérioration a évolué ou persisté vers une détérioration du type lexical. Les auteurs suggèrent une possible détérioration indépendante des deux voies. Ils ont conclu que, même si la DTA est considérée comme une maladie dégénérative diffuse, en ce qui concerne l'écriture, la détérioration peut débuter de façon plus focale (selon les fonctions et les aires anatomiques atteintes au début) et que différents profils de détérioration peuvent apparaître au cours du temps.

Il est important de préciser que dans la majorité des études la sévérité de la démence s'établit à partir du test Mini Mental State Evaluation (Folstein & McHugh, 1975) qui évalue le fonctionnement cognitif général. Cependant, cette évaluation ne permet pas

de connaître la dégradation particulière entre les fonctions cognitives ; c'est pourquoi lorsque les études n'utilisent que cette seule mesure, il n'est pas possible d'analyser la dégradation spécifique de certaines fonctions et leurs effets sur le langage écrit.

Dans le but de connaître l'interaction entre le traitement linguistique des mots écrits et la dégradation de certaines fonctions cognitives telles que la mémoire, l'attention, les habiletés visuo-perceptives, visuo-constructives et le langage oral, Croisile, Carmoi, Adeleine & Trillet, (1995a) ont réalisé une étude dans laquelle ils ont pu identifier des sous-groupes de patients DTA qui correspondaient à différents niveaux de dégradation lexicale ou phonologique. Ces auteurs ont évalué l'écriture sous dictée de 54 noms communs (réguliers et irréguliers) et les habiletés sémantiques à travers la description par écrit d'une image chez 42 patients avec une DTA probable.

Les résultats ont permis de distinguer 4 groupes (DTA) selon le degré de dégradation orthographique à la dictée. Le premier sous-groupe, ne présentait pas de problèmes d'orthographe à la dictée ; cependant, la description de l'image suggérait des perturbations du type sémantique. Les autres sous-groupes sont caractérisés par une augmentation progressive d'erreurs d'orthographe, identifiée en premier lieu comme une déficience au niveau lexical, suivie par une dégradation phonologique.

Même si ce n'est pas une étude longitudinale, les résultats de Croisile et al., (1995a) peuvent rendre compte de la dégradation de l'écriture en DTA. Au niveau des fonctions cognitives, ils ont observé que la dégradation des habiletés d'orthographe était reliée aux difficultés du langage, aux désordres visuo-constructifs et à la sévérité de la démence. Par contre, ils n'ont pas observé de relation avec la mémoire (immédiate verbale et non-verbale), ni avec l'âge, ni avec la durée de la maladie.

En révisant les résultats obtenus concernant la relation entre la sévérité de la démence (MMSE) et la dégradation de l'écriture, les résultats de Platel, et al. (1993), Croisile, et al. (1995a) et Luzzatti, et al. (2003) ne correspondent pas aux résultats de Rapcsak, et

al. (1989). Dans cette dernière étude, les patients ont présenté des résultats très hétérogènes concernant la sévérité de la démence, ce qui montre une population avec des caractéristiques cognitives hétérogènes. Par contre, dans l'étude de Croisile, l'hétérogénéité a été mieux contrôlée pour un échantillonnage majeur ainsi que grâce au classement en sous-groupes selon la sévérité de la démence et les caractéristiques cognitives de chaque sous-groupe. L'étude longitudinale de Platel, et al. (1993), appuie cette tendance à présenter une dégradation de la dysorthographe reliée à l'évolution de la maladie.

Lambert, et al. (1996) pose le problème de savoir si la dégradation de l'orthographe est une conséquence d'une perturbation indépendante du «lexique orthographique» ou si elle est liée à la désintégration globale de la «connaissance sémantique». Pour le prouver, en plus d'évaluer l'écriture à la dictée des mots réguliers, irréguliers et pseudomots, ils ont soumis les patients (12 patients avec DTA légère à modérée) à des tâches de décision lexicale, phonologique et sémantique des mots et des images. Les résultats n'ont pas permis d'établir une relation entre l'écriture des mots irréguliers et les tâches de décision lexicale et sémantique à partir des mots et des images. Ce qui pourrait signifier que la difficulté d'accéder à la connaissance orthographique des mots est indépendante du traitement lexical et sémantique impliqué dans d'autres modalités. Les auteurs ont également trouvé une relation entre les résultats à la dictée des pseudomots et la durée de la maladie, ce qui suggère que l'agraphie se fait plus phonologique au fur et à mesure que la maladie évolue, ces données corroborant les résultats de Croisile, et al (1995a) et ceux de Rapcsak, et al. (1989). À partir de leurs résultats, Lambert et al. (1996) appuient la position de Rapcsak, et al. (1989) et de Penniello (1995), sur l'existence d'un possible dommage focal spécifique.

Pour résumer cette partie sur l'écriture des mots et pseudomots à la dictée analysée à la lumière d'un modèle neuro-cognitif, il faut signaler, que la majorité des recherches coïncident sur le fait de proposer un processus similaire en termes qualitatifs de la dégradation de l'agraphie chez les patients avec une maladie d'Alzheimer possible

(Croisile, et al., 1995a; Croisile, Adeleine, Carmoi, Aimard & Trillet, 1995b ; Rapcsak, et al. 1989 ; Lambert, et al., 1996 ; Platel, et al., 1993), processus qui peut se résumer en quatre étapes :

Première étape : Altération minimale de l'orthographe ; les erreurs sont rares et lorsqu'elles apparaissent, elles sont phonologiquement correctes et surviennent lors de la dictée de mots irréguliers. Une altération du système lexical d'écriture est observée alors que la conversion phonème-graphème reste fonctionnelle.

Deuxième étape : Augmentation en général de la quantité d'erreurs. À la dictée des mots irréguliers, les erreurs d'écriture phonologiquement correctes persistent et les erreurs phonologiquement non-correctes apparaissent. Ce qui peut signifier une atteinte de la voie sublexicale (conversion phonème-graphème).

Troisième étape : Apparition d'erreurs lors de la dictée des mots réguliers ainsi que de pseudomots, accroissement significatif des erreurs phonologiquement incorrectes. Nette détérioration du système sublexical. Une légère altération des mécanismes graphiques de l'écriture apparaît.

Quatrième étape : Erreurs qui affectent tous les types des mots. Les troubles correspondent à des désordres au niveau du graphisme et de la disposition spatiale de l'écriture qui a, de toute façon, perdu la plupart de ses caractéristiques lexicales et phonologiques. Dans cette étape la démence est déjà assez avancée.

Cependant, ces étapes peuvent se modifier lorsque le groupe de patients qu'on évalue présente une dégradation cognitive hétérogène. Faire des sous-groupes en tenant compte des fonctions les plus affectées apportera des résultats plus consistants et clairs pour pouvoir élaborer un diagnostic plus précis de la dégradation à l'écriture qui se présente lors des toutes premières étapes de la maladie.

Un autre point à mentionner est que l'évolution peut se présenter de manière hétérogène au niveau de la temporalité, chaque patient a un rythme dans lequel il évolue, difficile à déterminer dans un temps spécifique.

5.1.2. Aspects non-linguistiques de l'écriture dans la Démence de type Alzheimer

L'identification des perturbations non-linguistiques de l'écriture dans la DTA reste un sujet de recherche. Certains auteurs les considèrent comme des problèmes d'attention ou de mémoire de travail qui empêchent le patient de pouvoir écrire adéquatement ce que, linguistiquement, il est capable d'organiser (Neils, Roeltgen & Greer, 1995 ; Neils-Strunjas, Shuren, Roeltgen & Brown, 1998 ; Croisile, et al., 1996); d'autres auteurs se réfèrent aux perturbations non-linguistiques comme problèmes grapho-moteurs (Alexander, Fischer & Friedman, 1992 ; Labarge, 1992).

Dans l'écriture à la dictée des mots, Neils, et al., (1995, 1998) et Croisile, et al., (1996) relient les problèmes de l'attention avec certaines perturbations écrites. Se référant à l'attention, ils proposent l'existence d'une perturbation du «buffer graphémique» qui a, comme rôle spécifique, celui de servir d'intermédiaire entre les informations orthographiques centrales et les mécanismes d'exécution périphérique. Le buffer graphémique maintiendrait temporairement en mémoire les informations (représentations abstraites des lettres constituant le mot ou le pseudomot ainsi que l'ordre de ces graphèmes) pendant le lancement des mécanismes d'exécution périphérique. Lorsqu'ils observent chez les patients (DTA) de nombreuses erreurs phonologiquement incorrectes, elles sont reliées à une diminution des capacités lors des tests d'attention et plus encore, les erreurs augmentent selon la longueur du mot (lorsque le mot est plus long) dans une tâche de copie différée.

Il est encore difficile de délimiter où finissent les aspects linguistiques et où commencent les non-linguistiques ; cependant, il est clair que dans la DTA, les

perturbations grapho-motrices à l'écriture se présentent au fur et à mesure que la dégradation devient plus marquée (Horner, et al., 1998 ; Neils, Boller, Gerdeman & Cole, 1989 ; Henderson, et al., 1992). En même temps, les patients avec DTA présentent plus de persévérations selon l'évolution de la maladie. Ceci peut s'interpréter de deux manières : soit comme une perturbation du type attentionnel, soit comme un problème dans le système de patrons moteurs allographiques et un essai de réaliser les traits correctement.

5.2. La lecture dans la DTA

La lecture est une habileté qui représente un traitement complexe auquel participent différentes sous-composantes et celles-ci peuvent se détériorer de différentes manières. Tel que décrit auparavant, les modèles cognitifs à deux voies de lecture supposent qu'il existe deux systèmes ou processus différents et fonctionnellement indépendants pour la lecture des mots (Lecours, 1996 ; Patterson, Marshall & Coltheart 1985; Coltheart, 1987).

Un certain nombre de recherches ont abordé la dégradation des habiletés de lecture dans la DTA. En voici le résumé.

5.2.1 Lecture et Compréhension

Chez les patients atteints de DTA, il existe une dissociation entre la lecture à haute voix qui est maintenue jusqu'à des étapes avancées de la démence en comparaison avec la dégradation évidente de la compréhension du texte lu. Cette dégradation doit être mise en relation avec le déficit de type sémantique qui semble s'installer dès les étapes initiales de la maladie et se dégrade au fur et à mesure que la maladie évolue.

Une caractéristique dans la dégradation des habiletés de lecture dans la Démence du type Alzheimer est donc la perte, dans les étapes précoces de la maladie, des habiletés de compréhension aussi bien au niveau oral qu'au niveau écrit. Dans le langage écrit,

l'habileté à lire à haute voix est préservée jusqu'à des étapes avancées, même quand la compréhension est gravement affectée.

Dans une recherche avec des patients DTA (13 patients), Cummings et al. (1986) ont comparé la lecture à haute voix de lettres, mots de haute fréquence et instructions avec la compréhension de mots et d'instructions. Ces auteurs suggèrent que l'habileté à lire à haute voix est indépendante du processus de détérioration intellectuelle, tandis que la compréhension en lecture se manifeste en relation avec la sévérité de la démence.

Des recherches postérieures ont permis de proposer que la détérioration de la compréhension en lecture chez les patients avec DTA, est reliée à la détérioration de la mémoire sémantique aux toutes premières étapes de la maladie (Patterson & Hodges, 1992; Sasanuma, Sakuma & Kitano, 1992; Raymer & Sloan 1995; Lambon, Ellis & Franklin, 1995).

Cependant, même s'il n'y a pas de consensus quant à la détérioration de la mémoire sémantique, il existe différentes propositions sur le rôle que celle-ci joue dans la lecture lexicale. Donc, la question est : dans quelle mesure la médiation sémantique affecte-t-elle les habiletés de lecture à haute voix chez les patients avec une DTA possible?

La première hypothèse est connue comme l'hypothèse de «sommation» (Hillis & Caramazza, 1991). Selon celle-ci, la moindre information sémantique qui se combine avec la moindre information phonologique permet de lire des mots irréguliers par addition des deux types d'information.

Il peut donc exister une lecture lexicale sans accès à la médiation sémantique chez les patients avec DTA qui présentent une détérioration sémantique sévère, étant donné qu'un minimum d'information sémantique peut suffire pour accéder au mot (Sasanuma, et al., 1992 ; Lambon, Ellis & Franklin 1995 ; Raymer & Sloan, 1995). Contrairement à l'hypothèse de sommation, une seconde hypothèse prétend que la

mémoire sémantique joue un rôle critique dans l'habileté à lire adéquatement des mots irréguliers comparativement aux réguliers. Plus spécifiquement chez les patients avec DTA probable, la détérioration dans la lecture des mots irréguliers semble être un reflet du déficit sémantique, qui augmente parallèlement à la sévérité de la maladie (Patterson & Hodges, 1992 ; Patterson et al., 1994 ; Strain, et al., 1998).

La première hypothèse est appuyée, entre autres, par Raymer & Sloan (1995), et par Lambon, Ellis & Franklin (1995) qui, lors de deux recherches, ont réalisé des études de cas avec des patients avec DTA probable (4 patients et 1 patient respectivement). Les auteurs ont évalué le traitement lexico-sémantique (dénomination des images, association image/mot écrit, association des mots écrits avec des images, association des images, classification des lettres) et la lecture des mots (concrets et abstraits) et de pseudomots. Parmi les patients qui ont présenté un dommage sémantique sévère (démence modérée - sévère), l'un d'entre eux ne montrait pas de différence entre les mots réguliers et irréguliers, même s'il avait de légères difficultés dans la lecture à haute voix de ces deux types de mots. Ce patient avait cependant une performance dégradée dans la lecture des pseudomots, ce qui indique une lecture résiduelle au niveau lexical, malgré le fait que sa lecture des mots irréguliers ne dépendait pas de sa connaissance du signifié de tels mots. Les autres patients qui présentaient des dommages sémantiques sévères étaient capables de lire adéquatement aussi bien les mots réguliers que les mots irréguliers ; cependant, chez deux patients, la lecture des pseudomots (voie sublexicale) était perturbée.

Ces deux études prétendent rendre compte de l'existence d'un dommage sévère au niveau sémantique qui semble être indépendant de la lecture adéquate des mots irréguliers.

Finalement, une étude intéressante qui appuie cette position est celle réalisée par Sasanuma et al. (1992) avec 3 patients avec DTA probable de langue japonaise. Le japonais est une langue qui a deux formes d'écriture. Les «Kanas» : système de

conversion régulier (via sub-lexicale); et les «Kanjis» : caractères logographiques (traitement par voie lexico-sémantique). Afin de savoir si la lecture à haute voix des kanjis et leur compréhension étaient affectées par la détérioration sémantique chez les patients qui présentaient une DTA probable, ces auteurs ont fait une étude longitudinale (3 ans) dans laquelle ils ont évalué la lecture à haute voix (prononciation), la compréhension des kanjis (de fréquence et degré d'abstraction élevé, moyen et bas) et leur catégorisation sémantique (faire des catégories). Ils ont trouvé que l'habileté à lire des kanjis à la forme orale, reste préservée jusqu'aux étapes très avancées de la démence. Par contre, ils ont observé une détérioration significative de l'habileté des patients à comprendre ces mêmes kanjis; cette observation suggère une route directe de l'accès orthographique au lexique phonologique sans passer par la médiation sémantique. Le déficit de la compréhension des kanjis a évolué parallèlement à la détérioration sémantique. Ces résultats dans la lecture en japonais doivent être interprétés avec précaution, lorsqu'on essaie de clarifier la médiation sémantique dans la lecture des mots irréguliers. En effet, selon Nakamura (1998), la lecture des kanjis est très résistante au processus de la démence (DTA), elle se détériore seulement lorsque la maladie est très avancée. Une raison pourrait être le fait que la lecture des kanjis ne peut pas être divisée en unités (ce qui favorise la voie lexicale). Même si un kanji complexe contient plus d'un caractère, séparément ces caractères ne présentent aucune piste pour la lecture du kanji complexe ; la voie sublexicale n'est donc pas efficace pour les lire.

Reprenant la deuxième hypothèse sur le rôle de la médiation sémantique dans la lecture des mots irréguliers, Patterson, et al. (1994) et Strain, et al. (1998) ont réalisé une recherche longitudinale, très vaste et complète. Patterson, et al. (1994) présentent les données, de type transversal, de 45 patients avec DTA probable, comparant des groupes de sévérité minimale, légère et modérée. Ils ont évalué la lecture à haute voix à partir d'une liste de 126 paires de mots monosyllabiques réguliers et irréguliers (associés par taille et fréquence), une autre liste de 40 pseudomots monosyllabiques avec patrons de lecture communs. Ils ont également présenté le «National Adult Reading Test»

(NART) qui consiste en une liste de mots irréguliers organisés par leur fréquence. Finalement, ils ont fait une évaluation de la mémoire sémantique : association mot-figure/ mot-image dénomination et mémoire des images isolées, dénomination à partir de la description orale, et fluidité verbale par catégories.

Leurs résultats indiquent que les patients avec DTA probable présentent une détérioration significative de la mémoire sémantique en lien avec la sévérité de la maladie (comparant des groupes de sévérité minimale, légère et modérée), ce qui en même temps est significativement corrélé avec la détérioration de la lecture des mots irréguliers de fréquence basse. Parmi les erreurs prédominent les régularisations, suivies des erreurs visuelles et approximations des pseudomots (ces erreurs ne pouvaient pas être dues à des problèmes de perception visuelle puisqu'elles ne se sont pas présentées dans les mots réguliers)

Dans la lecture des pseudomots, les auteurs ont observé que le nombre d'erreurs augmente significativement avec la sévérité de la maladie. Les erreurs sont des lexicalisations, des approximations et des erreurs de contexte (la réponse était hors du contexte possible selon les règles de régularité).

Pour appuyer l'hypothèse du rôle de la médiation sémantique, Patterson, et al. (1994) proposent que la mémoire sémantique est impliquée dans les problèmes de lecture, puisque les résultats dans la lecture des mots de basse fréquence sont corrélés avec la sévérité de la démence (MMSE), avec la détérioration dans l'association des mots-figures/ mots-images et avec les sous-tests de mémoire sémantique ; ces corrélations étant significativement plus importantes quand il s'agit de la lecture des mots irréguliers que dans les cas de lecture des mots réguliers.

Il y a peu de recherches sur la dégradation de la lecture des pseudomots dans la DTA. Or, cette question mérite une analyse approfondie pour permettre de préciser la participation et la dégradation de la voie sublexicale dans la lecture. Cependant, une

étude de Friedman, Ferguson, Robinson & Sunderland (1992) rapportent que l'habileté des patients avec DTA pour lire à voix haute des pseudomots est préservée pendant longtemps et que, quand il s'agit de pseudomots qui peuvent être considérés comme de haute parenté avec de vrais mots, comme des voisins, les difficultés restent mineures. Par contre, quand les mots ne possèdent pas une haute ressemblance avec de vrais mots, les difficultés deviennent plus évidentes. Les auteurs mentionnent que probablement les pseudomots sont lus par analogie avec des vrais mots. Ils considèrent également que l'application consciente de règles de conversion graphème-phonème est utilisée par des lecteurs qui sont intacts sur le plan cognitif.

Dans leur étude longitudinale, d'une durée de trois ans, avec des patients DTA, Strain et al. (1998) ont observé un schéma similaire quant à la relation entre la dégradation au niveau sémantique et la dégradation de la lecture des mots, selon le stade de la démence. Cependant, dans cette étude de type longitudinal, en comparant chaque patient avec soi-même, les auteurs ont observé un taux de dégradation sémantique au niveau de la temporalité plus lent que ce qui était attendu. Après trois ans, les patients n'étaient pas rendus au stade où la mémoire sémantique était vraiment atteinte. Les auteurs ont trouvé des différences significatives en ce qui concerne la mémoire sémantique entre les sujets contrôles et les patients avec une DTA légère. Ensuite, en ce qui concerne la détérioration de la mémoire sémantique, entre le stade léger de DTA et le stade modéré, il semblerait y avoir une espèce de ralentissement de cette détérioration et par la suite, une rechute entre le stade modéré de DTA et le stade sévère. Cependant, tous les patients n'étant pas rendus au stade sévère à la fin de l'étude, il est difficile de préciser effectivement comment se passe la dégradation.

Les résultats des études longitudinales sont très pertinents et apportent des informations utiles pour les maladies comme la DTA, puisque la dégradation temporelle se présente de manière hétérogène. Dans les études transversales, on ne peut que faire des hypothèses sur cette dégradation temporelle qui ne sont pas nécessairement le reflet de la réalité. Cet aspect hétérogène a également été souligné lors de la présentation de

l'étude longitudinale de Platel (1993) sur l'écriture. Chaque étape ou stade de la maladie peut durer pendant une période plus ou moins longue. Ensuite, les patients peuvent manifester une chute dans la dégradation cognitive qui peut se présenter de manière hétérogène entre les fonctions et entre les individus. C'est sans doute pour cette raison que dans la plupart des recherches, aucune relation n'apparaît entre les années (approximatives) de durée de la démence et sa sévérité.

5.3. La lecture et l'écriture dans la DTA

Il existe peu d'information dans la littérature concernant l'analyse de la détérioration parallèle des deux processus du langage écrit ; celui de l'écriture et celui de la lecture, dans le même groupe de patients qui présentent une DTA. L'étude de Glosser, Grugan & Friedman (1999) est une des très rares études qui comparent la lecture avec l'écriture de mots réguliers, de mots ambigus et de mots irréguliers dans un groupe de patients avec une DTA probable. Dans cette étude, les auteurs ont également inclus deux tâches additionnelles de lecture et d'écriture qui exigent l'accès à l'information sémantique. Les résultats montrent que les patients DTA ont une performance légèrement inférieure à celle des contrôles dans toutes les tâches. De plus, les patients présentent un léger effet de régularité dans les deux processus : lecture et écriture. Les auteurs rapportent également un effet d'irrégularité plus important dans la lecture que dans l'écriture (sous-dictée). À partir de ces résultats, ils concluent que la légère agraphie ainsi que la légère alexie observée dans la DTA sont le reflet d'une détérioration de type sémantique plutôt que le résultat d'une détérioration linguistique, voire une perturbation dans le traitement lexico-orthographique. Concernant l'effet d'irrégularité plus prononcé dans la lecture, ils suggèrent que la base de la perturbation peut être reliée au système de traitement visuel plutôt qu'à un module central de traitement orthographique et phonologique.

Après avoir discuté des résultats des différentes recherches, des hypothèses et des questions qui entourent le processus de dégradation des habiletés de lecture et

d'écriture des mots dans la DTA, il est évident qu'il reste encore beaucoup de chemin à parcourir. Cependant, il est clairement établi qu'il existe une dégradation importante et progressive dont seules les études longitudinales permettront d'évaluer les effets et leur évolution.

6. CONCEPT DE RÉGULARITÉ VERSUS IRRÉGULARITÉ D'UNE LANGUE: SYSTÈMES ESPAGNOL ET FRANÇAIS D'ÉCRITURE.

Les notions de systèmes alphabétiques irréguliers et réguliers sont fondamentaux pour ceux qui s'intéressent aux dysfonctions acquises des codes du langage écrit. C'est-à-dire que les notions d'«épellation régulière» et d'«épellation irrégulière» sont fondamentales pour étudier les dysfonctions de la langue écrite.

Il existe une relation intrinsèque entre le langage oral et le langage écrit; cependant on ne parle pas comme on écrit, ni le contraire, on n'écrit pas comme on parle. Tous les systèmes d'écriture se basent sur une analyse des unités linguistiques. La différence la plus importante entre les systèmes orthographiques se base sur l'unité d'analyse choisie, c'est-à-dire, sur ce que chaque unité graphique est supposée représenter dans le langage oral (Coulmas, 1989). Les règles qui relient les unités linguistiques avec les unités graphiques sont bidirectionnelles : il existe des règles pour lire, par exemple, l'association entre le signe écrit avec l'unité orale ; ainsi que des règles pour écrire, ce qui implique l'association de l'unité orale avec le signe écrit. Les règles de correspondance orthographique peuvent être d'«une-à-une» quand chaque signe écrit correspond à une seule unité linguistique et «une-à-plusieurs» quand chaque signe écrit correspond à plus d'une unité linguistique (hétérophonie) ou quand une unité linguistique est écrite de plus d'une manière (homophonie). Il existe également une correspondance orthographique de «plusieurs-à-plusieurs» quand l'unité écrite correspond à plus d'une unité linguistique ou qu'une unité linguistique peut s'écrire des différentes manières, c'est-à-dire qu'il existe des phonèmes qui peuvent être représentés avec plus d'un graphème.

Au sens strict, on ne peut parler d'épellation régulière qu'à propos de mots dont la structure littérale est telle que la lecture et l'écriture conventionnelles peuvent être effectuées par le biais d'une conversion «univoque», c'est-à-dire, régie par des règles strictes de conversion. Les langues écrites avec une correspondance «un-à-un» phonème-graphème ou très proches de cette situation sont considérées comme des langues avec une orthographe «régulière» ou «transparente». Par contre, les langues dont l'orthographe comprend des patrons de correspondance multiple ou de «plusieurs-à-plusieurs» correspondances phonèmes-graphèmes sont considérées comme des langues «irrégulières» ou «opaques» (Lukatela & Turvey, 1980 ; Katz & Feldman, 1983).

Selon Lecours (1996), au contraire des codes quasi-limpides sous-jacents à l'écriture d'autres langues latines, l'écriture et la lecture du français se réalisent suivant un code d'opacité. En effet, le français est considéré comme une langue «irrégulière» avec un système très irrégulier pour la lecture et plus encore pour l'écriture (par exemple «abbaye» pour l'écriture et pour la lecture et «hareng» pour l'écriture). Par contre, l'espagnol est considéré comme une langue «régulière» d'écriture avec un système régulier pour la lecture et irrégulier pour l'écriture dans un nombre assez limité de mots (par exemple «hormiga»).

L'«irrégularité» d'un système, la manière selon laquelle les différents systèmes d'écriture représentent le langage oral est reconnue comme une variable importante pour l'apprentissage, pour le traitement ainsi que pour les perturbations qui peuvent apparaître dans l'acte d'écrire et de lire (Katz & Feldman, 1983 ; Lecours, 1996). Il a déjà été démontré que la structure orthographique d'une langue peut être cruciale pour déterminer la façon selon laquelle les syndromes de dyslexie ainsi que de dysgraphie se manifestent. (Katz & Feldman, 1983 ; Caravolas, 1993 ; Frost, 1994). Il apparaît que l'irrégularité de la structure orthographique d'une langue quelconque force l'individu à apprendre l'épellation de chaque mot en particulier et, par la suite, à stocker cette

représentation orthographique dans son lexique. Ainsi, plus l'orthographe d'une langue est régulière, moins les individus ont besoin de dépendre de leur connaissance orthographique emmagasinée pour avoir accès à l'épellation correcte des mots. Dans le cas de l'espagnol, considérée comme une langue «régulière» ou un système d'écriture phonologique, Ardila, Rosselli & Pinzón (1989) suggèrent que le développement d'une stratégie lexicale pour lire ainsi que pour écrire n'est pas vraiment nécessaire parce que les individus peuvent simplement utiliser le système phonologique (sublexical) pour avoir accès à l'épellation correcte du mot. Dans ce type de langue, une dépendance par rapport au système phonologique est soupçonnée pour réaliser l'acte de lire ou d'écrire. Par ailleurs, pour le français, considéré comme un système alphabétique irrégulier, Lecours (1996) mentionne que le langage écrit est de manière obligatoire traité par la voie lexicale pour un grand nombre de mots. Lambert et al., (1994) ainsi que Croisile et al., (1995) suggèrent que la perturbation de la voie lexicale pourrait avec le temps devenir importante en cas de DTA.

II. PROBLÉMATIQUE

Plusieurs points importants ressortent de cette introduction portant sur l'étude de la détérioration du langage écrit dans la DTA. D'une part, l'existence d'une détérioration de l'écriture plus accentuée que celle de la lecture dans les premières étapes de la DTA. La majorité des recherches à ce sujet portent, soit sur la dégradation de la lecture, soit sur la dégradation de l'écriture. Il existe peu d'information sur la dégradation parallèles des deux processus cognitifs dans la même population. L'intérêt de ce travail porte en premier lieu, sur la pertinence d'une comparaison des perturbations entre la lecture et l'écriture dans la même population des patients DTA. Par ailleurs, les connaissances actuelles à propos de la détérioration d'un point de vue longitudinale de la lecture et de l'écriture dans la DTA demeurent très fragmentaires, d'où l'importance d'une étude longitudinale qui puisse rendre compte de la dégradation temporelle de ces processus. Finalement, étant donné que l'étude des systèmes alphabétiques irréguliers et réguliers est fondamentale en relation avec la compréhension des dysfonctions acquises du langage écrit, il reste à savoir si les manifestations cliniques des perturbations du langage écrit dans la DTA sont différentes selon que le système alphabétique maîtrisé par le patient avant sa maladie est plutôt régulier ou irrégulier.

La thèse vise donc trois objectifs principaux : premièrement, distinguer d'un sujet à l'autre les manifestations cliniques des perturbations du langage écrit, celles de l'écriture ainsi que celles de la lecture ; deuxièmement, analyser s'il existe un ordre d'apparition, au cours de la période de détérioration, de la dégradation des différentes composantes impliquées dans la lecture et l'écriture ; troisièmement, connaître s'il existe, du point de vue neuropsycholinguistique, des différences entre les détériorations dans un système plutôt régulier d'écriture (espagnol) et dans un système très irrégulier (français) chez les patients atteints de la DTA.

Le présent travail a été réalisé en se basant sur un modèle cognitiviste explicite (Lecours, 1996), qui a été décrit auparavant. Les patients ont été évalués en utilisant

des protocoles expérimentaux compatibles avec le modèle autant dans la langue française (*voir annexe 1*) que dans la langue espagnole (*voir annexe 2*).

Le cœur de la thèse est composé de deux articles soumis pour publication. Le premier article tente, à partir d'une étude longitudinale (16 mois), d'analyser la dégradation de l'écriture et de la lecture chez des patients francophones (système irrégulier d'écriture) qui souffrent de DTA. L'hypothèse de cette étude est que la détérioration de l'écriture commence par une perturbation de la route lexicale, suivie par une détérioration au niveau sublexical (phonologique). Un effet de fréquence ainsi qu'un effet de longueur sont également prédits : l'écriture des mots fréquents sera mieux réussie que l'écriture des mots de basse fréquence et les mots longs seront moins bien réussis que les mots courts. Enfin, un effet de degré d'abstraction est prévu, les mots abstraits seront moins bien réussis que les mots concrets. Une dernière hypothèse porte sur la lecture : la dégradation de la lecture apparaîtra après la dégradation de l'écriture et elle suivra le même profil de détérioration que celui de l'écriture.

Toujours dans le cadre du même modèle neurolinguistique, le deuxième article se propose d'analyser (à partir de trois évaluations consécutives au cours des 16 mois) la dégradation de l'écriture sous dictée et de la lecture à voix haute de mots phonologiquement opaques, des mots phonologiquement plus transparents et de pseudomots, ainsi que d'examiner l'effet de fréquence, longueur et degré d'abstraction de mots chez des patients hispanophones (système plutôt régulier d'écriture) qui souffrent de DTA. L'hypothèse est qu'en espagnol, la détérioration de la lecture commence, comme dans d'autres langues, par une perturbation de la voie lexicale, suivie par une détérioration de la voie sublexicale ; cependant, cette détérioration dans la voie sublexicale sera probablement moins marquée que dans les autres langues étant donné l'apparente régularité de la langue (l'utilisation de la voie sublexicale est plus fréquente et par conséquent cette voie est prépondérante). Comme pour le français, on prédit un effet de fréquence, de longueur ainsi qu'un effet de degré d'abstraction. La dernière hypothèse porte sur la lecture : si une dégradation de la lecture apparaît, la

DTA sera dans une phase sévère, étant donné la transparence de la langue concernant la lecture et elle suivra le même profil de détérioration que celui de l'écriture.

III. 1^e article - Brain and Language (soumis Septembre, 2003)

**Reading aloud and writing to dictation
in French speakers:
How is it affected and how does it
progress in Alzheimer's disease?**

Enriquez-Rosas, A.^{1, 3}; Ska, B.^{2, 3}; Habib, M.⁴; Lecours, A.R.³

Département de Psychologie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal ¹

École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine, Université de Montréal ²

Centre de recherche, Institut universitaire de gériatrie de Montréal ³

C. H. U. La Timone - Marseille ⁴.

Adriana Enríquez-Rosas

Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal

4565, chemin Queen-Mary, Bureau B-0363

Montréal (Québec) H3W 1W5

CANADA

+1 (514) 340-2800 poste 2816

+1 (514) 340-2828 télécopier

ABSTRACT

The present longitudinal study documents the deterioration of reading aloud and writing to dictation in seven patients with probable Alzheimer's disease (AD) and nine control subjects. Participants read and wrote a list of words of varying phonological transparency as well as pseudowords; effects of length, frequency and abstractness are also documented. Different tendencies of evolution were seen across patients. They manifest a significant impairment in writing to dictation, while the ability to read the same items aloud is relatively less affected and remains stable. However, in cases where writing is very impaired, a significant deterioration is seen in reading. Regularity and frequency effects were observed in writing, and a length effect was seen across both tasks.

KEYWORDS:

reading; writing; spelling; Alzheimer; french; dictation; deterioration; word-frequency; word-length, longitudinal.

1. INTRODUCTION

Alzheimer's disease (AD) is a degenerative disease characterized by cognitive deterioration. The clinical manifestations may be heterogeneous, both neurologically and cognitively. Oral language has been studied extensively in AD, in contrast to writing and reading abilities. Although there are cases where language is affected in the first stages of the disease, it is common for patients to present a progressive specific deterioration in written language that is more evident than the deterioration in oral language (learning of writing and reading skills occurs later in development, and these skills are much more complex). This problem may occur even in the early stages of the disease's evolution, at which point problems with oral language may be mild or even absent, whereas disturbances in written language may be more advanced (Appel, Kertesz & Fisman, 1982; Croisile, Carmoi, Adeleine & Trillet, 1995a). Alzheimer himself (1907) noted duplications and omissions of written syllables in his first historical case: "When she writes, the patient starts the same syllable a few times and forgets others, and finally she no longer attempts the task ...". It appears that agraphia is an early manifestation of the disease, is often more severe than other language difficulties, and is correlated with disease severity and cognitive impairment (Cummings, Houlihan & Hill, 1986; Horner, Heyman, Dawson & Rogers, 1988; Henderson, Buckwalter, Sobel, Freed & Diz, 1992).

The last decade has seen increasing interest in the creation of cognitive models to explain the processing of linguistic information when reading and writing words. These models are considered "dual-route" models because they hypothesize that two systems are implicated: the lexical system and the phonological system (Roelgen, 1985; Shallice, 1981). These two systems process irregular and regular words respectively. Regular words have the simplest orthography; phoneme-grapheme correspondence is predictable and direct, obeying the most frequent correspondence rules (e.g., "lavabo" in French). On the other hand, irregular words manifest an irregular phoneme-grapheme correspondence; that is, pronunciation does not correspond to written form, because they have an "irregularity" in their written form (e.g. "femme" in French).

Orthographies with a correspondence that is essentially one-to-one are called superficial or regular orthographies. Orthographies with multiple correspondence patterns, or a

“many-to-many” phoneme-grapheme correspondence, are called deep or irregular orthographies (Katz & Feldman, 1983). Languages vary in terms of their regularity; for example, French has an irregular system for reading and even more so for writing, compared to Spanish, which has a regular reading and writing system (however, a few exceptions do exist in writing). The “irregularity” of the system, the manner in which the different writing systems represent the spoken language, is recognized as one of the relevant variables in the learning, processing and disturbances of reading and writing (Katz & Feldman, 1983; Lecours, 1996).

Dual-route cognitive models assist in the analysis of how these irregular words are processed in reading and writing. In the case of writing, the lexical system activates the retrieval of the whole word’s phonological representation and translates it to its graphemic form. In the case of reading, this system activates visual recognition of the whole word and translates it to its corresponding global phonological form. This lexical route is used for writing or reading familiar regular words and irregular words. The phonological (sublexical) system, on the other hand, permits segmentation of a word according to phoneme-grapheme (in the case of writing) and grapheme-phoneme (in the case of reading) conversion rules; it is used primarily to process low frequency regular words and pseudowords with regular characteristics (Roeltgen, 1985; Shallice, 1981; Coltheart, Curtis, Atkins & Haller 1993).

In order to explain the evolution of reading and writing in AD patients, “dual route” models are used. Studies in dictation (spelling) in AD patients (Croisile et al., 1995a; Lambert, 1996; Platel et al., 1993; Rapcsak, Arthur, Bliklen & Rubens 1989), suggest that there are three phases in the deterioration of spelling abilities. The first phase involves a lexical agraphia (degradation in the lexical system), meaning that the representation of the spelling of words has been lost; however, patients may still rely on the phonological spelling system. Consequently, pseudowords and regular words are spelled better than irregular words, and errors are phonologically plausible. The second phase is characterized by deterioration in the phonological system, leading to an increase in phonological errors and phonemically implausible spelling errors. The third phase is a peripheral process involving the occurrence of graphomotor difficulties. The representations of low frequency words are particularly vulnerable in AD; AD patients

also manifest an effect of word length relative to control subjects (Croisile, Adeleine, Thierry, Aimard & Trillet, 1995b).

On the other hand, some studies report that one cognitive task that appears to escape, or at least resist long-term, the damaging effects of AD is oral reading. It has consistently been found that oral reading ability is relatively preserved even in late stages of the illness. Nelson & McKenna (1975) found in their study of oral reading in dementia that these patients continue to read not only words with regular grapheme-phoneme correspondences, but also irregular words. Longitudinal studies have demonstrated that impairment in oral reading becomes apparent in the late stages of the disease (Fromm, Holland, Nebes & Oakley, 1991). However, Patterson, Graham & Hodges (1994) found that AD patients manifest impairment in reading lower frequency exception words. The authors attribute this deficit to a breakdown in semantic memory. Glosser, Grugan & Friedman (1999a) reported that the reading regularity effect was more affected than the spelling regularity effect; they suggest that the source of the apparent deficit may be within the visual processing system, rather than in the central orthographic or phonological linguistic processing system. Regarding comprehension, Cummings et al. (1986) demonstrated that the ability to read words aloud appears to be independent of cognitive deterioration, while reading comprehension is correlated with dementia severity.

Interestingly, few studies appear in the literature that examines the impairment of both reading and writing abilities in the same AD patients. The Glosser et al. (1999a) study is one of the very few studies that compare reading and spelling of regular, ambiguous and exception words in patients with probable AD, as well as including two additional reading and writing tasks that require access to semantic information. In their study they found that AD patients performed slightly below controls in all tasks and showed mild regularity effects in reading and spelling. They concluded that the mild alexia and agraphia in AD reflect semantic deficits and nonlinguistic impairments, rather than a specific disturbance in lexical-orthographic processing. Here we evaluate both capacities in the same group of patients, using a similar evaluation protocol, in order to compare deterioration both in reading aloud and in writing to dictation. This could allow a better understanding of how these impairments occur. We also examine cases where one impairment appears during the illness in the absence of the other. The

literature in the last decade suggests that these impairments do not appear in parallel, but we found no studies evaluating both impairments and detailing their appearance and evolution over time. The present study can improve our understanding of the disintegration of written language in both modalities, the point at which these impairments occur and their evolution over time.

In this study we use a specific protocol evaluating both reading and writing skills. We base ourselves on Lecours's (1996) cognitive model, which comprises four main postulates. The first is that all words containing an opaque irregular sublexical component, that is, "heterophonic homographs" in reading and writing (e.g., French "choral" vs. "chocolat") and "homophonous heterographs" in writing (e.g. "refrain" vs. "patin"), cannot be processed by conventional rules without being stored in memory, in either the logographic entry or in the exit lexicon, depending on the case. The second postulate is that there exist two lexical routes, a semantic route and a potentially asemantic route. The third postulate is that pseudowords may be written or read via the conversion sublexical route. Finally, the fourth postulate, which constitutes the primary difference between this model and other cognitive models, is that regular words can be read or written using either of these routes or even in parallel, and that sublexically irregular but high frequency words may also be written in this way.

Lecours (1996) explains that written French is an opaque alphabetic system; that is, grapheme-phoneme relations are opaque. Specifically, he suggested that in French two major types of irregularity exist. The first type are words that possess an "homographic-heterophonous sublexical component" such as {ch} in "chocolat" and "choléra". The second type are words that possess a "homophonous heterographic sublexical component", such as {aud, eau, etc.} in [kRapo] and [korbo]. There also exist regular words as "alinéa", where there is a one-to-one grapheme-phoneme correspondence. Within each group there exist more and less phonologically transparent exemplars (see table 1 summarizing Lecours's differentiation among word types in French). In his model, Lecours (1996) proposed different hypotheses to describe the route taken in reading and writing each word type.

Table 1. Word treatment in written french (Lecours, 1996)

Type 1		Type 2	
1a	1b	2a	2b
choléra (chocolat)	atlas (amas)	crapaud (corbeau)	alinéa
Homographs heterophones		Homophones heterographe	1 grapheme = 1 phoneme
Reading implies lexicalization	Reading is sublexical	Reading does not imply lexicalization	Reading does not imply lexicalization
Writing implies lexicalization	Writing is sublexical	Writing implies lexicalization	Writing does not imply lexicalization

We present here a longitudinal multiple single case study of seven AD patients and nine elderly control subjects. All were evaluated according to the cognitive model and the protocol evaluation of reading and writing skills proposed by Lecours (1996). This study had as its objective to characterize and document the deterioration across three consecutive assessments of writing to dictation and oral reading of regular words, irregular words and pseudowords, as well as characterizing the effect of length, frequency and degree of abstractness. We hypothesized that the deterioration in writing begins with a perturbation in the lexical route, followed by deterioration at the phonological level. We predict a word frequency effect, where the writing of more frequent words will be better than that of low frequency words. A length effect is also expected, where longer words will be more perturbed than shorter words. It is also predicted that abstract words will be more affected than concrete words. Finally, we hypothesize that the impairment in reading aloud will appear later in time, if at all, and that if it occurs its deterioration will follow the same pattern as that of writing skills.

2. METHODS

2.1 Subjects

Seven subjects with a clinical diagnosis of probable AD according to the NINCDS-ADRDA criteria (McKhann et al., 1984) took part in this study. The subjects ranged between 71 and 80 years of age and had between 9 and 20 years of formal education. They were evaluated in 3 consecutive assessments at 8-month intervals. At the time of entry into the study, the impairment manifested by these participants was considered mild (MMSE between 22 and 25), except for one patient (FP4) whose impairment was considered moderate (MMSE of 18). All patients had a history of progressive cognitive

impairment, including memory loss and difficulties in at least one additional cognitive function; all, however, continued to live at home. They had all been diagnosed with probable AD 6 to 12 months before participating in the present study. All subjects were right-handed and were native French speakers. The patient FP7 was evaluated twice instead of three times due to unrelated health problems (a broken hip). Their characteristics are summarized in Table 2. The AD participants were compared to a group of 9 healthy control subjects, ranging between 68 and 80 years of age, and with 9 to 20 years of formal education. These subjects had no history of neurological, psychiatric or medical problems, and all were right-handed and native French speakers. Their characteristics are summarized in Table 3.

Table 2. - AD Patients

Patient	Age	Education	Sex	MMSE (1st Ass.)	MMSE (2nd Ass.)	MMSE (3rd Ass.)
FP1	79	11	M	25	18	16
FP2	71	20	F	25	22	19
FP3	78	12	M	23	22	22
FP4	80	9	M	18	16	15
FP5	71	16	F	26	25	25
FP6	79	9	F	25	20	20
FP7	71	12	F	25	20	

Table 3. - Control Subjects

Control	Age	Education	Sex	MMSE (1st Ass.)	MMSE (2nd Ass.)	MMSE (3rd Ass.)
FC1	78	9	M	29	29	28
FC2	71	15	M	30	30	30
FC3	80	13	M	30	28	27
FC4	68	15	F	30	30	30
FC5	78	14	F	29	29	29
FC6	71	11	F	29	29	29
FC7	75	9	F	30	30	30
FC8	73	12	F	30	30	30
FC9	74	14	F	29	29	29

2.2 Tasks

Dementia severity was evaluated using the MMSE (Folstein et al., 1975). A neuropsychological battery was administered to all AD and control subjects. This was designed to assess major cognitive functions: language (oral comprehension and

denomination, verbal fluency, oral and written discourse production), visual gnosis, constructional abilities, attention and verbal and non-verbal memory (Joanette et al., 1994; Joanette et al., 1995), in order to confirm the deterioration of more than one cognitive function in fulfillment of the NINCDS-ADRDA criteria.

2.2.1 Writing to dictation and reading aloud words and pseudowords

Patients and controls were asked to write by hand a dictated list of words (homographic-heterophonous words of varying phonological transparency, homophonous-heterographic words, regular words and pseudowords) according to Lecours's (1996) protocol. The same list used for writing was used for reading aloud; oral production was recorded.

The words are divided into four types; postulates of how each word type is read and written according to Lecours's model are given below:

a. Homographic-heterophonous words:

Type 1A: 50 words: 15 homographic-heterophonous phonologically opaque monomorphemic word targets with an infrequent sublexical component, e.g., “**choléra**” [K]; 10 words with the same sublexical component, but with a more frequent pronunciation, e.g. “**chocolat**” [ʃ]; and 25 controls matched for frequency, grammatical category, abstractness and literal, graphemic and syllabic structure. The targets must be lexicalised in order to be written and read.

Type 1B: 28 words: 14 homographic-heterophonous monomorphemic word targets that are phonologically more transparent (e.g., “**atlas**”), and 14 monomorphemic matched control words with the same sublexical component, but with a more frequent pronunciation (e.g. “**amas**”) matched to the targets for frequency, grammatical category, abstractness, literal, graphemic and syllabic structure. These words are written and read via the sublexical route.

b. Homophonous-heterographic words

Type 2A: 40 words: 20 homophonous-heterographic phonologically opaque monomorphemic bisyllabic word targets (e.g., “crapaud”), and 20 control words with the same sublexical component, but with a more frequent orthography (e.g., “corbeau”) matched to the targets for frequency, grammatical category, grade of abstraction, literal, graphemic and syllabic structure. Lexicalisation is not required for reading, since the graphemes have only one corresponding phoneme, while for writing they must be lexicalised.

Type 2B: 20 regular infrequent nouns of 3 or 4 syllables, e.g., “mimosa”. The words are read and written via the sublexical route.

c. Pseudowords:

5 trisyllabic pseudowords with a one-to-one grapheme-phoneme correspondence, such as “buctolar”. And 5 trisyllabic pseudowords with three-letter graphemes, such as “cotulaud”. The words are read and written via the sublexical route.

The effects of frequency, length and abstractness were also evaluated with 60 additional words, divided as follows:

Frequency: 20 monomorphemic, concrete, monosyllabic or bisyllabic nouns (10 of high frequency and 10 of low frequency).

Length: 20 monomorphemic, concrete nouns matched for frequency (10 long words and 10 short words).

Abstractness: 20 monomorphemic, bisyllabic nouns matched for frequency and literal, graphemic and syllabic structure. (10 concrete nouns and 10 abstract nouns).

2.3 Scoring

Error types were counted, analyzed and classified using Lecours's (1996) error classification:

Verbal paralexia or paraphasia:

The replacement of the stimulus word by another that has no semantic, phonological, or orthographic relation to the target word (e.g., "ailleurs" for "jardin").

Verbal semantic paralexia or paraphasia:

The replacement of the target word by a word that is related in meaning (e.g. "toujours" for "jamais").

Verbal formal paralexia or paraphasia:

The replacement of the target word by another word that is related formally (e.g. "comme" for "pomme").

Verbal semantic and formal paralexia or paraphasia:

The replacement of the target word by another word that is related both semantically and formally (e.g. "propre" for "probe").

Morphological paralexia and paraphasia:

When an affix or a root from the target word is replaced (e.g. "mineur" for "majeur", "phénoménal" for "phénoménologique").

Graphemic paraphasia or phonologically accurate error:

One or more of the target word's graphemes is replaced, following conventional grapheme-phoneme conversion rules. One or various graphemes potentially representing the same or a similar phoneme may be substituted (e.g. "françait" for "français", "bibliotec" for "bibliothèque").

Literal paraphasia or phonologically inaccurate error:

Deviations from the target that do not conform to conventional grapheme-phoneme conversion rules. These were divided in two groups: a) single-letter errors, that is, errors where a single letter was substituted, added, omitted or transposed, or omission or addition of accents; b) multiple-letter errors, that is, complex combinations of letter errors, which allowed identification of the target (ex. "curvillateur" for "cultivateur").

Neologisms:

Entities where the intended word cannot be identified.

Phonemic paralexia:

Deviations where the target can be recognized, but the pronunciation differs from the target by: a) one phoneme (omission, addition, displacement, substitution) or b) multiple phonemes.

Regularisation:

Occurs when reading “irregular words”. It entails assigning to the target word a phonologically plausible reading for the graphic representation, but an incorrect reading for the word in question.

Lexicalisation:

Occurs when reading or writing pseudowords; they are transformed into real words.

2.4 Error type analysis

Using Lecours’s (1996) list of different error types, a speech therapist and the first author analyzed each error for both AD and control subjects. When doubts arose, they were discussed and resolved by consensus; this consensus is used when reporting results. This approach was very important because of the difficulties inherent in classifying errors by type in both writing and reading performance.

3. RESULTS

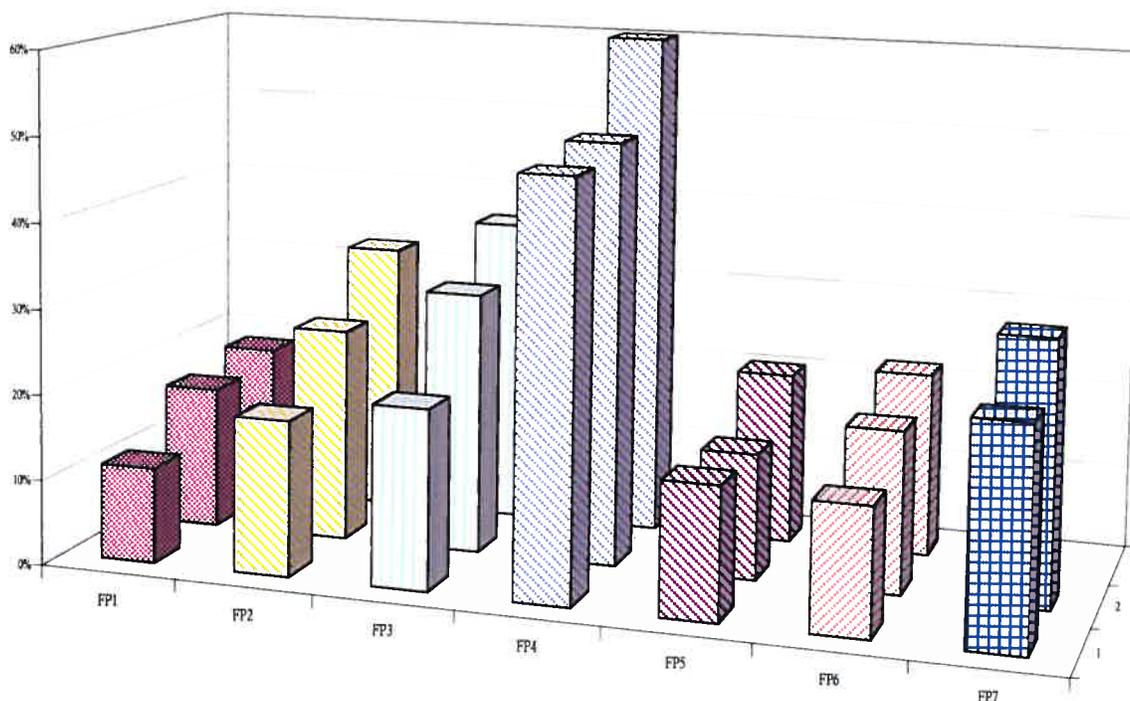
3.1 Writing to dictation words and pseudowords

3.1.1. Error percentages

A general analysis of the percentage of errors in writing words (regular and irregular) and pseudowords to dictation (Figure 1) shows that all patients committed errors from the first assessment; the error percentage varied between 11% and 48% in the first assessment. FP1, FP5 and FP6 had the lowest error rates (11%, 15% and 15% respectively) and FP4 had the highest error rate (48%). These figures demonstrate that although each patient’s error rate increased across the three assessments, they did not all increase by the same proportion. The patients whose error rates were the lowest in

the first assessment (FP1, FP5 and FP6) also showed the lowest increase in error rates over this period of time (5% to 7%). Patients FP2, FP3, FP4 and FP7, who had the highest error rates in the first assessment (18%, 21%, 48% and 25%) also showed the greatest increase (12% to 15%). FP4's error rate was the highest across the three assessments.

Figure 1. - Total percentage of errors in writing per patient per assessment



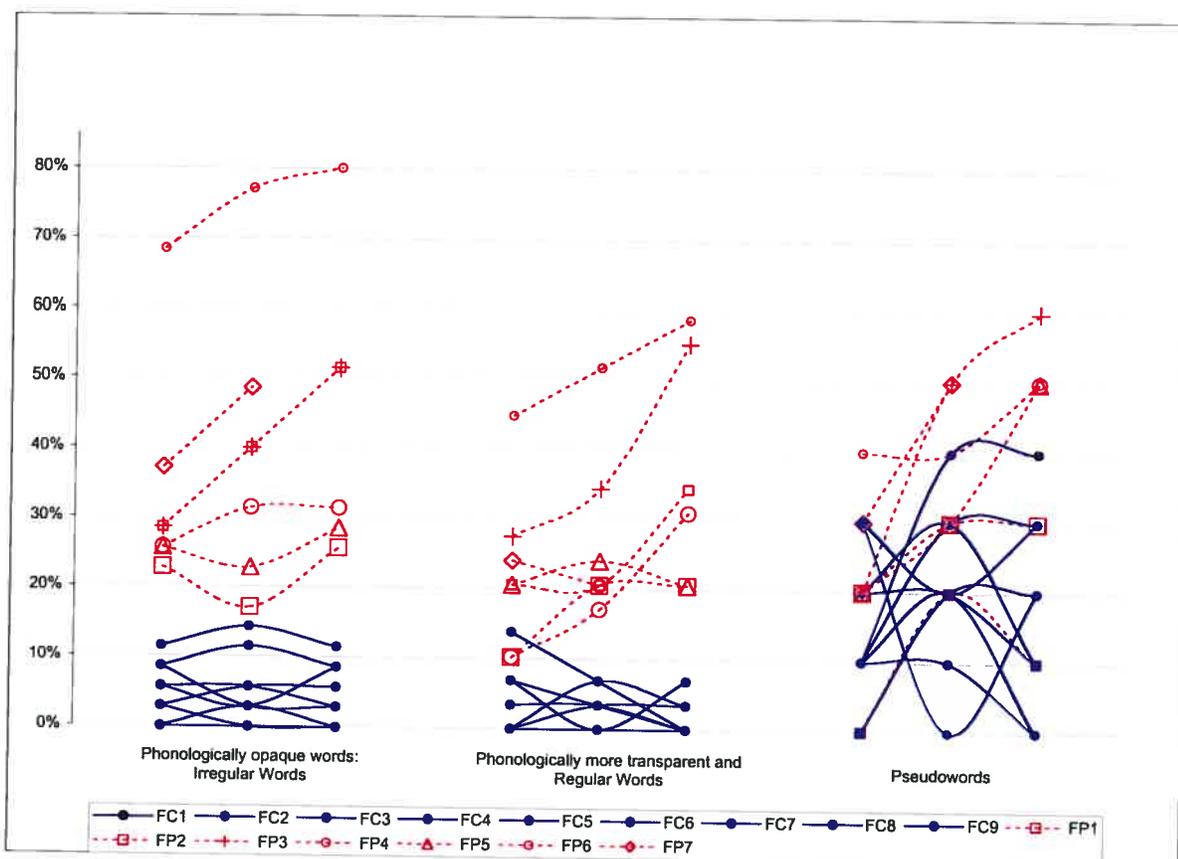
For each word type there was a set of targets and a set of control items (matched control words with the same sublexical component but with a more frequent pronunciation/spelling of that subcomponent). In order to observe the differences between subgroups in patients' results, we analyzed the error rate in word targets and their control words. In this analysis we found that, for all patients and across the three assessments, the error rate was higher for target words than for their matched controls.

In order to determine error distribution by word type in the first assessment and its evolution across the three assessments, we analyzed AD and control subjects' error rates for target words. This analysis was based on Lecours's hypotheses about the

processing of different word types. The words were analysed according to the following categorization: a) phonologically opaque words or irregular words (words that must be lexicalized in order to be written - word types 1A and 2A); b) phonologically more transparent words and regular words (words that can be processed by the sublexical route – word types 1B and 2B); and c) pseudowords, which must be processed via the sublexical route in order to be written.

Patients' and control subjects' results for each category of word, in each assessment and across the three assessments, are given in Figure 2. Results of the first assessment showed that all patients manifest a higher error rate in phonologically opaque (irregular) words than in phonologically more transparent words and regular words. That is, in phonologically more transparent words and regular words, all patients except FP4 showed error rates close to those of controls (in the case of FP2, FP3, FP5, and FP7) or even control-like results (in the case of FP1 and FP6). In phonologically opaque (irregular) words, on the other hand, all patients manifested an error rate that was higher than that of controls. FP1, who had the lowest overall error rate in the patient group (22.8%), and whose performance was closest to that of the control group, committed 11% more errors than controls, and FP4 had the highest error rate in irregular words (68%). AD and control subjects' errors rates overlapped in the pseudowords; no difference was seen between AD and control subjects in the first assessment. In order to compare patients with controls as a group in this first evaluation, we used non-parametric statistics. A U Mann-Whitney test demonstrated a statistically significant difference between the two groups ($U=0.000$, $p<0.001$) in irregular words from the first evaluation. Patients did not perform differently than controls on regular words and pseudowords.

Figure 2. - Percentage of errors in target written words of patients and controls:
Regular and Irregular Words and pseudowords
Longitudinal



The results across time (Figure 2) show that in the second and third evaluations, there were differences among the patients' profiles. FP1, FP5 and FP6 showed a small increase in the error rate in writing irregular words, while FP2, FP3, FP4 and FP7 manifested a greater increase in the error rate in this task. FP5 and FP7 showed no increase in the error rate for regular words across the three assessments, while FP1 and FP6 showed a small increase and FP2, FP3 and FP4 a greater increase over this period of time. However, FP4's performance is quite different from those of the other patients; his error rate is higher for all word types.

We again used the non-parametric U Mann-Whitney test to compare patients' performance as a group to that of controls over this period of time (on the second and third assessments). We found a statistical difference between the two groups in phonologically opaque (irregular) words ($U=0.000$, $p<0.001$ in the second and third

assessment), as well as in phonologically more transparent and regular words ($U=.000$, $p<.001$ in the second and third assessment) and in pseudowords ($U=11.500$, $p<.05$ in the second assessment and $U=8.000$, $p<.05$ in the third assessment). However, this difference between the two groups in the pseudowords disappeared when we removed FP4, who had the highest error rate. When FP4 was removed, the results for phonologically more transparent words and pseudowords across the three assessments changed: AD patients could not be discriminated from controls in the first assessment, but as a group there is a statistically significant difference for the second and the third assessment: the patients' error rate increases over this period of time, while the controls' remains stable.

Overall, AD patients' performance deteriorated over this period time. This appears to be the case for all patients. However, AD patients FP2, FP3 and FP4 show a greater deterioration than the remaining four patients across assessments for both phonologically opaque, phonologically more transparent and regular words. It appears that, although there is a deterioration over this period of time for the phonologically opaque (irregular) words (types 1A and 2A) for patients FP1, FP5, FP6 and FP7, the degree of deterioration for FP5 and FP7 is more pronounced over this period of time, while for FP1 and FP6 the error rate increased more in the phonologically more transparent and regular words. That is, irregular words (1A and 2A) were already impaired relative to regular words (1B and 2B) for all patients in the first assessment, but over this period of time, the profiles of deterioration were not homogenous.

We used a non-parametric test (Wilcoxon test) to compare patients' group performance across the three assessments in writing phonologically opaque (irregular) words and phonologically more transparent and regular words. It was only in the first assessment that a statistically significant difference was seen between the error rates for these two types of words ($Z=-2.366$, $p<.05$): the deterioration was greater in the phonologically opaque words than in the phonologically more transparent and regular words. The non-parametric Friedman test was used to determine whether the increase in error rate for each type of word across the three assessments was statistically significant for the patients as a group. The results show a significant increase for all the words as well as the pseudowords (chi-square = 8.43 , $p=.01$ for irregular words; chi-square = 8.00 , $p<.05$ for regular words; chi-square = 9.36 , $p<.01$ for pseudowords).

3.1.2 Effect of frequency, length and degree of abstractness

The frequency effect was very clear in AD patients' and controls' results. Neither patients nor controls committed errors in high frequency words in the first assessment. In the second and third assessments, only patients FP4 and FP5 committed one error each (10%). In contrast, five of the seven AD patients committed errors on low frequency words from the first assessment (the exceptions being FP1 and FP6); controls committed no errors. The error rate increased over this period of time for some patients (FP1, FP4 and FP7) and stayed stable for the remaining patients; only FP6 committed no errors. The controls committed no errors in the three assessments, except for FC6 who committed one error in the third assessment. The non-parametric U Mann-Whitney test showed a statistical difference between ADs and controls in low frequency words across the three assessments ($U=9.000$, $p<.05$ in the first assessment, $U=4.500$, $p<.01$ in the second assessment and $U=5.500$, $p<.01$ in the first assessment). When we compared AD patients' results on high frequency and low frequency words using the Wilcoxon Test, we found that significantly more errors were committed on low frequency than on high frequency items ($Z=-2.041$ first assessment, $Z=-2.232$ second assessment and $Z=-2.060$ third assessment, $p<.05$ in the three cases). The non-parametric Friedman test did not show a statistically significant deterioration across the three assessments.

Concerning word length, AD patients' error rates were significantly higher than those of controls for both short and long words, both in the first assessment and across the three assessments (long words: U Mann-Whitney test ($U=.500$ first assessment, $U=4.000$ second assessment, $U=3.000$ third assessment, $p<.01$ in the three assessments. Short words: U Mann-Whitney test, $U=5.500$ in the three assessments, $p<.01$ in the three cases). AD patients' results differed from those of controls in writing short and long words; however, the tendency was the same across the two groups for long words. They both manifested significantly higher error rates in long words than in short words, except for the control subjects in the third assessment, where this tendency was not significant (AD group: Wilcoxon Test, $Z=-2.041$ in the first assessment, $Z=-2.232$ in the second assessment and $Z=-2.060$ in the third, $p<.05$ in the three cases; control group: Wilcoxon Test, $Z=-2.388$ in the first assessment, $Z=-2.060$ in the second assessment, $p<.05$ in both cases). The non-parametric Friedman test did not

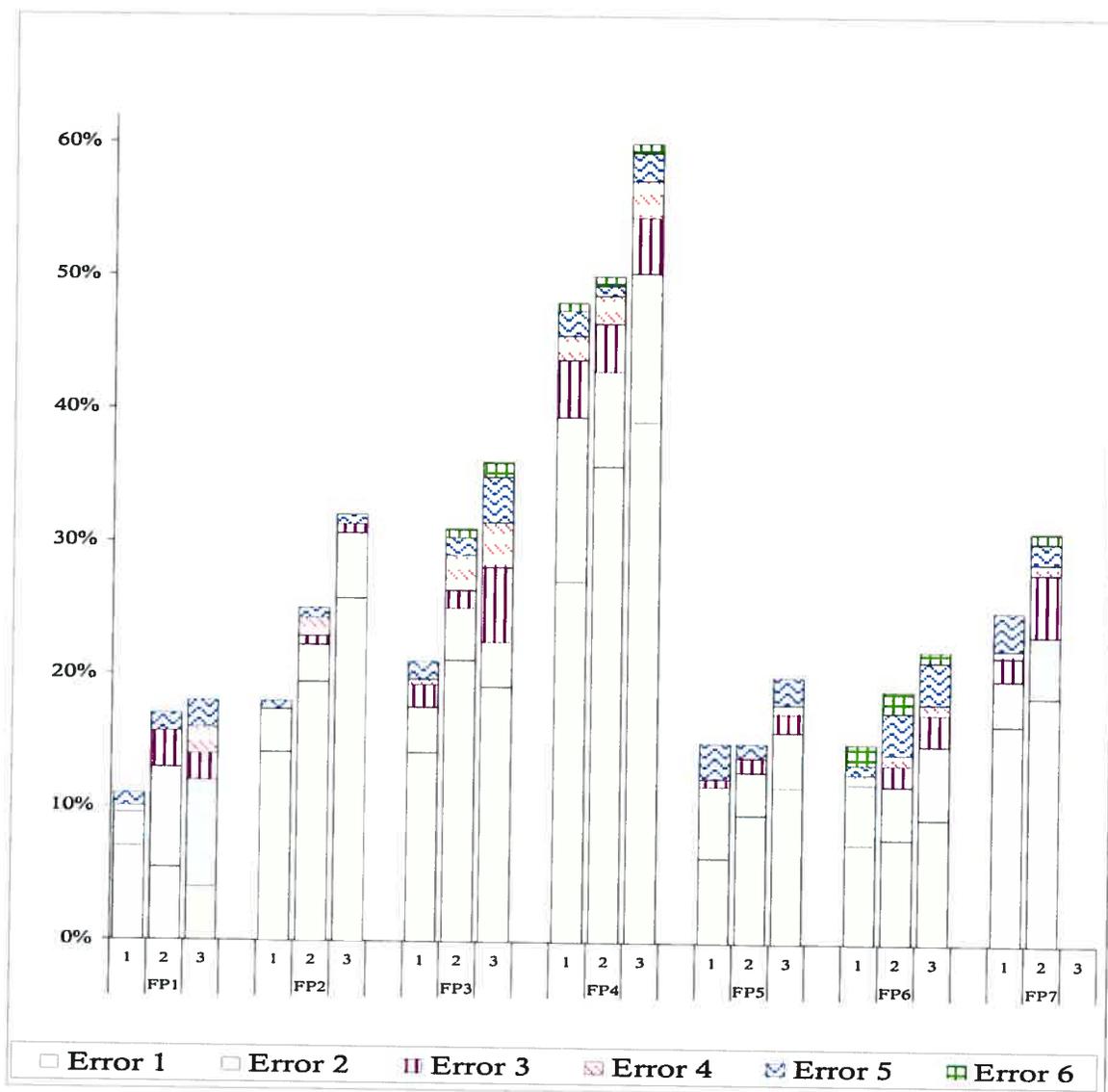
demonstrate a statistically significant deterioration in the AD group across the three assessments. However, it is important to mention that patients FP2, FP3 and FP4 showed a substantial increase in errors across the three assessments in the long words.

Patients FP3 and FP4 manifested a higher error rate than the remaining patients in writing abstract words. The U Mann-Whitney test showed a significant difference between AD patients and control subjects in writing abstract words in the first and second assessments, but not the third ($U=9.000$ in the first assessment, $U=11.500$ in the second assessment, $p<.05$).

3.1.3. Error types

In order to observe the nature of the spelling errors, they were classified by type: as graphemic paraphasias or phonologically accurate errors (error 1); literal paraphasias or phonologically inaccurate misspellings, divided into single-letter errors (error 2) and multiple-letter errors (error 3); neologisms (error 4); verbal paraphasias (error 5); and morphological paraphasias (error 6). Figure 3 shows the percentage of errors and correct answers for the seven patients across the three assessments. Most errors committed by patients were phonologically accurate errors (error 1), followed by a single-letter phonologically inaccurate misspellings (error 2). However, over this period of time the error pattern changed. It is clear that all patients except FP1 showed an increase in phonologically accurate errors, but the proportion changed over this period of time due to an increase in the frequency of other error types. Single-letter phonologically inaccurate misspellings also increased over this period of time in all patients and a substantial increase in multiple-letter phonologically inaccurate misspellings was observed. Neologisms and verbal and morphological paraphasias also appeared in the output of some patients. The few errors committed by control subjects were primarily phonologically accurate errors, followed by some phonologically inaccurate errors that appeared mostly in pseudoword dictation.

Figure 3. - Percentage of type of error and correct written words and pseudowords (per patient per assessment)



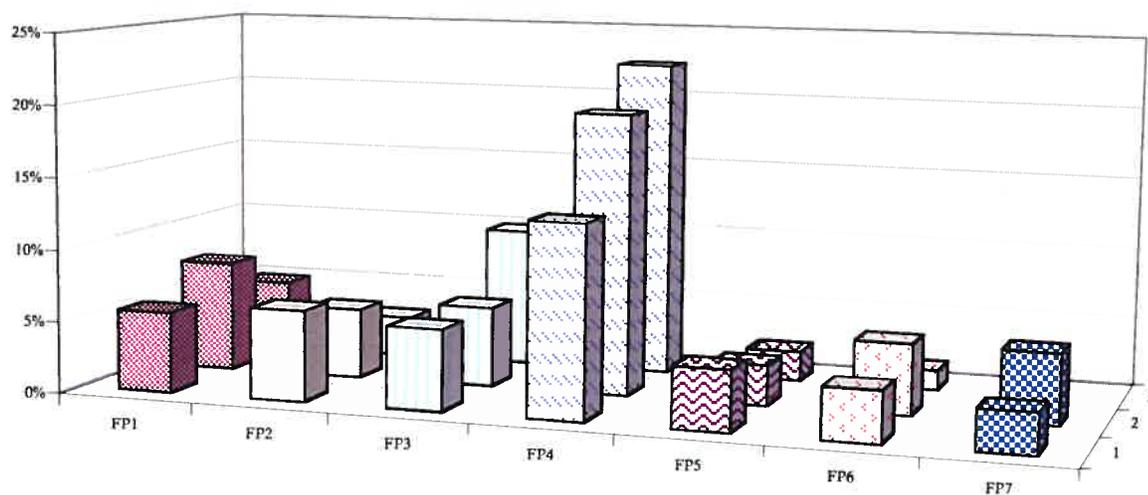
3.2 Reading aloud words and pseudowords

3.2.1. Error percentages

We conducted a similar analysis of patients' results in reading words and pseudowords aloud. AD patients' error rates across the three assessments are shown in Figure 4. It will be observed that the error rate in reading is very low compared to that in writing. Six of the seven patients achieve an error rate of 3% to 6% in the first assessment, while

patient FP4 has a 13% error rate in the first assessment. Patients do not manifest the same profile across the three assessments. Patients FP3 and FP4 show a consistent increase in error rate across assessments, but the remaining five patients do not.

Figure 4. - Total percentage of errors in reading aloud per patient per assessment



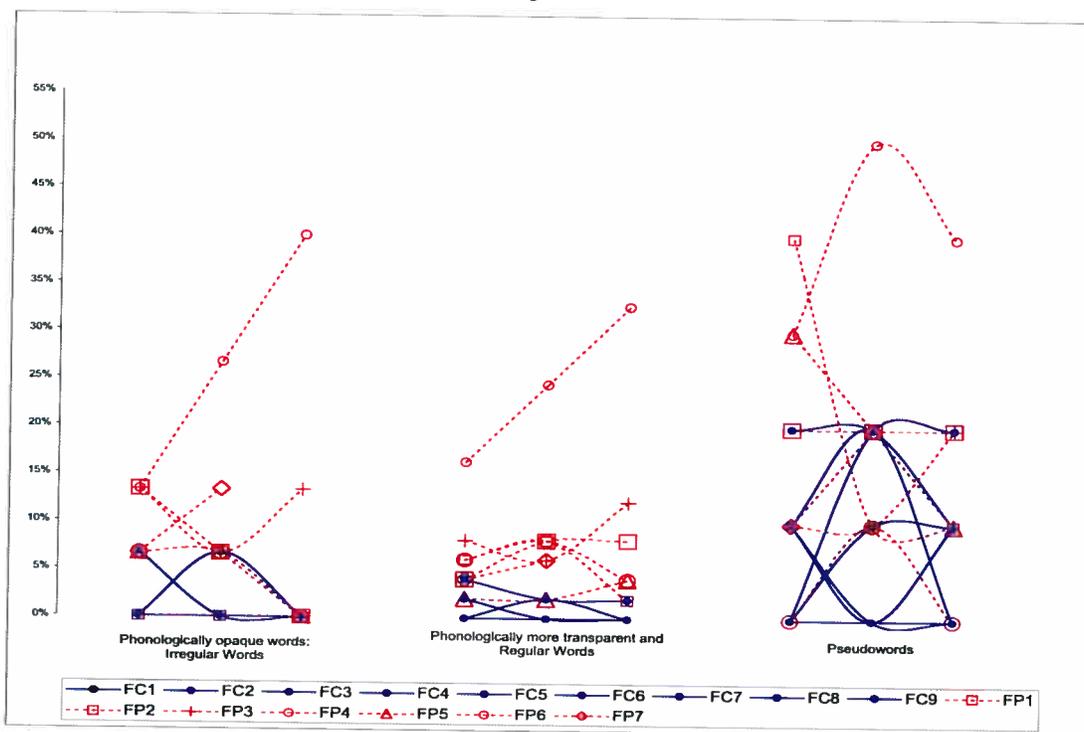
In order to observe any differences among the word type sub-groups (targets versus controls) we analyzed the error rates by patient by assessment. We observed that the AD patients FP3, FP4, FP5, FP6 and FP7 committed more errors in reading target words than in reading the corresponding controls, whereas FP1 and FP2 did not show the same pattern. The few errors they committed occurred in targets as well as control words.

We turn now to the question of how the errors are distributed by word type in the first assessment and how this changes over this period of time. As we did in the analysis of written words, we analyzed the error rate for target words based on Lecours's hypotheses about the degree of transparency different words possess for reading. This differs substantially from the pattern of transparency for writing words. The first group we used in our study is phonologically opaque (irregular) words, which must be lexicalized in order to be read (word type 1A). The second is phonologically more transparent words and regular words, which can be processed via the sublexical route

for reading (word types 1A, 1B and 2B). The third word type we used was pseudowords.

The patients' and control subjects' results in the three assessments are shown in Figure 5. When we compare AD subjects' results in the first assessment to those of controls, we see that FP1, FP3 and FP4 show the highest error rate on phonologically opaque (irregular) words (13.3%), while FP5, FP6 and FP7 committed errors in only 6.7% of these stimuli, as did one control subject (FC8). Only FP2 achieved the same error rate as the remaining eight controls. On phonologically more transparent and regular words, AD patients' and controls' error rates were more similar, and appear to overlap. However, FP4 showed the highest error rate (16.3%), followed by FP2, FP3 and FP6 (6% to 8%) while the remaining AD patients (FP1, FP5 and FP7) performed similarly to controls. Although some AD patients had a higher error rate than controls in reading pseudowords, AD patients could not be distinguished from controls on the basis of their performance in this category.

Figure 5. - Percentage of errors in reading aloud target words of controls and patients:
Regular and irregular words and pseudowords
Longitudinal



We used non-parametric statistics to compare patients as a group with controls in reading aloud on the first evaluation. The U Mann-Whitney test shows that the two groups are significantly different ($U=6.500$, $p=.005$) in their performance on irregular words and regular words; they could not be distinguished by their performance on pseudowords. We see that five patients (FP1, FP2, FP5, FP6, FP7) manifested a decrease in their error rate on phonologically opaque words, similar to controls. While patient FP3 showed a decrease in the error rate in the second assessment and an increase in the third, FP4's error rate in reading this word type increased dramatically over this period of time, unlike the remaining patients (from 13% in the first assessment to 40% in the third). In the phonologically more transparent and regular words, only very small changes were observed in the performance of the five AD patients discussed above (FP1, FP2, FP5, FP6, FP7). In general, they remained stable, as was the case for irregular words. However AD patients FP3 and FP4 manifested an increase in error rate in phonologically more transparent and regular words over this period of time. This increase was substantial for patient FP4 (from 16% in the first assessment to 32% in the third assessment). Reading of pseudowords resulted in a similar error rate in the two groups across the three assessments.

A U Mann-Whitney test showed that in the second assessment there was a significant difference in the two groups' performance in irregular words ($U=7.00$, $p<.05$) and regular words ($U=1.00$, $p<.001$) but not pseudowords. In the third assessment, the two groups were significantly different only in phonologically more transparent and regular words ($U=.500$, $p<.001$). The performance in reading pseudowords across the three assessments did not change: AD patients cannot be statistically distinguished from controls in reading pseudowords in this study.

Comparing the patients' performance as a group, we used a non-parametric test (Wilcoxon test) to analyze the patients' performance in reading phonologically more transparent words and regular words versus phonologically more opaque words (irregular words) across the three assessments. We found no significant differences in any of the three assessments. The non-parametric Friedman test showed no significant differences in the patients' performance in reading irregular words, regular words and pseudowords across the three assessments.

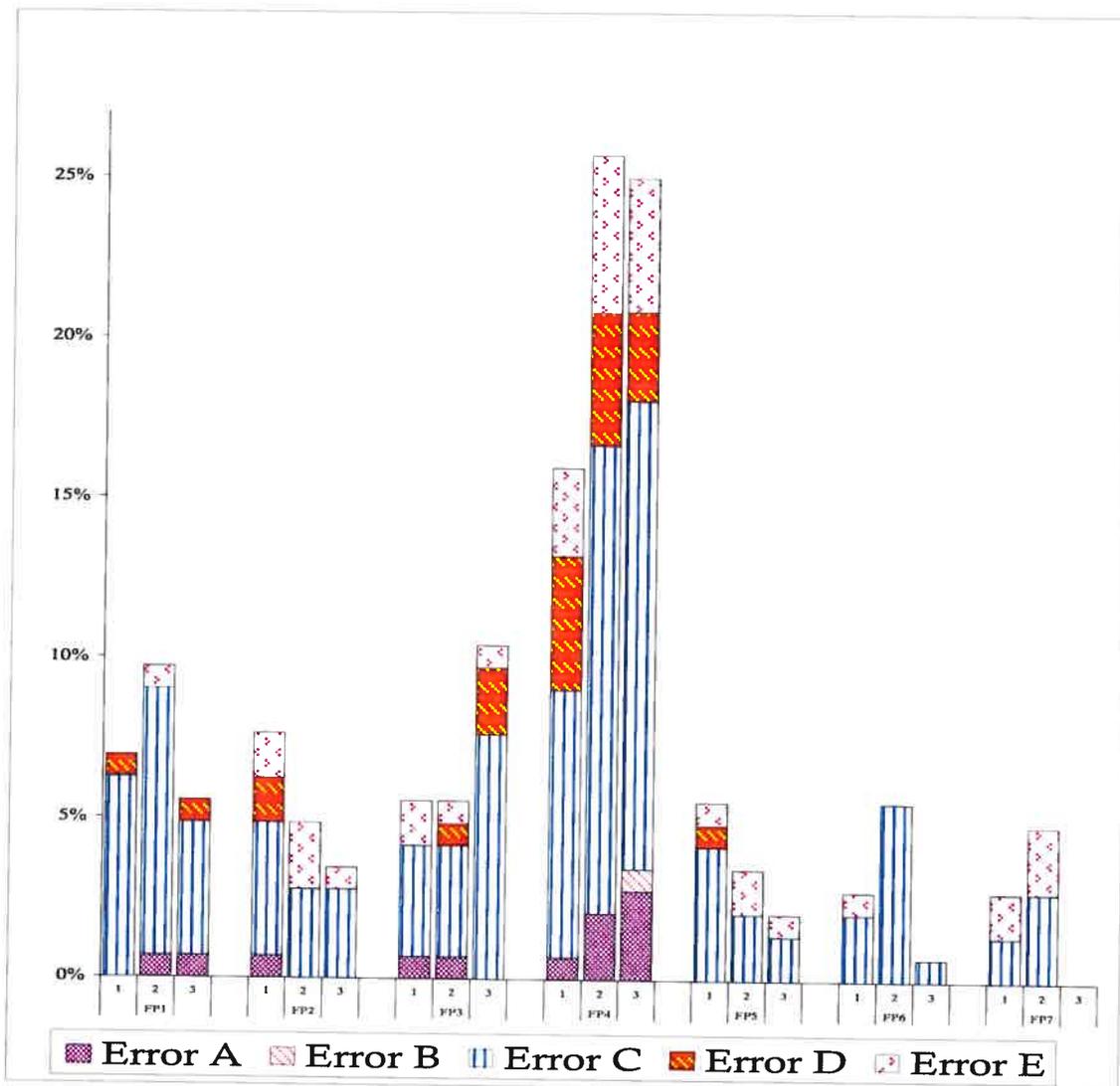
3.2.2. Effect of frequency, length and degree of abstractness

No effect for frequency nor for degree of abstractness was observed in the AD patients' and controls' performance in reading aloud. In contrast, a word length effect was observed from the first assessment. All AD patients had error rates of 40% or above in reading long words on the first assessment, while control subjects had error rates of 20% or less. The same profile was observed across the three assessments: AD patients had a significantly higher error rate for long words relative to controls (Test U Mann-Whitney, $U = 4.5000$ for the first assessment, $U = 9.000$ for the second assessment and $U = 7.500$ for the third assessment, $p < .01$ in the three assessments for reading of long words).

3.2.3. Error types

Errors were classified as follows: verbal formal paralexias (error A); verbal formal and semantic paralexias (error B); phonemic paralexias, either single-letter (error C) or multiple-letter (error D); and regularizations (error E). Figure 6 shows the percentage of errors and correct answers in the seven patients across the three assessments. The most frequent error type for all patients in the first assessment was single-letter phonemic paralexias (error C), followed by multiple-letter phonemic paralexias (error D) and regularizations (error E). However, across the three assessments, patients' error patterns differed. Even though the most frequent error type overall was single-letter phonemic paralexias, proportions differed across assessments due to the appearance of, or a small increase in, other error types. Finally, it is important to mention that, although we analyzed patients' first responses, all AD patients showed to a greater or lesser degree a tendency to attempt to correct their errors (we observed 25% of self-corrections, 21% of self-corrections yielded the correct response and 4% did not). The few errors committed by controls were primarily single-letter phonemic paralexias in pseudoword reading.

Figure 6 - Percentage of type of errors and correct reading aloud words and pseudowords
(per patient per assessment)



4. DISCUSSION

The objective of this study was to characterize and document, in a longitudinal study, the deterioration of writing to dictation and oral reading of phonologically opaque words (irregular words), phonologically more transparent words and regular words and pseudowords in AD patients, as well as to characterize the effect of length, frequency and abstractness. Our results demonstrate that AD patients suffer a significant impairment in writing to dictation relative to healthy elderly subjects. In general,

patients make more errors than do controls in writing phonologically opaque words. They also commit errors in phonologically more transparent words and regular words and pseudowords, although proportionately fewer. Furthermore, our results suggest that this impairment manifests itself from the earliest stages of the disease, given that errors are observed from the first assessment. The study also maps the patients' deterioration over this period of time, and suggests that different patterns of evolution may occur.

We also found that patients' ability to read phonologically opaque words, more transparent words and irregular words as well as pseudowords aloud is relatively less affected than their ability to write these items; this ability remains stable in AD even when writing to dictation is clearly already affected. However, it seems that in cases where writing to dictation is very impaired, the capacity to read aloud manifests a clear and significant deterioration (patients FP3 and FP4). Moreover, when the AD patients were compared as a group with the controls in reading aloud words and pseudowords, their error rate was significantly different from that of controls, since the controls' performance was close to ceiling. AD patients commit a few errors when reading aloud phonologically opaque, phonologically more transparent words, but these results were not constant through the three assessments. A frequency effect in writing words was observed, as was a length effect in reading and writing words.

Previous studies have demonstrated that written language disturbances appear in the earliest disease stages (Appel et al., 1982; Croisile et al., 1995a). Specifically, studies examining dictation (spelling) in AD patients (Croisile et al., 1995a; Lambert, Eustache, Viader, Dary, Rioux & Lechevalier, 1996; Platel et al. 1993, Rapcsak et al., 1989) suggest that deterioration in spelling abilities comprises three phases. The first phase involves a lexical agraphia, meaning that the representation of the spelling of words has been lost; however, patients may still rely on the phonological spelling system. The second phase is characterized by a deterioration in the phonological system, leading to an increase in phonological errors and phonemically implausible spelling errors. The third phase is a peripheral process involving the occurrence of graphomotor difficulties. It has also been reported that the representation of low frequency words is particularly vulnerable in AD patients, and an effect of word length has been demonstrated relative to control subjects (Croisile et al., 1995b). Results of

studies examining reading aloud of single words and pseudowords have been conflicting. While some studies suggest that patients with dementia are able to read aloud not only words with regular grapheme-phoneme correspondences, but also irregular words (Nelson, et al., 1975), other studies report a greater abnormality in the reading regularity effect compared to the spelling regularity effect (Glosser et al., 1999a) or an impairment in reading low-frequency irregular words. They attribute this deficit to a breakdown in semantic memory (Patterson et al., 1994). However, longitudinal studies have demonstrated that an impairment in oral reading becomes apparent in the late stages of the disease (Fromm et al., 1991).

How do our results fit in with previous studies in the literature? In the first assessment, we observed an orthographic regularity effect in both writing to dictation and reading; at this point, phonologically opaque words were already impaired in AD patients relative to controls, consistent with previous studies. However, across the three assessments we observed that writing of phonologically opaque and more transparent words as well as regular words and pseudowords were differentially affected when comparing AD patients with controls. Furthermore, a multiple single case study analysis suggested the existence of different patterns across patients in the deterioration of both reading and writing to dictation. We observed that the AD patients who committed the highest number of errors in the first assessment were the same patients who showed the greatest deterioration over this period of time. Specifically, they were those AD patients who showed a deterioration in the first assessment in writing all types of words (phonologically opaque and transparent words, regular words and pseudowords), and in reading phonologically opaque words. AD patients who committed a lower percentage of errors in writing to dictation in the first assessment showed two patterns over this period of time: either a slight deterioration in writing phonologically opaque words, or a slight deterioration in writing phonologically more transparent and regular words. In reading, the patterns of evolution are not as clear as in writing.

From the first assessment, both AD patients and control subjects committed errors in writing pseudowords. Even though the two groups showed a statistical difference in writing these stimuli, although not in reading them, in the second and third evaluations, we observed that controls did commit errors with these stimuli, but that

the error rate did not increase over this period of time as it did in the case of AD patients. A strong frequency effect in writing words to dictation was observed in AD patients relative to controls; AD patients' performance is similar to that of controls for high frequency words, whereas for low frequency words, AD patients' performance was significantly impaired compared to that of controls. In the qualitative analysis of types of errors committed by AD patients, we observed that while writing, in the first assessment, the errors were phonologically accurate misspellings (graphemic paraphias). The next most frequent error type was single letter phonologically inaccurate misspellings (literal paraphias) and phonemic paralexias (single phoneme) while reading, although there were many fewer errors of this type. This was followed by multiple letter phonologically inaccurate misspellings (literal paraphias) while writing and regularisations while reading. The longitudinal results showed a similar pattern in phonologically accurate misspellings and phonologically inaccurate misspellings or graphemic paraphias (single letter) while writing and phonemic paralexias (single phoneme) while reading but we also observe an important increase in multiple letters phonologically inaccurate misspellings while writing and phonemic paralexias (multiple phoneme errors) and regularisations while reading.

Consistent with previous studies (Croisile et al., 1995, Platel, et al., 1993; Rapcsak et al., 1989), our study suggests that in the early stages of AD the orthographic representation of words is vulnerable; this appears to be more pronounced in phonologically opaque words and in the low frequency words. This suggests that the orthographic lexicon is altered in AD. With regard to the frequency effect, we suggest this difficulty in processing low frequency words may be due to an alteration in the words' representation in the orthographic lexicon, rather than a difficulty in lexical access as claimed in previous studies. The profile of this dysorthographia, is consistent with the diagnosis of lexical agraphia put forward in other studies (Croisile et al., 1996; Lambert, 1996; Platel et al., 1993). However, over time, this vulnerability may in some cases extend either to phonologically opaque words or to phonologically more transparent and regular words and pseudowords, which are assumed, to be processed via the sublexical route.

Unlike the lexical system, the phonological writing system (sublexical system) appears to be better preserved in the early stages of the disease course. This relative integrity in

the phonological system may help to compensate for the impairment in the lexical system in some cases. This claim is bolstered by our observation that the writing of phonologically transparent words is better preserved, and that patients commit a high number of phonologically plausible errors when writing phonologically opaque words. However, the relative integrity of the phonological system may also be altered over time, as was observed in some of our patients. In these cases, the phonological system was altered over the course of the three assessments. The ability to write phonologically more transparent and regular infrequent words and pseudowords decreased, and a change in error types was observed: the literal paraphasias (one- and multiple-letter) or phonologically inaccurate misspellings increased substantially, and the productions were distant from the target words. Neologisms and verbal and morphological paraphasias also appeared, or their proportion increased, in the output of certain patients.

The few errors that control subjects committed were primarily phonologically accurate errors (graphemic paraphasias), as well as a few single letter literal paraphasias (phonologically inaccurate errors) that appeared mostly in pseudowords dictation and in long words. The fact that control subjects did commit errors suggests the possibility of orthographic difficulties before the disease is diagnosed in some patients. It is of interest to consider whether orthography is particularly affected in AD, or if patients are simply manifesting a pre-existing poor orthographic capacity. Likewise, it should be taken into account that this deterioration may be related to other cognitive impairments, as has been suggested in previous studies (Glosser, Kohn, Sands, Grugan & Friedman, 1999b). Because our controls committed few errors, we cannot analyze by error type, but we can observe that at a qualitative level, controls committed only phonologically accurate errors, but no verbal or morphological paraphasias. Patients' paraphasias tend to be distant from target words relative to controls.

Turning now to pseudowords, previous studies report that AD patients in the early stages of the disease manifest a preserved ability to write this type of stimulus, and the deterioration takes place in the more advanced stages, when the phonological route is also affected (Glosser et al., 1999b; Croisile et al., 1995a; Lambert et al., 1996; Platel et al., 1993, Rapcsak et al., 1989). As discussed above, in our study patients' performance in writing pseudowords could not be distinguished from that of controls in the first

evaluation. However, in subsequent assessments patients committed more errors while the controls' error rates either remained stable or decreased.

Friedman, Ferguson, Robinson & Sunderland (1992) report that AD patients' ability to read pseudowords aloud is surprisingly preserved, and that their impairment is mild when reading pseudowords with high neighbourhood density, but more marked when reading pseudowords with no neighbors. The authors suggest on the basis of these results that these items may be read by analogy to real words. They assume that the conscious application of spelling-to-sound rules is available only to cognitively intact readers. In our study, AD patients could not be distinguished from controls in reading pseudowords aloud; their performances were similar, although when individual patients' results were examined, certain patients committed more errors than controls whereas others were control-like in their performance. It is of interest to note that controls also committed some errors in both writing and reading pseudowords, which leads us to suspect that healthy elderly controls also have some difficulty in processing this kind of stimulus, when the task also requires them to process real words. In our study, AD patients and controls were aware of the presence of both real words and pseudowords during the dictation and reading tasks, and it appears that even for the healthy controls these mixed stimuli were difficult to process. This raises the question of whether these results reflect some other cognitive difficulty in elderly subjects, such as lowered mental flexibility or slowed processing, when processing both types of stimulus in the same task. Some studies have shown that cognitive flexibility is affected in normal aging, meaning that healthy elderly individuals may become slower at exercising the cognitive flexibility required to shift between conceptual sets (Drane, Yuspeh, Huthwaite & Klingler, 2002). Can we assume that AD patients' deterioration in writing and reading pseudowords when they are presented in a mixed list is related to an impairment in the phonological system or, given the fact that the control subjects manifested similar difficulties, that it is related to a reduction in the ability to process word and pseudoword stimuli within the same list? It must be remembered that elderly subjects also manifest certain physical changes, such as a deterioration in auditory acuity, reducing the capacity to distinguish between close phonemes (Enrietto, Jacobson & Baloh, 1999). However, the type of errors committed by the two groups were quite different, the controls' errors comprising mostly single letter transformations while AD patients committed both primarily single- and multiple-letter transformations

and regularizations. We suggest that this reduction in auditory capacity could also affect performance in writing pseudowords to dictation in our healthy elderly group, a difficulty for which they were able to compensate while processing real words, unlike the AD group.

A length effect in writing words and pseudowords to dictation has been reported in the literature and related to attentional difficulties (Croisile et al., 1995b). In the present study, both the controls and the AD group show a length effect when writing words to dictation (except for the controls in the third assessment). Concerning the word length effect in reading, differences were seen across the two groups. The AD patients manifested difficulty in reading long words across the three assessments, whereas the control subjects did not. As mentioned above, subjects had to read stimuli displayed on the computer screen, and when they started reading the stimulus, it disappeared automatically. This could have an impact on the reading of long words in the AD group, either because they may not have enough time to recognize the word completely and read it correctly due to slowed information processing, or perhaps due to attentional difficulties, which could affect their response if they require continued access to the stimulus.

We now approach the question of whether written language processing in AD is influenced by a heterogeneous deterioration in cognitive abilities or whether it is a specific deficit?

In a longitudinal study following a group of 23 AD patients over 6-12 months, Luzzatti, Laiacona & Agazzi (2003) found a high level of individual variability in deterioration. They reported wide variation in the pattern of deterioration as the disease progressed, and a non-specific progression to the sub-word-level (sublexical system) in the AD group. Over this period of time, some patients manifested more marked damage in spelling pseudowords, whereas others evolved towards a primary impairment in the lexical system. The authors suggest a possible independent decline of the two spelling routes in AD. Given that AD is a diffuse degenerative disease, which may however arise focally according to the functional and anatomical unit initially involved and with the modality of disease progression, they conclude that different patterns of spelling impairment may emerge. Our results are consistent with this interpretation; in our study we observed similar patterns in AD in the early stages of

the disease, but differing patterns and degrees of deterioration in the patients' writing abilities over this period of time.

When interpreting these differing patterns, it is important to remember that the heterogeneous nature of the cognitive impairment in AD is well-known. We emphasize the importance of following the patient's evolution over time. We cannot consider AD patients as one homogeneous entity at the cognitive level when examining reading and writing impairments. Our patients' longitudinal deterioration demonstrates the existence of different cognitive profiles for inter- and intra-cognitive functions, as reported by Joannette et al., (1992, 1993). It has been suggested (Caramelli, Poissant, Gauthier, Bellavance, Gauvreau, Lecours & Joannette, 1997) that a high level of education may lead to a greater capacity to compensate for neuronal damage; thus, these differing patterns of impairment may be representative of differing compensatory strategies. In our AD group, we did not observe a clear correlation between a high level of education and better writing or reading capacities. Patients FP3 and FP4, who showed the greatest deterioration, had lower levels of education than the others, but patient FP2, for example, also showed a significant writing impairment that increased over this period of time, despite having a higher level of education than the other six patients (20 years).

What do longitudinal studies contribute to the study of agraphia and alexia in AD?

Longitudinal measures of writing to dictation and reading allow us to pinpoint more precisely the evolution of linguistic abilities over time in AD, in contrast to transversal studies that with only one measure pretend to establish hypothesis concerning evolution patterns in a degenerative disease as AD. As we observed in our results and in other studies (Luzzatti, et al., 2003), different evolution patterns may appear over time in patients that may look similar in the first stages of the disease. The hypothesis of a specific progressive deterioration in processing written language in AD, beginning with lexical deterioration and followed by a deterioration in the sublexical system, does not appear to be generally applicable to all AD patients when they are followed longitudinally, as was done in the present study. We must bear in mind that AD is a progressive and heterogeneous disease, meaning that we may observe different patterns over time. Finally, given the different profiles of deterioration that we observed in this longitudinal study when following seven AD patients of similar age, education and

dementia severity (at the onset of the study), we believe that more longitudinal studies comprising larger patient groups are necessary.

How does dementia severity correlate with written language deterioration? Previous studies suggest that agraphia is an early manifestation of the disease, is often more severe than other language difficulties, and is correlated with disease severity and cognitive impairment (Cummings et al., 1986; Horner et al., 1988; Henderson et al., 1992). All patients in our group showed some decline in MMSE scores across the three assessments – ranging from one point (in the case of patient FP3) to nine points (in the case of patient FP1). Nevertheless, we cannot claim that increase in dementia severity, as indicated by the MMSE, was correlated with the increase in severity of the reading and/or writing impairment. Patients FP2, FP3 and FP4, who manifested the greatest deterioration in writing to dictation and, in the case of FP3 and FP4, in reading, did not show the same degree of deterioration in the MMSE: scores over the course of the three assessments, FP2's score dropped from 25 to 19, FP3's only from 23 to 22 and FP4's from 18 to 15. However, the patient who had the lowest MMSE score (18) in the first assessment, FP4, was also the one who manifested the greatest difficulties in writing and reading from the onset of the study. Furthermore, his performance was the most impaired of the seven patients, and deteriorated more over the course of the three assessments than did that of the other patients. On the other hand, the patients who showed the least deterioration in writing to dictation also either showed a substantial deterioration in their MMSE scores (FP1's score dropped from 25 to 16 and FP6's from 25 to 20), or remained stable (as in the case of FP5, whose score went from 26 to 25).

This lack of a clear correlation between dementia severity and agraphia in AD suggests two possibilities. The first is that the MMSE may not be a very efficient tool to assess dementia severity and cognitive deterioration. The second is that the evolution of the reading and writing impairment in AD is partially independent from other cognitive abilities and is in fact the result of a more focal deterioration. This has been suggested elsewhere in the literature (Croisile et al., 1995a; Croisile, et al., 1996; Penniello, Lambert, Eustache, Petit-Taboué, Barré, Viader, Morin, Lechevalier & Baron, 1995), where the possibility has been raised of an alteration in focal cerebral zones that participate in the processing of written language. In the cognitive evaluation used here, we found different patterns of cognitive difficulties in our AD group. Language,

memory and visuo-constructive abilities were affected from the outset in almost all of our patients, consistent with other studies in the literature (e.g., Croisile et al. 1995b). However, the deterioration of these capacities was not clearly correlated over this period of time in our patients; rather, there was a differential deterioration in their cognitive profiles over this period of time. Studies of the distribution of neuropathological lesions (Hansen, De Teresa, Davies & Terry, 1988; Moossy, Zubenko, Martínez, Rao, Kopp & Hanin, 1989) and anomalies in cerebral blood flow or metabolic disturbances in positron emission tomography (PET) scans (Foster, Chase, Fedio, Patronas, Brooks & Di Chiro, 1983; Haxby, Grady, Koss, Horwitz, Heston, Schapiro, Friedland & Rapoport, 1990; Penniello, et al., 1995) have demonstrated that the left temporo-parietal associative cortex is a crucial region that is particularly affected in the degenerative processes that occur in AD. Thus it is possible that the nature of the deterioration may be more related to focalized lesions than to a generalized deterioration process that occurs in dementia, as claimed in other studies (Croisile et al., 1996; Penniello, et al., 1995). In a PET study (Penniello, et al., 1995), a correlation was found between left angular gyrus hypometabolism and the occurrence of a lexical agraphia, as well as between left supramarginal gyrus hypometabolism and the occurrence of a phonological agraphia. Moreover, given the different profiles of deterioration that we observed in this longitudinal study we do not have enough evidence to agree with the development-deterioration analogy hypothesis. This analogy suggests that the deterioration in writing skills in AD is inversely related to writing development, the later in the developmental sequence a writing component is acquired, the greater its complexity and the earlier the onset of its deterioration when degeneration occurs. According to this analogy, Croisile (1999) suggests that, despite individual variations, spelling errors in mild AD follow a logical progression, which is the reverse of the normal acquisition of skills in childhood: first, a semantic agraphia occurs (observed in descriptions of writing), then a mild lexical agraphia, more evident in irregular and infrequent words. The phonological spelling system remains functional and can compensate for the lexical deficit, leading to regularizations. Later in the disease course, there is an increase in lexical spelling errors, associated with a progressive impairment of phonological spelling and the degradation of more peripheral components in writing. The results observed in this study suggests that the evolution and the nature of the deterioration of the reading and writing impairment in AD is partially independent from other cognitive abilities and may be the result of a

more focal deterioration; an alteration in focal cerebral zones that participate in the processing of written language, as claimed in other studies. Finally, in the light of our results, we feel it is of interest to evaluate writing skills in the early stages of AD, or even in the case of early diagnosis, as it may constitute an important measure that will offer valuable information for the diagnosis of AD.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank to the “Universidad de Guadalajara” and the “Secretaría de Educación Pública” for their economic support given to the first author. Also to the institutions that kindly referred patients: “Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal”, “Jewish General Hospital” and “Hôpital Maisonneuve-Rosemont”. We express our deepest gratitude to the patients and control subjects for their time and invaluable cooperation.

The first author would like to express her gratitude to Dr. André. Roch Lecours, for his invaluable guidance and for sharing his knowledge and precious time. In addition, would like to express her deepest appreciation to Dr. Bernadette Ska for making this article a reality, to Dr. Michel Habib for his contribution and insightful remarks, to Hélène Côté for reading beyond words and to Francine Giroux for making the research data speak.

REFERENCES

- Appel, J. ; Kertesz, A. & Fisman, M. (1982). Study of language functioning in Alzheimer's patients. *Brain & Language*. 17 : 73-91
- Caramelli, P., Poissant, A. Gauthier, S. Bellavance, A., Gauvreau, D., Lecours, AR. & Joannette, Y. (1997). Educational level and neuropsychological heterogeneity in dementia of the Alzheimer type. *Alzheimer's Disease and Associated Disorders*. 11(1), 9-15.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P. & Haller, M. (1993). Models of reading aloud : Dual route and parallel-distributed processing approaches. *Psychological Review*, 100, 589-608.
- Croisile, B.; Carmoi, T., Adeleine. P. & Trillet, M. (1995a). Spelling in Alzheimer's disease. *Behavioural Neurology*. 8. 135-143.
- Croisile, B.; Adeleine, P.; Carmoi, T.; Aimard, G. & Trillet, M. (1995b). Évaluation de l'orthographe dans la maladie d'Alzheimer. *Revue the Neuropsychologie*. 5 (1), 23-51.
- Croisile, B; Brabant, MJ; Carmoi, T; Lepage, Y; Aimard, G; Trillet, M. (1996). Comparison between oral and written spelling in Alzheimer's disease. *Brain and Language*. 54, 361-387.
- Croisile, B. (1999). Agraphia in Alzheimer's disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. May-Jun10(3), 226-230.
- Cummings, JL.; Houlihan, J; Hill, M. (1986). The pattern of reading deterioration in dementia of the Alzheimer type: Observations and implications. *Brain and Language*, 29, 315-323.

- Drane, DL., Yuseph, RL., Huthwaite, JS. & Klingler, LK. (2002). Demographic characteristics and normative observations for derived-trail making test indices. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*. Mar, 15(1), 39-43.
- Enrietto, J.A., Jacobson, K.M. & Baloh, R.W. (1999). Aging effects on auditory and vestibular responses: a longitudinal study. *Journal of Otolaryngologie*. Nov-Dec; 20 (6) 371-78.
- Folstein, MF., Folstein, SE. & Mc Hugh, PR. (1975). Mini-mental state: A practical method of grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*. (12), 189-198.
- Foster, N., Chase, T., Fedio, P., Patronas, N., Brooks, R. & Di Chiro, G. (1983). Alzheimer's disease: Focal cortical changes shown by PET. *Neurology*, 33, 961-965.
- Friedman, R.B., Ferguson, S., Robinson, S. & Sunderlamd, T. (1992). Dissociation of mechanisms of reading in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 43, 400-413.
- Fromm D., Holland, AL., Nebes, RD, Oakley, MA., A longitudinal study of word-reading ability in Alzheimer's disease: evidence form the National Adult Reading Test. *Cortex* 1991: 27: 367-76.
- Glosser, G., Grugan, P., Friedman, RB. (1999a). Comparison of reading and spelling in patients with probable Alzheimer's disease. *Neuropsychology*. 13 (3): 350-358.
- Glosser, G., Kohn, SE., Sands, L., Grugan, PK. & Friedman, RB. (1999b). Impaired spelling in Alzheimer's disease: A linguistic deficit?. *Neuropsychologia*, 37 (7), 807-15.
- Hansen, L.A., De Teresa, R., Davies, P. & Terry, RD. (1988). Neocortical morphometry, lesion counts, and choline acetyltransferase levels in the age spectrum of Alzheimer's disease. *Neurology*, 38, 48-54.
- Haxby, J.V., Grady, C.L., Koss, E., Horwitz, B., Heston, L., Schapiro, M., Friedland, R.P. & Rapoport, S.I. (1990). Longitudinal study of cerebral metabolic asymmetries and associated neuropsychological patterns in early dementia of the Alzheimer type. *Archives of Neurology*, 4, 753-760.
- Henderson, V.W.; Buckwalter, J.G.; Sobel, E.; Freed, D.M.; Diz, M.M. (1992). The agraphia of Alzheimer's disease. *Neurology*, 42, 776-784.
- Horner, J; Heyman, A; Dawson, D; Rogers, H (1988). The relationship of agraphia to the severity of dementia in Alzheimer's disease. *Arch Neurol*. 45, July, 760-763.
- Joanette, Y; Melançon, L; Ska, B, Lecours, André-Roch. (1993). Hétérogénéité des profils cognitifs dans les démences de type Alzheimer: Aspects théoriques et conséquences cliniques. *L'Union Médicale du Canada*. 420-426, 1993.
- Joanette, Y ; Ska, B. ; Poissant, A. & Béland, R. (1992). Neuropsychological aspects of Alzheimer's disease : Evidence for inter- and intra-function heterogeneity. In : *Heterogeneity of Alzheimer's Disease*. Boller, F. ; Forette, F. (eds.). New York : Springer, Verlag, pp. 33-42.
- Joanette, Y., Belleville, S., Lecours, A.R., Peretz, I., Poissant, A. & Ska, B. (1994). Evaluación neuropsicológica de la demencia : sistemática óptima. In : del Ser Quijano, T., Peña-Casanova, J., eds. *Evaluación Neuropsicológica y Funcional de la Demencia*. Barcelona : J.R. Prous editores, 117-126.
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S., Lecours, A.R. & Peretz, I. (1995). Évaluation neuropsychologique dans la démence de type Alzheimer : un compromis optimal. *Année gérontologique (suppl Maladie d'Alzheimer)* ; 2, 69-83.
- Katz, L. & Feldman, L. (1983) Relation between pronunciation and recognition of printed words in deep and shallow orthographies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9(1), 157-166.
- Lambert, J; Eustache, F; Viader, F; Dary, M; Rioux, P; Lechevalier, B. (1996). Agraphia in Alzheimer's disease: An independent lexical impairment. *Brain and Language*. 53, 222-233
- Lecours, A. R. (1996). *Langage Écrit: Histoire, théorie et maladies*. Molvinghem: Ortho
- Luzzatti, C. Laiacona, M. Agazzi, D. (2003). Multiple patterns of writing disorders in dementia of the Alzheimer type and their evolution. *Neuropsychologia*, 41 (7): 759-72.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D. & Stadlan, EM. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease. *Neurology* (34), 939-944.

- Moossy, J., Zubenko, G.S., Martínez, A.J., Rao, G.R., Kopp, U. & Hanin, I. (1989). Lateralization of morphologic and cholinergic abnormalities in Alzheimer's disease. *Archives of Neurology*, 46, 639-642.
- Nelson & McKenna, P., (1975). The use of current reading ability in the assessment of dementia. *British Journal of Social and Clinical Psychology*, 14, 259-267.
- Patterson, K; Graham, N; Hodges, J (1994). Reading in dementia of the Alzheimer type: A preserved ability? *Neuropsychology*. 8, 395-407.
- Penniello, M; Lambert, J; Eustache, F ; Petit-Taboué; Barré, L; Viader, F; Morin, P; Lechevalier, B; Baron, J. (1995). A PET study of the functional neuroanatomy of writing impairment in Alzheimer's disease : The role of the left supramarginal and left angular gyri. *Brain*. 118, 697-706.
- Platel, H., Lambert, J., Eustache, F., Cadet, B. Dary, M., Viader, F. and Lechevalier, B. (1993). Characteristics and evolution of writing impairment in Alzheimer disease. *Neuropsychologia*, 31, 1147-1158.
- Rapcsak, S.; Arthur, S.; Bliklen, D. & Rubens, A. (1989). Lexical agraphia in Alzheimer's disease. *Archives of neurology*, 46, 65-68.
- Roeltgen, D. (1985), Agraphia. In: Heilman, K. & Valenstein, E. (eds.): *Clinical Neuropsychology*. New York, Oxford University Press. pp. 75-93.
- Shallice, T. (1981), Phonological agraphia and the lexical route in writing. *Brain*, 104 : 21-49.

IV. 2^e article - Neuropsychologia (soumis Octobre 2003)

**Reading and writing to dictation in Spanish speakers:
How is it affected and how does
it progress in Alzheimer's disease?**

Enriquez-Rosas, A. ^{1,3}; Ska, B ^{2,3} ; Habib, M. ⁴; Lecours, A.R. ³.

Département de Psychologie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal ¹

École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine, Université de Montréal ²

Centre de recherche, Institut universitaire de gériatrie de Montréal ³

C. H. U. La Timone - Marseille ⁴

Adriana Enriquez-Rosas


Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal

4565, chemin Queen-Mary, bureau B-0363

Montréal (Québec) H3W 1W5

CANADA

+1 (514) 340-2800 poste 2816

+1 (514) 340-2828 télécopieur

ABSTRACT

Patients with probable AD are reported to show difficulties spelling to dictation irregular words since the first stages of the disease while reading aloud seems still preserved. In order to understand more about these difficulties and the deterioration of both abilities over time we present a longitudinal multiple single cases study which documents the deterioration of reading aloud and writing to dictation in seven Spanish speakers patients with probable Alzheimer's disease (AD) and seven age - and education - matched control subjects. Participants read and wrote a list of words of varying phonological transparency as well as pseudowords. Effects of length, frequency and word abstractness are also documented. Different patterns of evolution were seen across patients. They manifest a significant impairment in writing to dictation, while the ability to read the same items aloud is relatively less affected and remains stable. However, in cases where writing is very impaired, a significant deterioration is seen in reading. Regularity and frequency effects were observed across reading and writing. A preserved capacity to write pseudowords was observed in AD across assessments. Difficulties treating irregular words were observed in both groups; however, it was significantly higher in the AD group. A language regularity effect is discussed.

Keywords: longitudinal; deterioration; word-frequency; pseudowords; dictation; word-length; language-regularity.

1. INTRODUCTION

Alzheimer's disease (AD) is a degenerative disease characterized by cognitive deterioration. Oral language has been studied extensively in AD, in contrast to writing and reading abilities. Although there are cases where language is affected in the first stages of the disease, it is common for patients to present a progressive specific deterioration in written language that is more evident than the deterioration in oral language (learning of writing and reading skills occurs later in development and is much more complex). This deterioration may occur even in the beginning stages of the disease's evolution, where deterioration with oral language may be mild or even absent, whereas disturbances in written language are more advanced (Appel, Kertesz & Fisman, 1982; Croisile, Carmoi, Adeleine & Trillet, 1995a). It appears that agraphia is an early manifestation of the disease, is often more severe than other language difficulties, and is often correlated with disease severity and cognitive impairment (Cummings, Houlihan & Hill, 1986; Horner, Heyman, Dawson & Rogers, 1988; Henderson, Buckwalter, Sobel, Freed & Diz, 1992).

The last decade has seen increasing interest in the creation of cognitive models to explain the processing of linguistic information when reading and writing words. These models are considered "dual-route models" because they hypothesize the involvement of two systems: the lexical system and the phonological system (Roeltgen, 1985; Shallice, 1981). These two systems process different word types, regular and irregular words. Regular words or phonologically transparent words have the simplest orthography, and a predictable and direct phoneme-grapheme correspondence, obeying the most frequent correspondence rules; their pronunciation correspond to their written form (e.g., dress). Irregular words or phonologically opaque words on the other hand, have an irregular phoneme-grapheme correspondence; that is, their pronunciation does not correspond to their written form, which is irregular (e.g., touch).

"Dual-route" cognitive models help us analyze how words are processed in writing and reading. In the case of writing, the lexical system activates the retrieval of the whole word's phonological representation and translates it to its graphemic form. In the case of reading, this system activates visual recognition of the whole word and translates it to its corresponding global phonological form. This lexical route is used for writing or

reading familiar regular words and irregular words. The phonological (sublexical) system, on the other hand, permits the segmentation of a word according to phoneme-grapheme (in the case of writing) or grapheme-phoneme (in the case of reading) conversion rules; it is used primarily to process low frequency regular words and pseudowords with regular characteristics (Roeltgen, 1985; Shallice, 1981; Coltheart, Curtis, Atkins & Haller 1993).

Orthographies with a one-to-one phoneme-grapheme correspondence, or nearly so, are called superficial or regular orthographies. Orthographies with multiple correspondence patterns, or “many-to-many” orthographies, are known as deep or irregular orthographies (Katz & Feldman, 1983). Some languages are more irregular than others. For example, Spanish is basically regular for reading, but in writing there are a few exceptions to this one-to-one correspondence. English has an irregular system for reading and for writing, French has an irregular system for reading and even more so for writing. In Spanish, if a subject knows a few orthographic rules and a few exceptions, it is possible for him/her to read correctly, even without understanding. However, writing to dictation without understanding the meaning of the word or its orthography is more difficult. Nevertheless, this task is not as difficult as it is in English or French.

The manner in which the different writing systems represent spoken language has been recognized as one of the relevant variables in learning and processing reading and writing, as well as in disturbances in these systems (Katz & Feldman, 1983; Lecours, 1996). Research on reading and writing disturbances has been carried out primarily in English and French. However, although these languages employ the same alphabetic system as Spanish, they use different orthographic conventions.

In order to explain the evolution of reading and writing in DAT patients, dual-route models are used. Studies in dictation (spelling) in French- and English-speaking AD patients (Croisile et al., 1995a; Croisile, Brabant, Carmoi, Lepage, Aimard & Trillet, 1996; Platel, Lambert, Eustache, Cadet, Dary, Viader & Lechevalier, 1993; Rapcsak, Arthur, Bliklen & Rubens 1989), suggest that deterioration of spelling abilities comprises three phases. The first phase involves lexical agraphia (degradation in the lexical system), meaning that the spelling representation of words has been lost;

however, patients may still rely on the phonological spelling system. Consequently, pseudowords and regular words are spelled better than irregular words, and errors are phonologically plausible. The second phase is characterized by deterioration in the phonological system, leading to an increase in phonological errors and phonemically implausible spelling errors. The third phase is a peripheral process involving the occurrence of graphomotor difficulties. AD patients also suffer from a particular fragility in the representation of low frequency words, as well as an effect of word length relative to control subjects (Croisile et al., 1995a).

We found no studies carried out with Spanish-speaking AD patients. However, a longitudinal study of 23 Italian AD patients (Italian is considered an even more regular language system than Spanish) revealed multiple patterns of agraphia, and no transition from surface to phonological dysgraphia, but rather a non-specific progression of the impairment at the sub-word level, suggesting a possible independent decline of the two spelling routes (Luzzatti, Laiacona & Agazzi, 2003).

On the other hand, some studies with French- and English-speaking AD patients report that one cognitive task that appears to escape, or at least resist long-term, the damaging effects of AD is oral reading. It has consistently been found that oral reading ability is relatively preserved even in the late stages of the illness. Nelson & McKenna (1975) found in their study of oral reading in dementia that the patients continue to read not only words with regular grapheme-phoneme correspondences, but also irregular words. In longitudinal case studies of English-speaking AD patients, Raymer and Sloan (1995) and Lambon, Ellis & Franklin (1995) observed that the patients were capable of reading irregular words without having access to their meaning, while semantic disturbances were evident and worsened over time. Moreover, a longitudinal study carried out with three Japanese AD patients (Sasanuma, Sakuma & Kitano, 1992) revealed that even in the late stages of the disease, these subjects were able to correctly read aloud kanjis, which are processed via the lexical route, despite the fact that they did not have access to their meaning. Longitudinal studies have demonstrated that impairments in oral reading become apparent in the late stages of the disease (Fromm, Holland, Nebes & Oakley, 1991). Patterson, Graham & Hodges (1994) found that AD patients have impairment in reading lower frequency exception words, and attribute this deficit to a breakdown in semantic memory. In contrast, Glosser, Grugan &

Friedman (1999a) reported a greater abnormality in the reading regularity effect than in the spelling regularity effect; they suggest that the source of the apparent deficit may be within the visual processing system, rather than in a central orthographic or phonological processing module.

Turning now to comprehension, Cummings et al. (1986) demonstrated that the ability to read words aloud appears to be independent of cognitive deterioration, while reading comprehension is correlated with dementia severity. The Glosser et al. (1999a) study is one of the very few studies comparing reading and spelling of regular, ambiguous and exception words in English-speaking AD patients; they also included two reading and writing tasks that do require access to semantic information. They found that AD patients performed slightly below controls in all tasks and showed mild regularity effects in reading and spelling. They concluded that the mild alexia and agraphia in AD reflect semantic deficits and nonlinguistic impairments, rather than a specific disturbance in lexical orthographic processing.

There exist few studies examining deterioration in writing in regular languages, nor of impairment of both reading and writing abilities in the same AD patients. The concept of regularity leads us to the focus of the present study. Here we examine language disturbances in AD patients who speak a more regular language, as Spanish is generally considered to be. We consider it of interest to evaluate both reading aloud and writing to dictation, in the same group of patients and using a similar evaluation protocol in order to compare both the patients' abilities and their progression over time. We found no other studies evaluating impairments in both writing and reading and detailing their appearance and progression over time. The present study can improve our understanding of the disintegration of written language in both modalities, the point at which these impairments occur and their evolution over time in Spanish AD patients.

In this study we use a specific protocol evaluating both reading and writing skills in Spanish created by Lecours, Peña-Casanova, and Diéguez -Vide (1998), and based on Lecours's (1996) cognitive model. This model claims that all words containing an opaque irregular sublexical component, referred to as heterophonic homographs (different pronunciation but the same graphemes) or homophonous heterographs

(different graphemes with the same pronunciation), cannot be processed by conventional rules, but rather must be stored in memory in either the logographic entry or exit lexicon, depending on the case. Pseudowords may be written or read via the sublexical conversion route, and regular words can be read or written using either of these routes or even both routes in parallel, as can sublexically irregular but high frequency words.

Diéguez-Vide, Peña-Casanova, Bohm and Lecours (1998) claim that written Spanish is a transparent alphabetic system, to a point; that is, grapheme-phoneme relations are generally transparent. However, they claim that in Spanish the regularity is false. They propose the existence of two major types of irregularity in Spanish. The first type is words that have an “homographic heterophonous sublexical component”, such as foreign-origin words which are part of the lexicon; for example, the grapheme “j” in “judo” {’djuðo} versus “judío” {xu’ðio}. The second type is words that have a “homophonous heterographic sublexical component”, such as {ji, gi} in “girasol” [xira’sol] and “jinete” [xi’nete]. Obviously, there also exist many regular words as “camino”, where there is a one-to-one grapheme-phoneme correspondence.

We present here a longitudinal multiple case study of seven AD patients and six elderly subjects who served as control subjects. Subjects were evaluated according to the cognitive model and the protocol evaluation of reading and writing skills in Spanish proposed by Diéguez-Vide et al. (1998). This study aimed to characterize and document across three consecutive assessments the deterioration of writing to dictation and oral reading of phonologically opaque words, phonologically more transparent words and pseudowords, as well as examining the effect of length, frequency and degree of abstractness. We hypothesized that in Spanish the deterioration in writing begins, as in other languages, with a perturbation in the lexical route, followed by deterioration at the phonological level; however, this deterioration at the phonological level is probably less marked than in other languages because of the supposed regularity of the language (the more frequent use of and consequent reliance on the phonological route). We also hypothesized that there would be an effect of word frequency, where high frequency words will be written better than low frequency words. A length effect is also expected, where longer words will be more affected than shorter words. Likewise, we expect an effect of degree of abstractness, where abstract words are more affected

than concrete words as reported in previous studies. Finally, we hypothesized that an impairment in reading aloud will manifest itself later in time due to the language's transparency, and that, when it appears, it will follow the same pattern seen in written language.

2. METHODS

2.1 Subjects

Seven subjects with a clinical diagnosis of probable AD according to the NINCDS-ADRDA criteria (McKhann et al., 1984) took part in this longitudinal study (one patient, EP7, participated only in the first assessment and died a few months later). The subjects' ages ranged from 65 to 80, and they had between 9 and 24 years of formal education. They were evaluated in three consecutive assessments at 8-month intervals. At the time of entry into the study, four of these subjects manifested an impairment that was considered to be mild (MMSE between 22 and 25) and three manifested an impairment that was considered moderate (MMSE between 17 and 20). This study was conducted in Mexico, and we could not find more patients in a mild stage, as we had initially hoped to do. This is possibly due to cultural factors: patients' families do not consult a physician when they start seeing changes in their relatives' functionality and cognitive level, as is done elsewhere. Rather, they tend to consider these changes as normal deterioration with ageing, so patients are diagnosed when the disease is already more advanced. However, all of our patients had a history of progressive cognitive impairment, including memory loss and impairment in at least one additional cognitive function; all continued to live at home. They all were diagnosed with probable AD 6 to 12 months before participating in the present study. All subjects were right-handed and were native Spanish speakers. Details about these patients are provided in Table 1. AD participants were compared to a group of 6 healthy controls of between 65 and 80 years of age and with 9 to 24 years of formal education. These subjects had no history of neurological, psychiatric or medical problems. Details are provided in Table 2.

Table 1. - AD patients

Patient	Age	Education	Sex	MMSE (1 st Ass.)	MMSE (2 nd Ass.)	MMSE (3 rd Ass.)
EP1	65	24	M	22	19	17
EP2	80	16	M	24	25	22
EP4	73	12	F	17	13	10
EP5	65	10	F	24	17	19
EP6	79	9	F	20	19	18
EP7	75	20	M	19	-	-
EP8	73	13	F	24	23	21

Table 2. - Control Subjects

Control	Age	Education	Sex	MMSE (1 st Ass.)	MMSE (2 nd Ass.)	MMSE (3 rd Ass.)
EC1	76	19	M	30	30	29
EC2	75	23	M	30	29	30
EC3	65	24	M	30	30	30
EC4	65	15	F	29	29	29
EC5	80	15	F	29	30	30
EC6	75	9	F	30	30	29

2.2 Tasks

Dementia severity was evaluated using the MMSE (Folstein et al., 1975). A neuropsychological battery was administered to all AD and control subjects. This was designed to assess major cognitive functions: language (oral comprehension and naming, verbal fluency, oral and written discourse production), visual gnosis, constructional abilities, attention and verbal and non-verbal memory (Joanette et al., 1994, 1995, translated and adapted to spanish by the first author). This confirmed the deterioration of more than one cognitive function and fulfilled the NINCDS-ADRDA criteria.

2.2.1 *Writing to dictation and reading aloud words and pseudo-words*

Patients and controls were asked to write a list of words that was dictated to them, and to read aloud a separate list of words. The list comprised homographic-heterophones of differing degrees of transparency, homophonous-heterographs and pseudowords,

following Diéguez-Vide et al.'s (1998) evaluation protocol, adapted to Mexican Spanish by the first author of the present study (i.e., Enriquez-Rosas). The words used in the writing to dictation task were divided into five types, and pseudo-words were also included. The words used in the reading aloud task were divided in two groups, as well as pseudo-words, and oral production was tape-recorded. Below we describe the stimuli and offer hypotheses for how each word type is read and written, following Lecours's (1996) model:

a) Writing tasks

Type 136 words: 20 homographic-heterophonous, foreign-origin, monomorphemic noun targets, phonologically opaque with a non-frequent sublexical component, (e.g., “judo” [ˈdjuðo]), and 16 control words with the same sublexical component with a more frequent pronunciation (e.g. “judío” [χuˈðio]). The targets must be lexicalized in order to be written.

Type 60 words: 35 homophonous-heterographic, phonologically opaque, monomorphemic target words (e.g., “girasol” [xiraˈsol]), and 25 control words containing a syllable with the same pronunciation but a more frequent sublexical component (e.g., “jirafa” [xiˈrafa]). Controls are matched to targets in frequency, grammatical category, and literal, graphemic and syllabic structure. The task includes words that allow comparisons among letters and syllables which have the same pronunciation in Spanish, such as se/ce/ze, si/ci/zi (in Mexico, in contrast to Spain, these syllables have the same pronunciation [θe] or [θi]), je/ge, ji/gi, qui/ki, cu/ku, b/v; that is, their pronunciation is the same but the written form can be different. The targets must be lexicalized in order to be written.

Three more subgroups were included in the writing task, in order to evaluate the false regularity exhibited in written Spanish. They are words for which the conversion rule is learned at school, and they can be read, but not always written, using these conversion rules. Thus, these words are phonologically more transparent than the phonologically opaque words from the other categories, but they are not regular for writing. The task includes three sub-categories, with comparisons such as ge /gue, gi/gui, their pronunciation is

different when “g” is followed by letter “u” and ga/go/gu pronunciation is always [ɣ], and for ce/ci the pronunciation is always [s] and for ca/co/cu is [k] and for the syllables za/zo/zu is [s].

Type 1r: 17 monomorphemic words with the same sublexical component, but different frequencies (e.g., for “ge”, “germen” (frequency=12) versus “general” (frequency=162); for “gi”, “frágil” (frequency=6) versus “dirigir” (frequency=82)).

Type 2r: 13 monomorphemic words with the same sublexical component, but different frequencies (e.g., for “gue”, “gueto” (frequency = 0) versus “guerra” (frequency = 186); for “gui”, “guía” (frequency = 20) versus “guitarra” (frequency = 8)).

Type 1r and 2r: 17 monomorphemic words with the same sublexical component but of different frequencies (e.g., for “ce”, “ceniza” (frequency = 8) versus “centro” (frequency = 114); for “ci”, “sociedad” (frequency = 92) versus “paciencia” (frequency = 21) Writing can be done via the lexical route.

Pseudowords: 10 trisyllabic pseudowords with a one-to-one grapheme-phoneme correspondence, such as “rofuerga”. Pseudowords are written via the sublexical route.

b) Reading tasks

The first group of stimuli in the reading task consisted of the 36 words in the “type 1” list used in the writing task; these are considered phonologically opaque words, and must be lexicalized to be read. The second group of stimuli in the reading task consisted of the 60 words of the “type 2” list used in the writing task. While these words are opaque for writing, for reading they are considered phonologically transparent or regular. Reading these stimuli does not require lexicalization; they are processed via the sublexical route. The third group of stimuli in the reading task consisted of the 10 pseudowords used in the writing task; they are processed via the sublexical route for writing as well as for reading.

The stimuli were presented on a computer screen and they disappeared as soon as the subject started reading them. Oral production was recorded.

c) Writing and reading tasks

The effect of frequency, length and abstractness in reading and writing was also evaluated with 60 additional words, divided as follows:

Frequency: 20 monomorphemic, concrete, monosyllabic or bisyllabic nouns (10 high-frequency and 10 low-frequency). e.g. “siglo” versus “trigo” (frequency 293 versus 18).

Length: 20 monomorphemic, concrete nouns matched for frequency: 10 long words (4 or 5 syllables) and 10 short words (monosyllabic); e.g.. “sor” versus “herramientas” (frequency for both is 7).

Abstractness: 20 monomorphemic, bi- or trisyllabic nouns matched for frequency and literal, graphemic and syllabic structure, 10 concrete and 10 abstract; e.g., “gato” (frequency 20) versus “gasto” (frequency 30).

2.3 Scoring

Errors were counted and classified using Lecours’s (1996) error classification:

Verbal paralexia or paraphasia:

The replacement of the stimulus word by another that has no semantic, phonological, or orthographic relation to the target word (e.g., “jardín” for “además”).

Verbal semantic paralexia or paraphasia:

The replacement of the target word by a word that is related in meaning (e.g. “hoy” for “ayer”).

Verbal formal paralexia or paraphasia:

The replacement of the target word by another word that is related formally (e.g. “cierro” for “ciervo”).

Verbal semantic and formal paralexia or paraphasia:

The replacement of the target word by another word that is related both semantically and formally (e.g. “dolor” for “doctor”).

Morphological paralexia and paragraphia:

When an affix or a root from the target word is replaced (e.g. “menor” for “mayor”, “edición” for “editorial”).

Graphemic paragraphia or phonologically accurate error:

One or more of the target word’s graphemes is replaced, following conventional grapheme-phoneme conversion rules. One or various graphemes potentially representing the same or a similar phoneme may be substituted (e.g. “ginete” [xi’nete] for “jinete” [xi’nete], “vizicleta” [biθi’kleta] for “bicicleta” [biθi’kleta]).

Literal Paragraphia or phonologically inaccurate error:

Deviations from the target that do not conform to conventional grapheme-phoneme conversion rules. These were divided in two groups: a) single letter-errors, that is, errors where a single letter was substituted, added, omitted or transposed, or omission or addition of accents (e.g. “merjilla” for “mejilla”); b) multiple letter errors, that is, complex combinations of letter errors, where the target can be identified (ex. “caredelio” for “calendario”).

Neologisms:

Entities where the intended word cannot be identified.

Phonemic paralexia:

Deviations where the target can be recognized, but the pronunciation differs from the target by: a) one phoneme (omission, addition, displacement, substitution), e.g. [ko’plexo] for [kom’plexo]; or b) multiple errors, e.g. [amoni’mable] for [aβomi’naβle].

Regularisations:

Occurs when reading irregular words. It consists of assigning to the target word a phonologically plausible reading for the graphemic representation, but an incorrect reading for the word in question, e.g. “queso” [‘kueso] instead of [‘keso].

Lexicalizations:

Occurs when pseudowords are transformed into real words; e.g., the pseudoword “compoles” [kom’poles] is transformed into a real word “compones” [kom’pones].

Illegible response:

When the written representation cannot be decoded (motor or graphemic problem).

2.4 Error type analysis

Using Lecours's (1996) list of different error types, a cognitive neuropsychologist with a specialization in speech pathology and the first author each analyzed the errors committed by AD and control subjects. When doubts or suggestions arose, they were discussed and resolved by consensus; this consensus is used when reporting results. This approach was very important because of the difficulties inherent in classifying error types in both writing and reading performance.

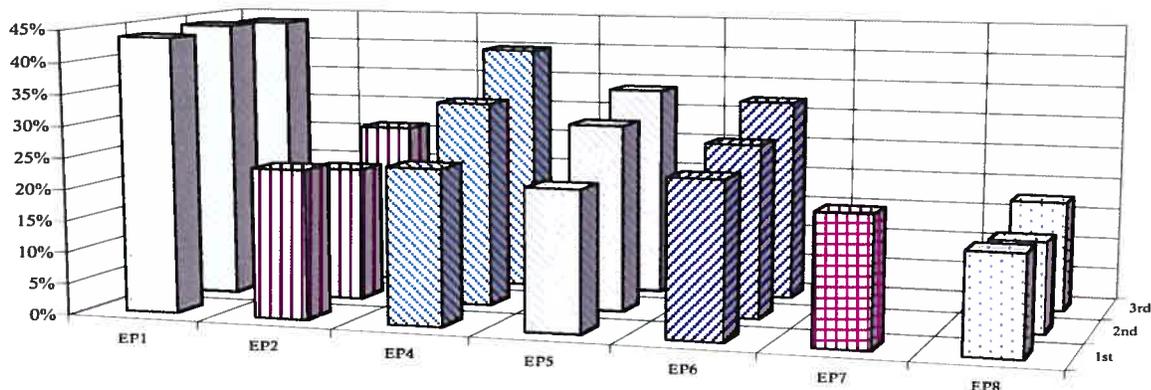
3. RESULTS

3.1 Writing words and pseudowords to dictation

3.1.1 *Error percentages*

The results of a general analysis of error rates in writing words (phonologically opaque and phonologically more transparent) and pseudowords to dictation are shown in Figure 1. It can be seen that all patients committed errors from the first assessment; however, the error rate differed across patients, ranging from 15% to 43% in the first assessment. Six of the seven patients had error rates between 15% and 24%; SP8 had the lowest error rate (15%) while EP1 had the highest (43%). It can also be seen that each patient's error rate increases across the three assessments, some more than others. EP2 and SP8 had the lowest increase over this period of time (between 2% and 3%) while patients EP4, EP5 and EP6 had the greatest increase (between 12% and 15%). EP1 has the highest error rate across the three assessments, but his performance remains stable over time.

Figure 1. - Total percentage of errors in writing per patient per assessment



We now move on to examine how errors are distributed by word type in the first assessment and how this evolved across the three assessments.

For each word type there was a set of targets and a set of control items (matched control words with the same sublexical component with a more frequent pronunciation, or with the same pronunciation but a more frequent sublexical component). In order to observe the differences between these sub-groups in patients' results, we analyzed error rates in the word targets and their control words. We found that, for all patients and in all assessments, the targets had higher error rates than their matched control words.

Specifically, in order to assess the error distribution by word type, we analyzed the AD and control subjects' error rates for target and control words. This analysis was based on Lecours's (1996) hypotheses about how the different word types are processed. They were analyzed as follows:

- a) Phonologically opaque or irregular words, which must be lexicalized in order to be written:
 - 1) foreign-origin words;
 - 2) Spanish irregular words that cannot be processed via conversion rules;

- b) Phonologically more transparent words (can be processed via the lexical route in writing): word types 1r, 2r and 1r/2r.
- c) Pseudowords, processed by the sublexical route in writing.

Patients' and control subjects' results by category and assessment are given in figure 2. In the first assessment, AD subjects manifested higher error rates in phonologically opaque words, including foreign-origin words and irregular Spanish words, and to a lesser extent in phonologically more transparent words. Even though a clear difference can be seen between the two groups' performances, AD patients' error rates on foreign-origin words ranged between 60% and 80% in the first assessment; EP5 and EP7 had the highest error rates in the foreign-origin words, both manifesting error rates of 90%. It is clear that control subjects also had difficulty with this type of word sub-group, with error rates of between 10% and 55%. Patients' and controls' performances on irregular Spanish words (Type 2) are also clearly differentiated; just one patient (SP8=15%) performed similarly to the controls, and AD patients' errors rates ranged between 15% and 40%, while the controls' errors rates ranged between 3% and 18%.

With the exception of one patient (EP1), AD patients' results on the phonologically more transparent target words (1r, 2r, 1r/2r) in the first assessment were more similar to controls' than were the results for the phonologically opaque words. Moreover, when we compare error rates for phonologically more transparent target words and their matched control, we see many more errors on the target words in both groups: for AD patients, error rates for target words ranged between 19% and 34% (except for EP7 who had 7%) and error rates for control words between 5% and 20%; for the control group, error rates for target words ranged between 7% and 23%, and error rates for control words between 0% and 5% (except for EC4 who had 10%).

Results from the first assessment show that patients' and controls' error rates for pseudowords overlapped (both groups' error rates ranged between 0% and 20%, except for patient EP1 who had an error rate of 30%); there is no difference between AD and control subjects in the first assessment.

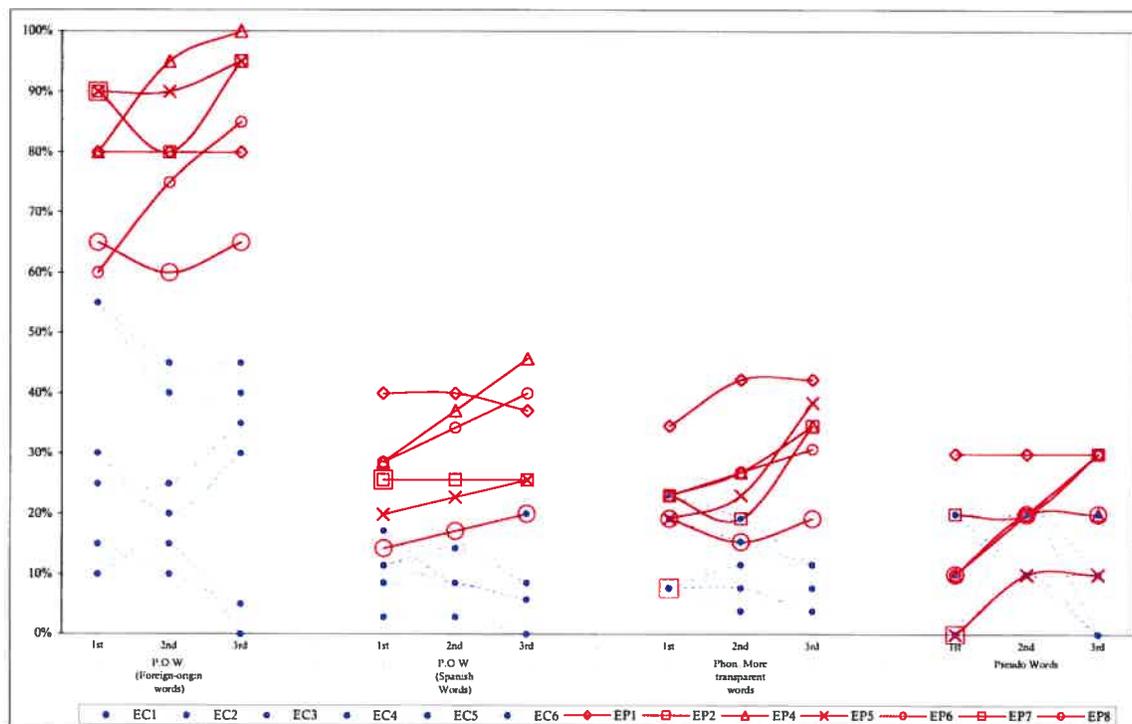
In order to compare the patients with the controls as a group in this first evaluation, we used non-parametric statistics. A Wilcoxon test showed that performance on foreign-

origin words was significantly worse than performance on their control words, for both subject groups (Wilcoxon Test: $Z=-2.201$ for the AD group and $Z=-2.207$ for the control group, $p<.05$ for both groups). Likewise, a Wilcoxon test demonstrates that performance on phonologically more transparent words was significantly worse than on their matched controls, for both subject groups (Wilcoxon Test: $Z=-1.997$ for the control group and $Z=-2.201$ for the AD group, $p<.05$ for both groups).

Another Wilcoxon test showed that performance on foreign-origin words was significantly worse than performance on irregular Spanish words for both subject groups ($Z=-1.992$ for the control group and $Z=-2.201$ for the AD group, $p<.05$ for both).

A Mann-Whitney U test showed a significant difference between the two subject groups on phonologically opaque words in the first evaluation (foreign-origin words $U=.000$, $p<.01$ and irregular Spanish words $U=1.500$, $p<.05$). A Mann-Whitney U test likewise showed a significant difference between the two subject groups in the phonologically more transparent words in the first assessment ($U=4.500$ $p<.05$). Patients could not be distinguished from controls on the basis of their performance on pseudowords.

Figure 2. - Percentage of errors in target written words of patients and controls:
Phonologically opaque words : foreign-origin words and Spanish irregular words,
Phonologically more transparent words and pseudowords. Longitudinal



The results over this period of time (figure 2) show that in the second and third evaluations, the patients' profiles vary considerably. However, one pattern was seen across four of the six patients. These patients (EP1, EP2, EP5 and SP8) showed either a small increase (7% or less) in error rates for writing phonologically opaque words, or no increase at all; however, they had the highest error rates in the first assessment (except for SP8 who had the lowest across the three assessments, a stable 65% for the foreign-origin words and a small increase of 7% for the Spanish irregular words). The other two patients showed a greater increase in the error rate for these words (from 80% to 100% for the foreign-origin words and from 29% to 46% for the Spanish words for EP4, and from 60% to 85% for the foreign-origin words and from 29% to 40% for the Spanish irregular words for EP6).

All patients showed an increase in errors in phonologically more transparent words across the three assessments, except SP8, who remained stable. However, patients EP1, EP2, EP4 and EP6 showed a small increase (7% to 11%) whereas EP5 showed a

greater increase over this period of time (19%). Although patient EP1's performance is quite different from those of the other patients, his error rate is higher for all word types. AD patients and controls showed small changes in error rates for the pseudowords; the patients' error rate increased slightly over this period of time (EP1 remained stable, EP2, EP4, EP5 and SP8 increased by 10% and EP6 by 20%), but none of the patients had an error rate higher than 30% in the pseudo-words. The controls' remained stable or decreased over time. Moreover, none of the control subjects had an error rate higher than 20% in this category.

The non-parametric Wilcoxon test showed that performance on foreign-origin words was significantly worse than performance on matched controls in the second and third assessment for AD patients, and only in the second assessment for controls (Wilcoxon Test: $Z=-2.201$ in the second and third assessment, $p<.05$ for the AD group and $Z=-2.201$, $p<.05$ for the control group in the second assessment). A second Wilcoxon test showed that performance on foreign-origin words was significantly worse than on Spanish irregular words in the second assessment for control subjects, and the second and third assessment for AD patients ($Z=-2.201$ for the control group in the second assessment, $Z=-2.201$ and $Z=-2.214$ for the AD group in the second and third assessment respectively, $p<.05$ for all analyses).

A Wilcoxon test showed that phonologically more transparent words had significantly higher error rates than their matched controls in the second and third assessments for both subject groups (Wilcoxon Test: $Z=-2.207$ for the control group in the second assessment and $Z=-2.232$ in the third and $Z=-2.201$ for the AD group in the second and the third assessments, $p<.05$ for both groups in all assessments).

A Mann-Whitney U test was used to compare the two subject groups' performance over time. A significant difference was found in phonologically opaque words in the second and third assessments (foreign-origin words $U=.000$, $p<.01$ in both assessments and irregular Spanish words $U=.000$ in the second assessment and $U=.500$ in the third $p<.05$). Likewise, a significant difference was found in performance on phonologically more transparent words in the second and third assessments ($U=2.000$ in the second and $U=.000$ in the third assessment, $p<.01$ and $U=.000$ $p<.01$ in both assessments).

Patients could not be distinguished from controls on the basis of their performance on the pseudo-words.

Overall, AD patients' performance deteriorated across assessments. This appears to be the case for all patients. However, they do not deteriorate to the same degree nor are the patterns of deterioration the same. AD patients EP4 and EP6 show a greater deterioration than the remaining patients across assessments in the phonologically opaque words. It appears that there is a minimal deterioration over this period of time for the phonologically opaque words (foreign-origin words and Spanish words) for patients EP1, EP2, EP5, and SP8. However EP1, EP2 and EP5 already had the highest error rates for the foreign-origin words in the first evaluation. Deterioration in the phonologically more transparent words is more pronounced over this period of time for EP2, EP4 and EP5, while EP1's error rate was the highest for this category from the first evaluation. That is, for all patients, phonologically opaque words (foreign-origin words and Spanish irregular words) were already impaired in the first assessment relative to phonologically more transparent words (1RA, 2RA, 1RA/2RA), but over the course of time, the deterioration patterns are not homogeneous. Concerning the pseudo-words, only one patient showed a 20% increase in his error rate over time; the remaining patients' performances were similar to the control group performances.

3.1.2 *Effect of frequency, length and degree of abstractness*

A clear effect of frequency was seen for both subject groups. In high frequency words, AD patients committed no errors in the first assessment. In the second and the third assessments, only one patient, EP5, committed one error (10%). In contrast, for low frequency words, all seven AD patients committed errors in the first assessment, while just two of the controls committed errors (10%). Deterioration is seen over this period of time for some patients (EP4, EP5 and EP6), while the remaining patients stayed stable. The few controls that did commit errors had a maximum error rate of 10% (i.e., one item) in any given assessment. A Mann-Whitney U test showed a significant difference between AD patients and control subjects for low frequency words across the three assessments (U=4.500, in the first assessment, U=3.000 for the second assessment and U=2.000 for the third assessment, $p < .05$ for the three assessments). The AD group performed significantly worse on the low frequency words than on the high frequency

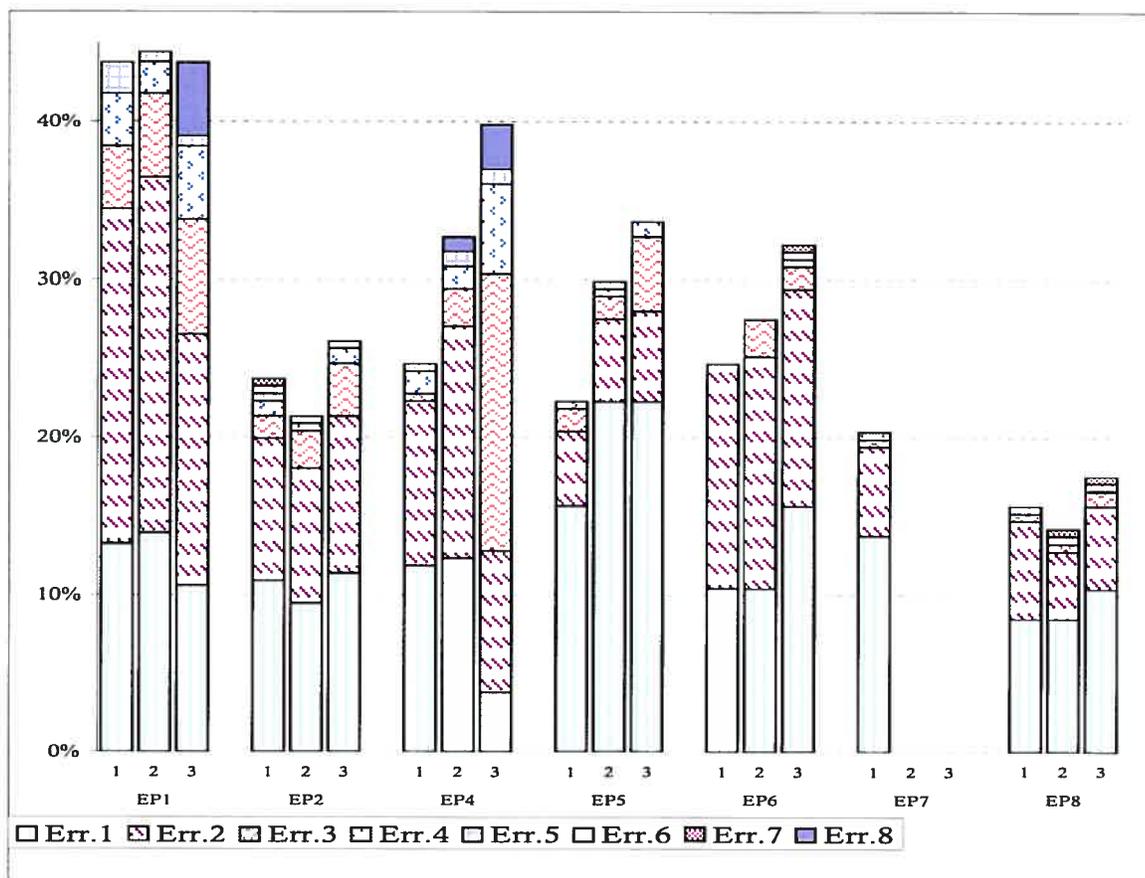
words in all three assessments (Wilcoxon Test: $Z=-2.070$ first assessment, $Z=-2.041$ second assessment and $Z=-2.032$ third assessment, $p<.05$ in the three cases).

Neither length effect nor abstractness effect was observed for either subject group in the writing tasks.

3.1.3 *Error types*

In order to observe the nature of the spelling errors, we classified them by type. They were classified as follows: graphemic paraphasias (phonologically accurate errors) (error type #1); literal paraphasias (phonologically inaccurate misspellings), divided into single-letter errors (error type #2) and multiple-letter errors (error type #3); neologisms (error type #4); verbal paraphasias (error type #5); morphological paraphasias (error type #6); lexicalizations (error type #7); and illegible responses (error type #8). Figure 3 shows the percentage of errors and correct answers for the seven patients across the three assessments.

Figure 3. - Percentage of type of errors in written words and pseudowords
(per patients per assessment)



The most frequent error type for patients in the first assessment was graphemic paraphasias (phonologically accurate errors), followed by literal paraphasias or phonologically inaccurate misspellings (single-letter errors); the exception was EP1, who showed a higher percentage of literal paraphasias or phonologically inaccurate misspellings (single-letter errors) than graphemic paraphasias. Across the three assessments, different patterns in error type could be observed. EP2, EP5, EP6, and SP8 experienced an increase in phonologically accurate errors, but nevertheless they were not present in the same proportion as in the first evaluation, due to a small increase in other error types. Graphemic paraphasias increase over time, as do single-letter phonologically inaccurate misspellings (literal paraphasias). Moreover, some of the four patients mentioned above also began to commit multiple-letter phonologically inaccurate misspellings as well as a few neologisms and morphological paraphasias.

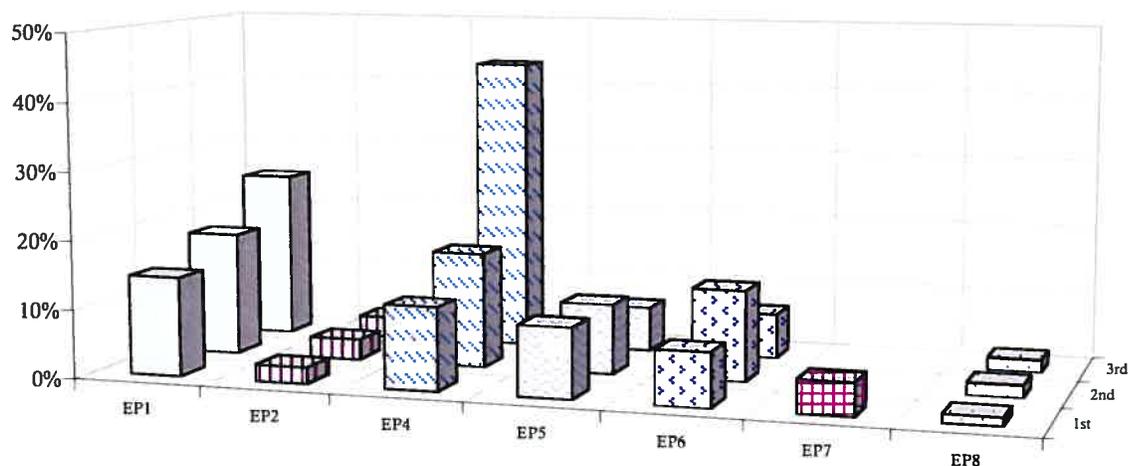
In contrast, from the first assessment patient EP1 showed a higher proportion of literal paraphasias (single-letter phonologically inaccurate misspellings, followed by multiple-letter phonologically inaccurate misspellings), neologisms and verbal paraphasias, rather than phonologically accurate misspellings (graphemic paraphasias). These errors increased over this period of time and in the third evaluation we also observed illegible responses. Patient EP4 manifested almost the same proportion of phonologically accurate misspellings (graphemic paraphasias), and literal paraphasias (single-letter phonologically inaccurate misspellings) in the first assessment, and the proportion of multiple-letter phonologically inaccurate misspellings increased greatly in the second and third assessments. A substantial proportion of neologisms (compared to the other patients), illegible responses and a few lexicalizations were also seen. The errors that control subjects committed were primarily phonologically accurate errors, followed by some phonologically inaccurate errors that appeared mostly in the foreign-origin words and pseudo-word dictation.

3.2 Reading aloud of words and pseudo-words

3.2.1 *Error percentages*

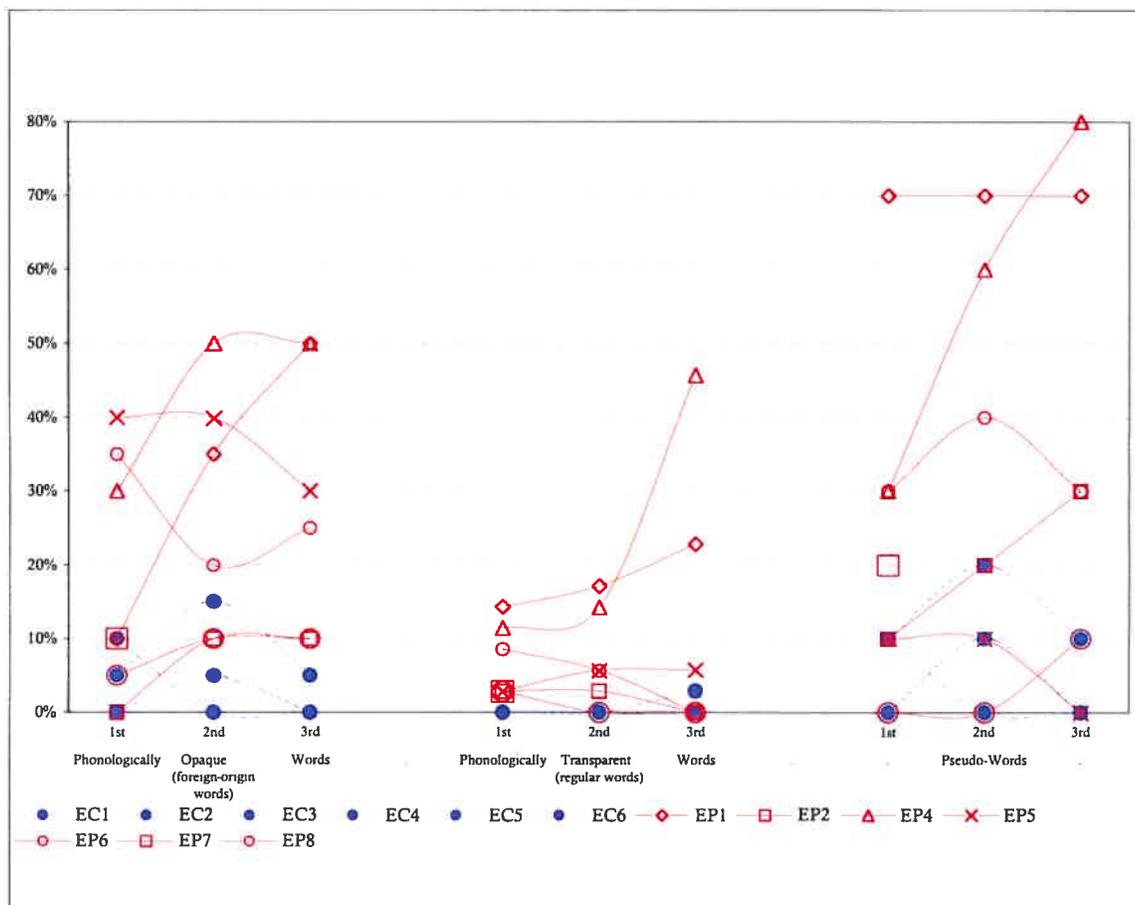
We conducted a similar analysis of patients' results in reading aloud words and pseudowords. AD patients' error rates across the three assessments are shown in Figure 4. It can be seen that the error rate in reading is very low compared to that in writing. However, we can observe two patterns: five of the seven patients have an error rate of between 2% and 10% in the first assessment, while in the first assessment patients EP1 and EP4 have error rates of 12% and 14.5% respectively. We do not see the same profile across the three assessments in the patients. Patients EP1 and EP4 show a consistent increase in error rate across assessments; this increase was very high for patient EP4 (from 12% to 43%). However, the remaining five patients show some variability across the three assessments, but there is no consistent increase in their error rates.

Figure 4. - Total percentage of errors in reading per patient per assessment



This leads us to the question of how the errors are distributed by word type in the first assessment and how this distribution evolves across the three assessments. In order to examine error distribution by word type, as in the analysis of written words, we analyzed AD patients' and control subjects' error rates for target and control words. This analysis was based on Lecours's hypotheses about how the different types of words are processed: 1) phonologically opaque/irregular (foreign-origin) words must be lexicalized in order to be read; 2) phonologically transparent/regular words, considered to be irregular Spanish words in writing but not in reading, can be processed for reading via conversion rules as well as the 3) pseudowords, processed by the sublexical route for reading. Patients' and control subjects' results in each category of the target words, in each assessment and across the three assessments, are given in figure 5.

Figure 5. - Percentage of errors in reading aloud target words of patients and controls:
Phonologically opaque words: Foreign-origin words, phonologically transparent words and pseudowords
Longitudinal



When the AD subjects' results in the first assessment are compared to those of controls, we see that three of the AD patients (EP4, EP5 and EP6) have the highest error rates (30-40%) in phonologically opaque (foreign-origin) words, while the remaining four patients (EP1, EP2, EP7 and SP8) exhibit control-like performance (0% to 10% error rates). Controls committed no errors in reading phonologically transparent (regular) words, while four patients (EP2, EP5, EP7 and SP8) had control-like error rates (3%) and the remaining three patients (EP1, EP4 and EP6) committed more errors (14%, 11% and 9% respectively).

In reading pseudowords, four AD patients (EP2, EP5, EP7 and SP8) exhibited control-like performance in the first assessment (error rates of between 0% and 10%), while two of the remaining three patients (EP4 and EP6) committed more errors (30%) and one patient (EP1) was very impaired in this task (error rate of 70%).

We used a Wilcoxon test to compare word targets with their controls in the AD and control groups for the first assessment results. Word targets did not differ significantly from their controls, neither for phonologically opaque nor for phonologically more transparent words. A second Wilcoxon test used to compare the AD group performances in phonologically opaque and phonologically transparent words found no significant differences between these two word classes in the first assessment. A Mann-Whitney U test also did not find a significant difference between the AD and control subjects in the first assessment, neither in the phonologically opaque (foreign-origin) words, the phonologically transparent/regular words nor the pseudowords.

The results over this period of time (given in figure 5) show differences in the patients' profiles in the second and third assessments. In phonologically opaque (foreign-origin) words, EP2 and SP8 exhibit only very small increases in their error rates, and their performance continues to appear similar to that of control subjects (error rates of up to 10%). Control subjects' error rates either remained stable or decreased. Two patients (EP1 and EP4) showed a substantial deterioration (10% to 50% and 30% to 50% respectively). EP5 and EP6, on the other hand, each showed a 10% decrease in errors (40% to 30% and 35% to 25% respectively). In the phonologically transparent items, EP4 showed the greatest increase in errors (from 11% to 46%) and EP1 showed a smaller increase (from 14% to 23%). The remaining four patients (EP2, EP5, EP6 and SP8) showed only very small changes, mostly decreases in their error rates.

In reading of pseudowords, longitudinal results showed that three of the AD patients (EP2, EP5 and SP8) manifested control-like performances (error rates between 0% and 20%, except EP2, who had an error rate of 30% in the third assessment). One patient (EP6) remained stable (30%), whereas EP4 showed the greatest increase over this period of time (from 30% to 80%). EP1 also remained stable, but his error rate was also higher than the other patients' even in the first assessment (70%).

We used a non-parametric Wilcoxon test to compare the word targets with their matched controls in the AD group; error rates were significantly higher for foreign-origin words than for their matched control words in the second and third assessments (Wilcoxon Test: $Z=-2.207$ in the second and third assessment, $p<.05$). This effect was not found in the control group. A Wilcoxon test comparing AD subjects' performances in phonologically opaque (foreign-origin) and phonologically transparent words showed significantly higher error rates in the former word class than in the latter in the second and third assessments ($Z=-2.201$ in the second assessment and $Z=-2.207$ in the third assessment, $p<.05$). This effect was also not found in the control group.

A Mann-Whitney U test used to compare patients' performance to that of controls longitudinally revealed a significant difference between the two subject groups in phonologically opaque (foreign-origin) words in the second and third assessments ($U=2.000$ and $U=.000$ $p<.01$) but not in the phonologically transparent words. A significant difference between the two groups in pseudoword performance was found only in the third assessment ($U=5.000$, $p<.05$). However, when the same analysis was conducted excluding patients EP1 and EP4, the groups were not significantly different.

3.2.2 *Effect of frequency, length and abstractness*

Non-parametric tests revealed no effect of frequency, length and abstractness in AD patients' nor in controls' performance in reading aloud. However, a length effect was observed in two patients (EP1 and EP4), who showed an increase in their error rate over this period of time (with poorer performance on long words) as well as a frequency effect (poorer performance on low frequency words).

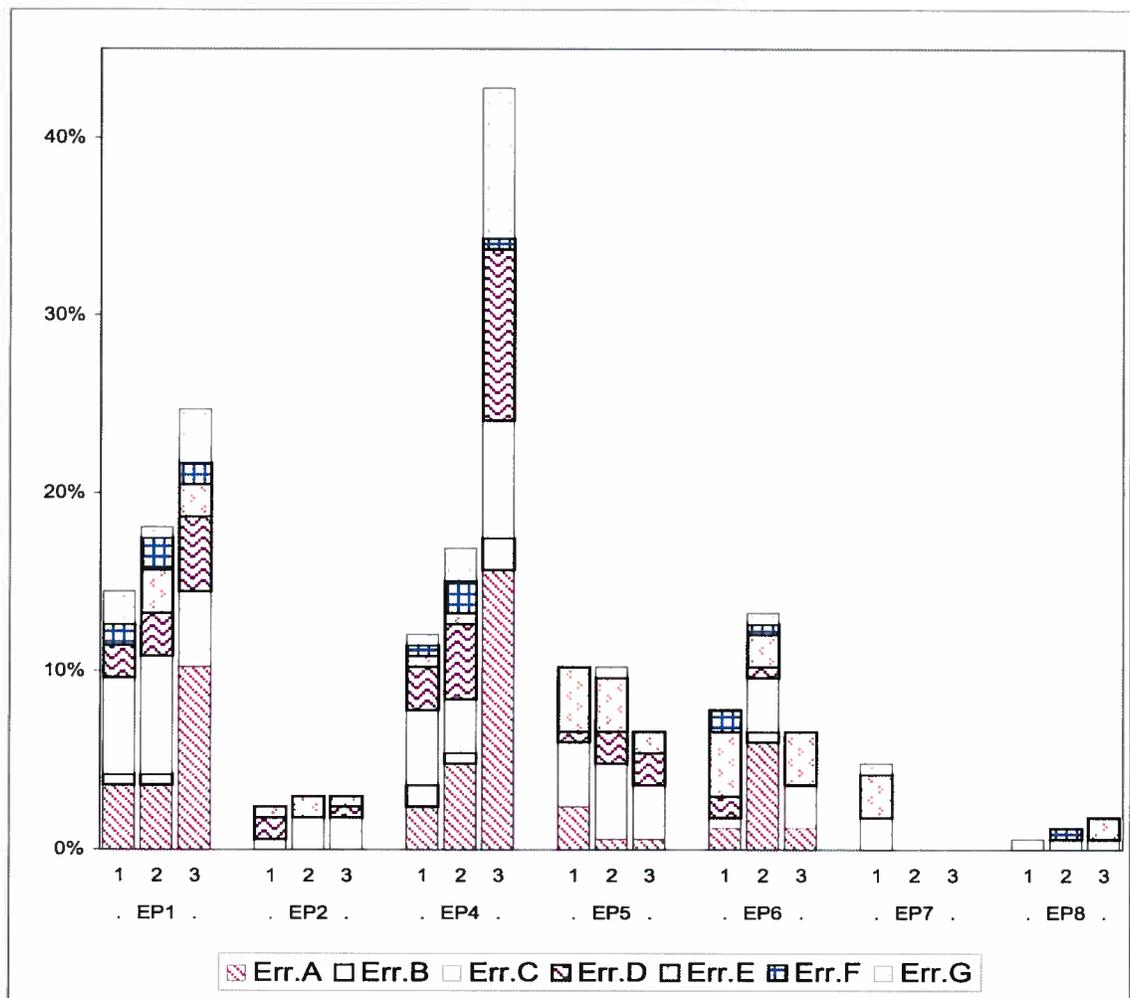
3.2.3 *Error types*

Errors were classified as verbal formal paralexias (error type A), verbal formal and semantic paralexias (error type B), phonemic paralexias, either single-letter (error type C) or multiple-letter (error type D), regularizations (error type E) lexicalizations (error type F) and neologisms (error type G) . Figure 6 shows the percentage of errors and correct answers in the six patients across the three assessments. Error type varied across patients. However, some patterns were observed. Patients EP1 and EP4, who had the highest error rates in the first assessment and across the three assessments, committed many verbal formal paralexias (as did patient EP6) and manifested an increase in this

error type over time. Likewise, for both patients there was an increase in single and multiple-letter phonemic paralexias, regularizations (particularly for patient EP1), neologisms and lexicalizations in pseudowords reading.

The remaining patients committed single-letter phonemic paralexias (error type C), and regularizations (error type E) both in the first assessment and across the three assessments. As can be seen in figure 6, the proportions differed across patients. The few errors committed by controls were primarily single-letter phonemic paralexias in pseudoword reading and regularizations in reading foreign-origin words.

Figure 6. - Percentage of type of errors in reading aloud words and pseudowords (per patients per assessment)



4. DISCUSSION

Objective of this study

As indicated above, there do not exist many studies analyzing deterioration in written language in languages considered regular, such as Spanish, which has a regular pattern in reading but exceptions to this apparent one-to-one correspondence in writing. Moreover, to our knowledge there exist no studies examining deterioration in both reading and writing in the same group of AD patients. In the present study we examined the disturbances that appear in the written language of AD patients and a healthy elderly control group. The specific objective of this study was to characterize and document longitudinally the deterioration of writing to dictation and oral reading of phonologically opaque words, phonologically more transparent words and pseudowords in Spanish-speaking AD patients and a healthy elderly control group, as well as to characterize the effect of length, frequency and abstractness.

General performances and deterioration patterns in AD patients and healthy elderly subjects in writing to dictation and reading aloud

Our results demonstrate that AD patients suffer a significant impairment in writing to dictation relative to healthy elderly subjects, this writing impairment in AD manifests itself from the earliest stages of the disease, given that errors are observed as early as the first assessment. In our study; in general, patients make more errors than do controls in writing both, phonologically opaque words and phonologically more transparent words (but still not completely transparent words). This result is similar to previous studies results examining languages considered to be irregular, such as French and English, which have demonstrated that written language disturbances appear in the earliest disease stages (Appel et al., 1982; Croisile et al., 1995a; Lambert, et al., 1996; Platel et al. 1993, Rapcsak et al., 1989).

We see a clear difference between the two groups in writing phonologically opaque words (foreign-origin words as well as Spanish irregular words). Even that the control group committed a substantial number of errors in writing phonologically opaque words, especially foreign-origin words; it was the AD group which committed the greatest number of errors in writing phonologically opaque words, both types, foreign-origin words as well as Spanish irregular words. We observed an effect of orthographic

regularity in the writing tasks. The phonologically opaque words were the worst performed in both groups. This result, concerning the AD is similar to previous studies results examining languages considered to be irregular, such as French and English, the authors suggest that deterioration in spelling abilities in AD begins with a lexical agraphia (Appel et al., 1982; Croisile et al., 1995a; Lambert, et al., 1996; Platel et al., 1993, Rapcsak et al., 1989). The control group's performance will be analyzed in more detail later in this discussion.

The AD group and the control group also commit errors in writing phonologically more transparent words (but still not transparent words) but this occurred in a less proportion in the control group than in the AD group. In contrast, the error rate for pseudowords is significantly lower in both groups and across the three assessments. This pseudowords results does not permit us to confirm the postulate that the lexical agraphia is followed by a deterioration in the phonological system as reported in previous studies with French and English populations (Appel et al., 1982; Croisile et al., 1995a; Lambert, et al., 1996; Platel et al., 1993, Rapcsak et al., 1989). This results could possible be because we follow the patients in a short period of time. As reported in other studies, we do not observe one and only pattern of deterioration in our results and no a clear transition from surface to phonological dysgraphia, suggesting a possible independent decline of the two spelling routes (Luzzatti, et al., 2003).

Concerning the performance in the reading aloud task, we found that patients' ability to read aloud phonologically opaque and transparent words, as well as pseudowords, is relatively less affected than their ability to write these items; this ability remains stable in AD even when writing to dictation is already affected. These findings are compatible with previous longitudinal studies, which have demonstrated that impairment in oral reading becomes apparent in the late stages of the disease (Fromm, et al., 1991). However, it seems that in cases where writing to dictation is very impaired (patients EP1 and EP4), the capacity to read aloud manifests a clear and significant deterioration and this occurs in all word categories and in pseudowords. The healthy elderly subjects' ability to read aloud phonologically opaque and transparent words, as well as pseudowords, remains stable over time. Furthermore, this multiple single case study analysis suggested the existence of different patterns across patients in the deterioration of both reading and writing to dictation. We observed that the AD patients who

committed the highest number of errors in the first assessment were the same patients who showed the greatest deterioration over time.

The AD patients manifested a frequency effect in writing words, as has been reported in previous studies, suggesting that the representation of low-frequency words is particularly vulnerable in AD patients. In contrast, neither subject group manifested a length effect nor an abstractness effect in reading aloud and writing words, as reported previously (Croisile, Adeleine, Thierry, Aimard & Trillet, 1995b). However, two patients showed a length effect in reading aloud.

Similarities between AD patients and healthy elderly subjects in writing to dictation and reading aloud: a possible “language regularity effect”

Our analysis of the performance of the Spanish-speaking subjects revealed some interesting effects in the control group’s results; we describe these below and offer a possible explanation.

First, the control group also manifested difficulties with phonologically opaque words; this was particularly true while writing foreign-origin words, but was also seen to a certain extent with irregular Spanish words as well as phonologically more transparent words (but still not completely transparent). Second, there was no significant difference between AD patients and controls in reading and writing pseudowords in any of the three assessments.

a) A generalized difficulty with phonologically opaque words in the AD patients as well as in the healthy elderly subjects.

It has been shown that the orthographic structure of a language is crucial in determining how dyslexic and dysgraphic syndromes are manifested (Katz & Feldman, 1983; Caravolas, 1993; Frost, 1994). It seems that it is the irregularity of the orthographic structure of a language that forces an individual to learn the spelling of particular words and to store the orthographic representation of each word. Apparently, the more regular the orthographic structure of a language, the less speakers need to rely on orthographic knowledge to access the correct spelling of a word. Ardila, Rosselli & Pinzón (1989) suggest that in the case of Spanish,

considered a phonological writing system, the development of a lexical strategy for reading and writing is not necessary, since speakers can rely on the phonological (sublexical) system. Dual-route cognitive models provide a possible explanation of how words are processed. In the case of writing, the lexical system activates the retrieval of the phonological representation of the whole word and translates it to its graphemic form. In the case of reading, this system activates visual recognition of the whole word and translates it to its corresponding global phonological form. This lexical route is used for writing or reading familiar regular words and irregular words.

In our results, we observed that our control group showed a high error rate in writing phonologically opaque words (i.e., foreign-origin words), and a smaller but still significant error rate in writing irregular Spanish words. However, patients' performance on this word type was significantly worse than that of controls. The foreign-origin words are not hispanicized, but they do form part of the mental lexicon of the speaker, who is likely to have seen them written in various places. As mentioned above, in order to evaluate the ability to process irregular words, we used foreign-origin words and Spanish irregular words. Even if these foreign-origin words are in the speaker's mental lexicon, they do not originate from the speaker's language and the results of writing and reading them must be considered with caution, since Spanish speakers do not often read or write these word types. The existence of errors in the control group's results in writing Spanish irregular words and phonologically more transparent (but still not completely transparent) words leads us to postulate the possible existence of a "lexical system" in Spanish that performs more poorly than a sublexical system. This is present both in healthy control subjects and, to a greater degree, in AD patients, who cannot rely on the phonological or sublexical system to process this type of word.

More precisely, in writing phonologically opaque words, the AD group committed primarily phonologically accurate errors, followed by single-letter phonologically inaccurate misspellings. In writing Spanish irregular words, the control group also committed phonologically accurate errors, but when writing foreign-origin words, mostly, their type of errors appeared to reflect an attempt to respect the correct orthography and access the whole word (e.g. "hockey" written as "hokey"), whereas patients' phonologically accurate errors writing this type of words (foreign-words)

appear to reflect an attempt to use phoneme-grapheme conversion rules (e.g. “hockey” written as “joqui”). This was the case across the three assessments. Over time, the AD group’s error rate increased, but the type of error changed: they began to commit more phonologically inaccurate misspellings (both single- and multiple-error), neologisms and morphological paraphasias. In contrast, the control group’s error rate remained stable or decreased over this period of time (phonologically accurate errors) and concerning the foreign-words, the type of errors that they continued to commit reflect a clear attempt to respect the correct orthography and access the whole word; we suggest that they were attempting to access the words’ orthographic representations via the lexical route, a strategy apparently not used by the AD group.

In previous studies (Croisile et al., 1995a; Croisile et al., 1996; Lambert, et al., 1996; Platel et al. 1993, Rapcsak et al., 1989; Enriquez-Rosas et al., submitted) with populations that speak French or English, which are considered irregular languages, control subjects did not manifest difficulties in writing phonologically opaque words; they performed almost at ceiling in writing this type of word. Thus, the difference between those populations, speakers of a language considered “regular” and speakers of languages considered “irregular”, suggests that speakers rely more on one route or the other (lexical versus sublexical) when processing written words, depending on how regular the language is. In this case, speakers of a language considered “regular” manifest a general tendency to apply conversion rules, even when attempting to write phonologically opaque words. In contrast, speakers of a language considered “irregular” do not show this tendency to apply the conversion rules.

b) A preserved capacity to read and write pseudowords in AD patients and healthy control subjects.

Dual route models posit that the phonological (sublexical) system permits the segmentation of a word according to phoneme-grapheme (in the case of writing) and grapheme-phoneme (in the case of reading) conversion rules; it is used primarily to process low frequency regular words and pseudowords with regular characteristics (Roeltgen, 1985; Shallice, 1981; Coltheart et al., 1993). As mentioned above, Spanish is considered a regular language; it appears that, the more regular a language’s orthographic structure, the less speakers need to rely on orthographic knowledge to

access the correct spelling of a word. Spanish is considered a phonological writing system and a reliance on the phonological (sublexical) system is suspected (Ardila et al., 1989). Previous studies report that AD patients in the early stages of the disease manifest a preserved ability to write pseudowords, and deterioration occurs in the more advanced stages of the disease, when the phonological route is also affected (Glosser, Kohn, Sands, Grugan & Friedman, 1999b; Croisile et al., 1995a; Lambert, et al., 1996; Platel et al., 1993, Rapcsak et al., 1989).

In the present study, we observed similar and low error rates in the two subject groups in writing pseudowords to dictation as well as reading them across the three assessments. It can be seen that there is no difference between the performance of AD patients and that of the control group in writing pseudowords in any assessment. If each patient's results are examined individually, we see that error rates increased across the three assessments just for two of the patients, whereas control subjects' error rates remained stable or decreased over time; however, the difference between the two groups was not statistically significant, not for writing nor for reading (only in the reading third assessment the AD group was different from the control subjects when the analyses included the two patients who were very deteriorated while reading all type of stimuli, otherwise, the difference among the groups was not statistically significant). We conclude from the results reported here that, in our Spanish-speaking population, including both groups, there exists an apparent reliance on the phonological system while writing and reading, allowing our AD patients to maintain the ability to write pseudowords until the disease course is quite advanced. When these results are compared with the results obtained in English- and French-speaking populations (Glosser, Kohn et al., 1999b; Croisile et al., 1995a; Lambert et al., 1996; Platel et al., 1993, Rapcsak et al., 1989), they report a deterioration in the ability to write and to read pseudowords in AD patients compared to the healthy elderly group; and this deterioration has been related with dementia severity across assessments in the longitudinal studies.

A final remark of a possible "language regularity effect"

Comparing the present results with those obtained in a previous longitudinal study (Enriquez-Rosas et al., submitted) with French-speaking AD patients and healthy elderly subjects using a similar protocol in both languages created by Lecours (1996)

and a similar methodology. We note that the French control group manifested difficulties in writing pseudowords, which was not the case for our Spanish control group. It was also observed that the French control subjects did not manifest difficulties in writing phonologically opaque words; they performed almost at ceiling in writing this type of word while our Spanish control group showed a high error rate in writing phonologically opaque words (foreign-origin words), and a smaller but still significant error rate in writing irregular Spanish words. In the light of those results, we suggest the possibility that the French speakers “irregular language” may rely more on the lexical route and the Spanish speakers “more regular language” may rely more on the sublexical route. However, in the light of those results, we suggest that there is a need for further studies of the deterioration of writing skills occurring in AD among languages with different degrees of “regularity”.

Dementia severity and written language deterioration

Previous studies suggest that agraphia is an early manifestation of the disease, is often more severe than other language difficulties, and is correlated with disease severity and cognitive impairment (Cummings et al., 1986; Horner et al., 1988; Henderson et al., 1992). The patients in our group did not show the same performance in MMSE scores across the three assessments, three patients performance had a small decline or remain relatively stable (EP2, EP6, SP8) while the other three showed a decline ranged from four to seven points. Nevertheless, we cannot claim that increase in dementia severity, as indicated by the MMSE, was always correlated with the increase in severity of the reading and/or writing impairment. Patients EP1 and EP4, who manifested the greatest deterioration in writing to dictation show the highest degree of deterioration in the MMSE: scores over the course of the three assessments, EP4's score dropped from 17 to 10, EP1's from 22 to 17 and EP5's from 24 to 20. However, patient EP1 was the one who manifested the greatest difficulties in writing and reading from the onset of the study and it was not him who had the lowest performance in the MMSE score. The patient who had the lowest MMSE score in the first assessment was EP4 and his performance (writing and reading) was not the most deteriorated at the beginning of the study, although over the course of the three assessments he had the greatest deterioration in the MMSE score and in the reading and writing performances. Analyzing EP1 performances from the beginning of the study, two points are important to mention. He had the highest level of education from all the patients (24 years), and

as is known, subjects with a high level of education can perform better in the MMSE evaluation compared with a low level of education subjects. It has been suggested (Caramelli, Poissant, Gauthier, Bellavance, Gauvreau, Lecours & Joannette, 1997) that a high level of education may lead to a greater capacity to compensate for neuronal damage; thus, these differing patterns of impairment may be representative of differing compensatory strategies. When reviewing EP1 difficulties in the MMSE and in the neuropsychological battery we observed an important deterioration in his visuo-constructive abilities, he showed a constructive apraxia and visuo-perceptual difficulties since the first assessment, so these cognitive functions could affect his performance when writing as well as when reading. We cannot consider AD patients as one homogeneous entity at the cognitive level when examining reading and writing impairments. Our patients' longitudinal deterioration demonstrates the existence of different cognitive profiles for inter- and intra-cognitive functions, as reported by Joannette et al. (1992, 1993).

We will like to mention that longitudinal measures of writing to dictation and reading allow us to pinpoint more precisely the evolution of linguistic abilities over time in AD, in contrast to transversal studies that with only one measure pretend to establish hypothesis concerning evolution patterns in a degenerative disease as AD. As we observed in our results and in other studies (Luzzatti, C. Laiacona, M. & Agazzi, D. 2003), different evolution patterns may appear over time in patients that may look similar in the first stages of the disease.

Conclusion

We suggest that AD patients who speak languages with differing written systems may manifest different types of reading and writing deterioration and patterns of evolution. It is possible that languages with different degrees of "regularity", that is, orthographies with "multiple correspondence patterns" versus those with "one-to-one correspondence", or almost, do not show the same deterioration patterns or evolution. These language differences may also be observed when comparing AD patients' performances with those of healthy elderly subjects who speak the same language. These two groups may manifest similar or differing patterns when processing written words and pseudowords, and this may differ across languages. There is a need for further studies of the deterioration of writing skills occurring in AD among languages

with different degrees of "regularity". This will allow a better understanding of the deterioration that occurs in these complex cognitive tasks, and may constitute an important measure that offers valuable information in the evaluation and diagnosis of AD in the early stages.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank to the "Universidad de Guadalajara" and the "Secretaría de Educación Pública" for their economic support given to the first author. Also to the institutions in Mexico City that kindly referred patients: "Instituto Nacional de Nutrición", "Instituto Nacional de Neurología" and "Casa Alzheimer". We express our deepest gratitude to the patients and control subjects for their time and invaluable cooperation.

The first author would like to express her gratitude to Dr. André. Roch Lecours, for his invaluable guidance and for sharing his knowledge and precious time. In addition, would like to express her deepest appreciation to Dr. Bernadette Ska for making this article a reality, to Dr. Michel Habib for his contribution and insightful remarks, to Beatriz Mejía for reading beyond words and to Francine Giroux for making the research data speak.

REFERENCES

- Appel, J. ; Kertesz, A. & Fisman, M. (1982). Study of Language Functioning in Alzheimer patients. *Brain & Language*. 17 : 73-91
- Ardila, A. Rosselli, M. & Pinzón, O. (1989) Alexia and agraphia in Spanish speakers: CAT correlations and interlinguistic analysis. In Ardila, A., Ostrosky-Solis, F. (Eds.) *Brain Organization of Language and Cognitive Processes*. N.Y.: Plenum Press.
- Caramelli, P., Poissant, A. Gauthier, S. Bellavance, A., Gauvreau, D., Lecours, AR. & Joannette, Y. (1997). Educational Level and Neuropsychological Heterogeneity in Dementia of Alzheimer Type. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*. 11(1), 9-15.
- Caravolas, M. (1993). Language-specific influences of phonology and orthography on emergent literacy. In J. Altarriba (Ed.) *Cognition and culture: Across culture approach to psychology*. New York: Elsevier, 177-205.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P. & Haller, M. (1993). Models of reading aloud : Dual route and parallel-distributed processing approaches. *Psychological Review*, 100, 589-608.
- Croisile, B.; Carmoi, T., Adeleine, P. & Trillet, M. (1995a). Spelling in Alzheimer's Disease. *Behavioural Neurology*. 8. 135-143.
- Croisile, B.; Adeleine, P.; Carmoi, T.; Aimard, G. & Trillet, M. (1995b). Évaluation de l'orthographe dans la maladie d'Alzheimer. *Revue the Neuropsychologie*. 5 (1), 23-51.
- Croisile, B; Brabant, MJ; Carmoi, T; Lepage, Y; Aimard, G; Trillet, M. (1996). Comparison Between Oral and Written Spelling in Alzheimer's Disease. *Brain and Language*. 54, 361-387.
- Cummings, JL.; Houlihan, J; Hill, M. (1986). The Pattern of Reading Deterioration in Dementia of the Alzheimer Type: Observations and Implications. *Brain and Language*, 29, 315-323.
- Dieguez-Vide, F., Peña-Casanova, J., Bohm, P. & Lecours, A.R. (1998). Palabras del español escrito. In: Lecours, A.R., Peña-Casanova, J., Diéguez-Vide, F. *Dislexias y Disgrafias: Teoría, formas clínicas y exploración*. Ed. Masson.

- Enriquez-Rosas, A., Ska, B., Habib, M. & Lecours, A.R. (submitted). Reading aloud and writing to dictation in French speakers: How is it affected and how does it progress in Alzheimer's disease?. *Brain & Language*.
- Folstein, MF., Folstein, SE. & Mc Hugh, PR. (1975). Mini-mental state: a practical method of grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*. (12), 189-198.
- Fromm D., Holland, AL., Nebes, RD, Oakley, MA (1991). A longitudinal study of word-reading ability in Alzheimer's disease: evidence form the National Adult Reading Test. *Cortex* 1991; 27: 367-76.
- Frost, R. (1994). Prelexical and postlexical strategies in reading: Evidence from a deep and shallow orthographies. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. (20) 1, 116-129.
- Glosser, G., Grugan, P., Friedman, RB. (1999a). Comparison of Reading and Spelling in patients with Probable Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*. 13 (3): 350-358.
- Glosser, G., Kohn, SE., Sands, L., Grugan, PK. & Friedman, RB. (1999b). Impaired spelling in Alzheimer's disease: a linguistic deficit?. *Neuropsychologia*, 37 (7), 807-15.
- Henderson, V.W.; Buckwalter, J.G.; Sobel, E.; Freed, D.M.; Diz, M.M. (1992). The Agraphia of Alzheimer's Disease. *Neurology*. 42, 776-784.
- Horner, J; Heyman, A; Dawson, D; Rogers, H (1988). The Relationship of Agraphia to the Severity of Dementia in Alzheimer's Disease. *Archives of Neurology*, 45, july, 760-763.
- Joanette, Y ; Ska, B. ; Poissant, A. & Béland, R. (1992). Neuropsychological aspects of Alzheimer's Disease : Evidence for inter and intra - function heterogeneity. In : *Heterogeneity of Alzheimer's Disease*. Boller, F. ; Forette, F. (eds.). New York : Springer, Verlag. pp. 33-42.
- Joanette, Y; Melançon, L; Ska, B, Lecours, A.R. (1993). Hétérogénéité des profils cognitifs dans les démences de type Alzheimer: Aspects théoriques et conséquences cliniques. *L'Union Médicale du Canada*, 420-426, 1993.
- Joanette, Y., Belleville, S., Lecours, A.R., Peretz, I., Poissant, A. & Ska, B. (1994). Evaluación neuropsicológica de la demencia : sistemática óptima. In : del Ser Quijano, T., Peña-Casanova, J., eds. *Evaluación Neuropsicológica y funcional de la demencia*. Barcelona : J.R. Prous editores, 117-126.
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., Belleville, S., Lecours, A.R. & Peretz, I. (1995). Évaluation neuropsychologique dans la démence de type Alzheimer : un compromis optimal. *Année gérontologique (suppl Maladie d'Alzheimer)* ; 2, 69-83.
- Katz, L. & Feldman, L. (1983) Relation between pronunciation and recognition of printed words in deep and shallow orthographies. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9(1), 157-166.
- Lambert, J; Eustache, F; Viader, F; Dary, M; Rioux, P; Lechevalier, B. (1996). Agraphia in Alzheimer's Disease: An independent lexical impairment. *Brain and Language*. 53, 222-233
- Lambon Ralph, M; Ellis, A & Franklin, S (1995). Semantic Loss Without Surface Dislexia. *Neurocase*. 1, 363-369.
- Lecours, A.R. (1996). Langage Écrit: Histoire, théorie et maladies, Molinghem: Ortho-éd.
- Lecours, A.R., Peña-Casanova, J., Diéguez-Vide, F. (1998). *Dislexias y Disgrafias: Teoría, formas clínicas y exploración*. Ed. Masson.
- Luzzatti, C. Laiacona, M. Agazzi, D. (2003). Multiple patterns of writing disorders in dementia of the Alzheimer type and their evolution. *Neuropsychologia*, 41 (7): 759-72.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D. & Stadlan, EM. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer disease. *Neurology* (34), 939-944.
- Nelson & McKenna, P., (1975). The use of current reading ability in the assessment of dementia. *British Journal of Social and Clinical Psychology*, 14, 259-267.
- Patterson, K; Graham, N; Hodges, J (1994). Reading in Dementia of the Alzheimer Type: A Preserved Ability?. *Neuropsychology*, 8, 395-407.
- Platel, H., Lambert, J., Eustache, F., Cadet, B. Dary, M., Viader, F. & Lechevalier, B. (1993). Characteristics and evolution of writing impairment in Alzheimer disease. *Neuropsychologia*, 31, 1147-1158.

- Rapcsak, S.; Arthur, S.; Bliklen, D. & Rubens, A. (1989). Lexical agraphia in Alzheimer's disease. *Archives of neurology*, 46, 65-68.
- Raymer, A; Sloan, B. (1995). Reading Lexically Without Semantics: Evidence from Patients with Probable Alzheimer's Disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2, 340-349.
- Roeltgen, D. (1985), Agraphia. In: Heilman, K. & Valenstein, E. (eds.): *Clinical Neuropsychology*. New York, Oxford University Press. pp. 75-93.
- Sasanuma, S; Sakuma, N; Kitano, K. (1992). Reading Kanji without Semantics: Evidence from a Longitudinal Study of Dementia. *Cognitive Neuropsychology*. 9, 6, 465-486.
- Shallice, T. (1981), Phonological Agraphia and the lexical route in writing. *Brain*, 104 : 21-49.

V. DISCUSSION GÉNÉRALE

Lors de l'évaluation neuropsychologique ou orthophonique de patients suspectés de présenter une DTA, il est courant d'observer la présence de fautes d'orthographe dans l'écriture de mots sous dictée. Ces fautes ne peuvent être expliquées uniquement par des problèmes d'inattention ou d'un oubli. Souvent, les membres de la famille confirment avoir observé ces difficultés concernant l'orthographe, entre autres, lors de l'écriture d'un chèque, de la liste d'épicerie ou d'un message téléphonique sans toutefois faire un lien avec la maladie. Du côté des patients, la prise de conscience de problèmes à l'épreuve d'écriture sous dictée est souvent suivie d'explications simples ou de justifications comme : «je n'écris pas souvent», «je n'ai jamais été bon en orthographe», etc.

Actuellement, peu de travaux se sont intéressés à l'effet spécifique de la DTA sur la détérioration de la lecture et de l'écriture. En particulier, ces travaux ne se sont pas basés sur des modèles théoriques intégrant les processus à la base de la lecture et de l'écriture. De plus, les travaux ont peu pris en considération l'aspect dégénératif de la maladie, donc l'aspect évolutif des manifestations, pas plus que les caractéristiques liées à la langue. Ce sont ces préoccupations qui ont motivé les travaux présentés dans cette thèse.

En effet, l'ensemble des travaux présentés dans cette thèse avait pour but d'étudier en profondeur la détérioration du langage écrit dans la DTA : l'écriture sous dictée ainsi que la lecture à voix haute, et ce, en partant de trois points considérés comme essentiels : décrire les caractéristiques de la détérioration de l'écriture et de la lecture chez les mêmes sujets, analyser l'ordre dans lequel se déroule la détérioration à cet égard et objectiver s'il existe un effet de régularité de la langue lors de la détérioration du langage écrit (français versus espagnol). Ce dernier point constitue un aspect original de la thèse. En effet, aucune étude n'a, à ce jour, comparé l'évolution de la détérioration du langage écrit expressif et réceptif en comparant deux langues différentes du point de vue de la régularité orthographique.

Les objectifs spécifiques de la thèse étaient (à travers l'étude de cas multiples) de :

- a. Caractériser les manifestations cliniques des perturbations du langage écrit, celles de l'écriture ainsi que celles de la lecture et ce, chez les mêmes sujets;
- b. Analyser, par une étude longitudinale, s'il existe un ordre d'apparition des perturbations des différentes composantes impliquées dans la lecture et l'écriture au cours de la période de détérioration ;
- c. Connaître, s'il existe, du point de vue neuropsycholinguistique, des différences entre les détériorations dans un système plutôt régulier d'écriture (espagnol) et dans un système très irrégulier (français) chez les patients atteints de la DTA.

Les études présentées dans cette thèse sont des études de cas multiples qui ont permis, de faire des analyses plus en profondeur sur la détérioration sujet par sujet. Même si ce type d'études limite la possibilité de faire des généralisations, certaines tendances ont cependant été observées entre les sujets, ce qui nous a permis de suggérer l'existence de profils semblables chez nos patients DTA.

Dans les prochains paragraphes, nous allons revenir sur les résultats de notre recherche et leurs implications théoriques.

1. Écriture sous dictée et lecture à voix haute dans les deux langues : système espagnol et français d'écriture.

Nos deux études portaient d'une part sur le groupe de patients DTA francophones et sur le groupe DTA de patients hispanophones et, d'autre part, sur les groupes témoins évalués dans chacune des langues. En ce qui concerne le groupe de patients DTA francophones et le groupe DTA de patients hispanophones, nos deux études ont montré que dès le premier stade de la DTA, il existe des perturbations du langage écrit et ceci survient indépendamment de la langue parlée. En effet, les perturbations sont principalement au niveau de l'écriture sous-dictée. Les deux groupes de patients DTA (francophones et hispanophones) ont manifesté, dès la première évaluation, un effet de régularité orthographique qui est caractérisé par des difficultés à écrire sous dictée les

mots phonologiquement opaques «mots irréguliers» avec la présence principalement d'erreurs du type phonologiquement correct. Un effet de fréquence a également été observé, où les mots de basse fréquence sont moins bien réussis. Ces résultats suggèrent que, dès le stade léger de la DTA, la représentation orthographique des mots est vulnérable, et ceci est plus prononcé pour les mots phonologiquement opaques «mots irréguliers» ainsi que pour les mots de basse fréquence. Donc le lexique orthographique peut être altéré dans la DTA. La difficulté à traiter des mots de basse fréquence pourrait être causée par une altération de la représentation des mots dans le lexique orthographique plutôt que par une difficulté d'accès lexical. Ainsi, la principale constatation lors de la première évaluation des patients francophones et hispanophones a confirmé que la détérioration de l'orthographe commence avec une agraphie du type lexical. Cette détérioration apparaît dès le premier stade de la maladie chez les patients tant en français qu'en espagnol. Ces résultats sont similaires aux études rapportées dans la littérature concernant des langues non régulières comme l'Anglais et le Français (Appel et al., 1982; Croisile et al., 1995a; Croisile, et al., 1996; Lambert, et al., 1996; Platel et al. 1993 & Rapcsak et al., 1989). L'existence possible d'un effet de régularité de la langue sera considérée plus loin en comparant les résultats observés dans les deux langues. L'effet de fréquence dans l'écriture des mots observé dans les patients DTA, francophones et hispanophones est conforme aux résultats d'autres études (Croisile, et al., 1995b); l'écriture des mots fréquents a été mieux réussie que l'écriture des mots de basse fréquence. Cet effet de fréquence a été également observé chez les sujets contrôles. Néanmoins, chez ces derniers, l'effet est moins accentué que chez les patients DTA et ceci est valide pour les deux langues.

Concernant la lecture, nous avons observé qu'en général les processus sont affectés plus tardivement que pour l'écriture. Ces résultats sont compatibles avec la littérature qui rapporte que les perturbations de la lecture sont apparentes dans les étapes plus avancées de la maladie (Fromm, Holland, Nebes & Oakley, 1991). Par ailleurs, on a constaté lors de cette première évaluation, une perturbation de la lecture plus marquée dans les cas où l'agrachie a été considérée comme importante chez un malade et ceci, pour les deux langues, chez les patients DTA francophones et aussi chez les patients DTA hispanophones. Dans ces cas, soit que la détérioration de la lecture apparaît dès les premières étapes de la maladie ou soit que le sujet ait été évalué plus tard dans l'évolution.

Concernant les sujets francophones, les résultats ont montré que les patients DTA souffrent d'une perturbation significative de la capacité d'écrire sous dictée comparée aux sujets normaux et ceci dès le début de la maladie. En général, ils font beaucoup plus d'erreurs que les contrôles écrivant dans l'écriture des mots phonologiquement opaques. Les sujets contrôles produisent très peu d'erreurs dans l'écriture de ce type des mots. De plus, les erreurs des contrôles sont toujours phonologiquement correctes, tandis que les erreurs des patients DTA peuvent être phonologiquement correctes ainsi que phonologiquement incorrectes. Les patients DTA francophones font également des erreurs dans l'écriture des mots phonologiquement plus transparents et des mots réguliers, mais ces erreurs sont proportionnellement beaucoup moins fréquentes que celles des mots phonologiquement opaques. Par ailleurs, en ce qui concerne l'écriture sous dictée des pseudomots, les patients DTA ainsi que les sujets contrôles produisent des erreurs dès la première évaluation (l'évolution de ces profils sera discutée plus loin ainsi que le possible effet de régularité de la langue dans l'écriture de pseudomots).

Concernant la lecture à voix haute des mots chez les francophones, les résultats montrent une performance meilleure que celle de l'écriture. La lecture est, de très loin, moins affectée que l'écriture sous dictée. Par ailleurs, dans les cas où la détérioration de l'écriture est plus avancée, on observe que la capacité de lire est clairement affectée. Finalement, un effet de fréquence dans l'écriture des mots a été observé ainsi qu'un effet de longueur dans l'écriture ainsi que dans la lecture des mots.

En conclusion, en ce qui concerne la première évaluation, les patients DTA francophones en comparaison avec les sujets témoins, ont manifesté un possible effet de régularité orthographique, qui est caractérisé par des difficultés à écrire sous dictée les mots phonologiquement opaques «mots irréguliers». Par ailleurs, en ce qui concerne l'écriture sous dictée des pseudomots, les patients DTA ainsi que les sujets contrôles produisent des erreurs dès la première évaluation. La lecture pour sa part est, de très loin, moins affectée que l'écriture sous dictée dans le groupe des patients DTA francophones.

En ce qui concerne les résultats chez les sujets hispanophones, les patients avec DTA présentent une perturbation significative de l'écriture sous dictée en comparaison avec

les sujets contrôles, cette perturbation se manifeste également à partir de la première évaluation. Les patients font plus d'erreurs que les contrôles en écrivant les mots phonologiquement opaques. Lors de l'écriture de mots phonologiquement plus transparents (mais non totalement transparents), quelques erreurs ont également été observées.

Par ailleurs, chez les sujets hispanophones, les patients DTA ainsi que les sujets contrôles ont manifesté un possible effet de régularité des mots. En effet, l'écriture des mots phonologiquement opaques est moins bien réalisée que l'écriture de mots phonologiquement plus transparents ou que celle de pseudomots dans les deux groupes. Néanmoins, la performance des patients DTA est significativement plus perturbée que celle des contrôles lors de l'écriture des mots phonologiquement opaques d'origine étrangère ainsi que les mots irréguliers de l'espagnol. L'effet de régularité des mots est moins marqué chez les contrôles (la performance du groupe contrôle sera discutée plus loin lors de l'analyse de «l'effet de régularité de la langue»). Il faut souligner que le taux d'erreurs ainsi que le type d'erreurs chez les contrôles sont restés stables tout au long de l'étude tandis que les erreurs des patients DTA ont augmenté de même que le type d'erreurs a varié.

À côté de l'effet de régularité, on a également retrouvé un effet de fréquence, tout autant pour les DTA francophones qu'hispanophones. Les mots de basse fréquence sont moins bien réussis que les mots de haute fréquence. Au contraire des résultats observés chez les sujets francophones, les erreurs dans l'écriture de pseudomots sont très peu nombreuses chez les sujets contrôles ainsi que chez les sujets DTA hispanophones. Ainsi, nos deux groupes d'hispanophones (DTA et contrôles) se ressemblent lors de l'écriture de pseudomots. De plus, ce très faible taux d'erreurs chez les hispanophones est resté stable tout au long de l'étude.

Lors de la lecture à voix haute, chez les sujets hispanophones (lors de la première évaluation), nous avons observé que la capacité des patients DTA à lire les mots phonologiquement opaques, les mots phonologiquement plus transparents ainsi que les pseudomots est peu perturbée comparativement à leur capacité à les écrire. De plus, cette capacité semble rester stable chez les sujets DTA même quand l'écriture sous dictée est déjà affectée. La détérioration de la lecture est survenue quand la

détérioration de l'écriture était rendue très importante et chez un des patients hispanophones qui a présenté des troubles visuo-perceptuels importants. Finalement, nous n'avons pas observé un effet de longueur, ni d'abstraction, ni en écriture ni en lecture pour les mots en espagnol.

2. Perspective longitudinale : ordre d'apparition de la détérioration des différentes composantes de l'écriture sous dictée ainsi que de la lecture à voix haute dans les deux langues.

Le deuxième objectif de l'étude se situe dans la perspective longitudinale et visait à évaluer si à travers le temps chez les patients DTA, il existe un ordre dans la désintégration des différentes composantes impliquées dans la lecture et dans l'écriture. Nos résultats suggèrent l'existence de différentes tendances de détérioration et ce, dans les deux langues. Chez les patients DTA francophones ainsi que les patients DTA hispanophones, la détérioration de la lecture est survenue dans le temps après celle de l'écriture. Cependant, quand il s'agit de lire des mots irréguliers d'origine étrangère chez les hispanophones, la détérioration est moins évidente que celle de l'écriture mais elle est présente et ceci, dès la première évaluation. Nos résultats sont compatibles avec des études longitudinales rapportées dans la littérature qui ont montré que la détérioration de la lecture devient apparente aux stades avancés de la maladie (Fromm, et al., 1991).

Tel que mentionné auparavant, différentes tendances de détérioration ont été observées à la fois chez les patients DTA francophones et chez les patients DTA hispanophones. Nous considérons que les différentes tendances représentent des évolutions distinctes et que celles-ci dépendent également du degré de sévérité de la maladie, des troubles associés et des caractéristiques individuelles. Nous n'avons pas observé chez nos sujets une claire transition d'une agraphie du type lexical vers une agraphie du type phonologique, ce qui, selon quelques auteurs, suggère l'existence d'une possible détérioration indépendante entre les deux voies (Luzzatti, et al., 2003).

En ce qui concerne l'écriture de mots par les sujets DTA francophones et hispanophones, les patients qui ont présenté le nombre d'erreurs le plus élevé dans la première évaluation sont également les patients qui ont montré une détérioration

majeure au cours de la période d'évaluation. Plus précisément, chez les francophones, les patients DTA qui ont montré le pourcentage d'erreurs le plus élevé depuis la première évaluation sont les patients qui ont également montré une perturbation pour écrire tous les types de mots (mots phonologiquement opaques, mots phonologiquement plus transparents, mots réguliers et pseudomots) ainsi que pour lire les mots irréguliers. Par ailleurs, les patients qui ont présenté le pourcentage le plus faible d'erreurs dans l'écriture sous dictée dans la première évaluation, ont montré deux tendances de détérioration : soit une légère détérioration lors de l'écriture des mots phonologiquement opaques, soit une légère détérioration dans l'écriture des mots phonologiquement plus transparents et des mots réguliers. En ce qui concerne les patients DTA hispanophones en écriture, en général, leur performance a diminué au cours des évaluations ; cependant, cette détérioration se présente de différentes manières. Les patients qui ont montré une détérioration importante dès la première évaluation lors de l'écriture des mots phonologiquement opaques ont peu évolué au cours du temps pour ce type de mots. Cependant l'augmentation du pourcentage d'erreurs a été plus évidente quand il s'agissait d'écrire des mots phonologiquement plus transparents (mais pas complètement réguliers). On considère que l'apparente augmentation d'erreurs lors de l'écriture des mots phonologiquement plus transparents pourrait être expliquée par deux facteurs. D'une part, l'écriture des mots phonologiquement opaques était déjà affectée de façon significative dès la première évaluation. Pour les mots irréguliers qui se sont maintenus, l'effet de fréquence a peut-être joué et la performance s'est alors stabilisée dans les évaluations ultérieures. D'autre part, les mots considérés comme des mots phonologiquement plus transparents n'étaient pas des mots complètement «réguliers» ; donc, l'effet de régularité des mots a pu jouer même lorsque l'irrégularité des mots était minimale.

En ce qui concerne les pseudomots, les sujets francophones, DTA ainsi que contrôles, ont présenté des difficultés pour les écrire dès la première évaluation. Au cours de la période d'évaluation, les erreurs ont augmenté chez les patients DTA et celles des contrôles sont restées stables ou ont diminué. Par ailleurs, le pourcentage d'erreurs lors de l'écriture de pseudomots chez les sujets hispanophones est faible chez les DTA comme chez les sujets contrôles quand on les compare avec les groupes francophones. Ce résultat ne nous permet pas de confirmer le postulat qui dit que l'agraphie lexicale est suivie par une détérioration dans le système phonologique chez les hispanophones.

En effet, les performances des sujets DTA hispanophones concernant l'écriture des pseudomots ne sont pas les mêmes que celles décrites dans la littérature concernant les études avec populations anglophones et francophones (Appel et al., 1982; Croisile et al., 1995a; Lambert, et al., 1996; Platel et al. 1993; Rapcsak et al., 1989).

Finalement, en ce qui concerne les types d'erreurs, les résultats longitudinaux de nos deux études avec les sujets DTA ont montré que la quantité d'erreurs du type phonologiquement correct est restée stable à travers les évaluations. Cependant, les erreurs phonologiquement non correctes (erreur de plusieurs lettres) dans l'écriture et de paralexies phonémiques (erreurs de plusieurs phonèmes), des néologismes et des régularisations dans la lecture ont augmenté significativement.

L'analyse du type d'erreurs des patients DTA hispanophones et francophones permet de conclure qu'en général, lors de l'écriture, il existe une prédominance d'erreurs phonologiquement correctes au début de la maladie, suivie par une augmentation significative des erreurs phonologiquement non correctes (une et multiples lettres) au cours du temps. Selon quelques auteurs (Croisile, et al., 1995a), une possible explication à ce type de détérioration serait qu'au début de la maladie, il peut s'agir d'une agraphie lexicale où la voie phonologique est privilégiée pour écrire. Néanmoins, une détérioration de la voie phonologique est observée par l'apparition ou par l'augmentation significative des erreurs phonologiquement non correctes (erreurs d'une seule lettre) et par des essais non réussis d'écrire les mots en faisant appel à la représentation complète de ceux-ci (voie lexicale). L'existence d'une représentation partielle des mots ne permet plus de les écrire correctement (erreurs phonologiquement non correctes de plusieurs lettres).

3. Effet de régularité de la langue : systèmes espagnol et français d'écriture.

La «régularité ou irrégularité» d'un système, la manière selon laquelle les différents systèmes d'écriture représentent le langage oral est reconnue comme une variable importante pour l'apprentissage, pour le traitement ainsi que pour les perturbations qui peuvent apparaître dans l'écriture et la lecture (Katz & Feldman, 1983; Lecours, 1996). Le troisième objectif de cette thèse était de documenter, du point de vue neuropsycholinguistique, des différences entre les détériorations dans un système

plutôt régulier d'écriture (espagnol) et dans un système très irrégulier (français) chez des patients atteints de la DTA. La comparaison entre deux langues a été réalisée en se basant sur un modèle cognitiviste explicite (Lecours, 1996), décrit auparavant et en utilisant des protocoles expérimentaux qui en découlent autant dans la langue française que dans la langue espagnole.

La comparaison des performances des deux populations francophones et hispanophones a permis de révéler des différences entre les résultats des sujets contrôles ainsi que chez les patients DTA entre les deux langues. Du point de vue neuropsycholinguistique, ces résultats sont importants pour une meilleure compréhension de la désintégration des habiletés d'écriture et de lecture dans différentes langues. En effet, mieux on peut connaître les changements qui se manifestent lors du vieillissement normal, mieux on pourra cibler, décrire et interpréter les changements qui peuvent être reliés à une maladie dégénérative. Tel que décrite auparavant, la structure orthographique d'une langue peut être cruciale pour déterminer la façon selon laquelle les syndromes de dyslexie ainsi que de dysgraphie peuvent se manifester (Katz & Feldman, 1983; Caravolas, 1993; Frost, 1994).

Les sujets contrôles francophones n'ont pas manifesté des difficultés lors de l'écriture et du traitement des mots phonologiquement opaques, leur performance plafonne généralement pour ce type de mots, tandis que les patients DTA francophones ont montré des difficultés pour le traitement de ce type de mots dès la première évaluation. Au contraire, concernant l'écriture de mots phonologiquement opaques chez les sujets hispanophones, les deux groupes d'hispanophones, les patients DTA ainsi que les sujets contrôles ont présenté des difficultés. En effet, ces difficultés ont été observées pour les mots d'origine étrangère ainsi que pour les mots de l'espagnol considérés comme irréguliers (pour les derniers cependant en moindre proportion que pour les premiers). En ce qui concerne les mots d'origine étrangère, les deux groupes (DTA et contrôles hispanophones) diffèrent pour la quantité d'erreurs et pour le type d'erreurs. En effet, les patients DTA hispanophones font beaucoup plus d'erreurs que leurs sujets contrôles ; les sujets contrôles font cependant des erreurs. Les types d'erreurs sont cependant différents selon les groupes. Il semble que les patients DTA font directement appel à la voie phonologique (sublexicale), en essayant d'utiliser les règles de conversion phonème-graphème pour écrire les mots d'origine étrangère (p. ex :

«hockey» écrit comme «joqui»). Par contre, le type d'erreurs des sujets contrôles reflète selon les cas, soit des essais d'utiliser les règles de conversion, soit des essais de respecter l'orthographe de ces mots et d'avoir accès au mot complet (p.ex. "hockey" écrit comme "hokey"). Cependant, cette tentative de passage par la voie lexicale n'est pas toujours efficace. Cette stratégie n'est apparemment pas utilisée par les patients DTA.

La comparaison entre l'écriture de mots phonologiquement opaques par les sujets contrôles dans les deux langues révèle des différences entre sujets francophones et sujets hispanophones. Tel que mentionné auparavant, les sujets contrôles francophones n'ont manifesté aucune difficulté dans l'écriture et le traitement des mots phonologiquement opaques alors que les contrôles hispanophones ont présenté des difficultés pour traiter ce type des mots. Les différences dans les résultats obtenus chez les sujets parlant l'espagnol, langue considérée comme plutôt régulière, et les sujets parlant le français, langue considérée comme très irrégulière, pourraient suggérer que la voie privilégiée (lexical versus phonologique) par les locuteurs pour l'écriture des mots dépend de la régularité de la langue. Si c'est le cas, les locuteurs d'une langue considérée comme «régulière» manifestent plutôt une tendance à utiliser les règles de conversion et ceci, même quand il s'agit d'écrire des mots phonologiquement opaques. Dans les cas où ils semblent parfois utiliser la voie lexicale (parfois les cas des contrôles), on observe qu'elle n'est pas suffisante et des erreurs sont observées. Au contraire, les locuteurs d'une langue considérée comme «irrégulière» ne présentent pas cette tendance d'appliquer les règles de conversion ; ils ont plutôt tendance à faire appel à leur lexique. À cet égard, Ardila et al. (1989), suggèrent que le développement d'une stratégie lexicale pour lire ainsi que pour écrire en espagnol n'est pas vraiment nécessaire parce que les locuteurs peuvent recourir au système phonologique (sublexical) pour avoir accès à l'épellation correcte du mot. Ces locuteurs développeraient donc une dépendance au système phonologique. Par ailleurs, pour le français, considéré comme un système alphabétique irrégulier, Lecours (1996) mentionne que le langage écrit est obligatoirement traité par la voie lexicale pour un grand nombre de mots. La régularité de l'espagnol, versus l'irrégularité du français, peut donc expliquer le maintien d'une meilleure performance étant donné l'existence d'une grande quantité de mots réguliers en espagnol qui favorise l'utilisation des règles de conversion.

En ce qui concerne les résultats de l'écriture des pseudomots, des différences sont également apparues dans les deux groupes (francophones versus hispanophones). Les sujets contrôles hispanophones ne présentent pas de difficulté pour traiter les pseudomots. Les patients DTA hispanophones de leur côté, présentent une capacité à traiter les pseudomots qui paraissent être préservés jusqu'à des étapes avancées du cours de la maladie. Par contre, parmi nos deux groupes de sujets francophones (contrôles et DTA), les résultats révèlent une certaine difficulté à traiter ce type des mots. Cependant, les patients DTA francophones présentent également des difficultés importantes à écrire ce type des mots, les difficultés deviennent significatives par rapport aux contrôles dès la deuxième évaluation. Par contre, lors du traitement des pseudomots en écriture, la performance des patients DTA hispanophones reste mieux préservée jusqu'à des étapes plus avancées de détérioration de la maladie. Ces résultats suggèrent que les caractéristiques des deux langues influencent les performances. En effet, une possible dépendance au système phonologique aide à maintenir la capacité de traiter les pseudomots dans le cas des sujets hispanophones. En ce qui concerne la performance des contrôles francophones pour traiter les pseudomots, dans un premier temps, l'hypothèse d'une diminution de la flexibilité mentale a été avancée (Drane, Yuspeh, Huthwaite & Klingler, 2002), empêchant de traiter deux types de stimuli à la fois. Dans ce cas, des mots et des pseudomots étaient dictés dans une même liste. Cette difficulté a aussi été reliée à des problèmes du type auditif diminuant la capacité de distinguer entre phonèmes proches (Enrietto, Jacobson & Baloh, 1999). Néanmoins, à la lumière de la comparaison des résultats entre les deux langues, une autre hypothèse peut être émise : la possibilité que cette difficulté à traiter les pseudomots chez les sujets contrôles francophones soit reliée plutôt au fait que ce groupe a une dépendance majeure à la voie lexicale pour le traitement du langage écrit en général. Cette dépendance peut entraîner une faible performance à traiter ce type de stimulus (pseudomots). Au contraire, la performance des hispanophones semble démontrer une dépendance plus accentuée à la voie sublexicale (en raison des caractéristiques de la langue). Le traitement des pseudomots est alors facilité et il reste également plus longtemps intact chez les patients DTA hispanophones contrairement aux sujets DTA francophones.

En conclusion, les résultats de ces études suggèrent que les locuteurs francophones parce qu'ils parlent une «langue irrégulière» s'appuient plus sur la voie lexicale pour le

traitement du langage écrit tandis que les locuteurs hispanophones de «langue plutôt régulière» s'appuient plus sur la voie sublexicale. L'étude de Paulesu et cols. (2000) soutient un possible effet de régularité de la langue pour le traitement du langage. Lors de la lecture, à travers des études de PET, ces auteurs ont montré l'implication des différentes régions cérébrales selon la régularité de la langue. Des étudiants universitaires italiens et anglais ont lu une liste de mots réguliers et de pseudomots (les pseudomots d'origine italienne et anglaise pour les deux groupes). Les résultats ont montré des temps de lecture plus rapides dans le groupe d'italiens (langue très régulière) ainsi qu'une activation plus importante dans les régions temporales supérieures gauches (planum temporalis), aires qui sont associées au traitement plutôt phonologique. D'autre part, les anglophones (langue très irrégulière) ont montré un temps de lecture plus lent (plus significatif pour les pseudomots) associé à une activation dans le gyrus postérieur temporal inférieur gauche et dans le gyrus frontal antérieur inférieur, aires plutôt associées à la récupération des mots («word retrieval») pendant des tâches de lecture ainsi que de dénomination. Pour ces auteurs, l'ambiguïté de la langue anglaise est résolue via l'activation des multiples alternatives voisines dans le «lexique orthographique» pour sélectionner la prononciation correcte tandis qu'en italien la correspondance régulière entre les lettres et les sons ainsi que le son des mots au complet facilite son traitement. Ces auteurs ont conclu que les facteurs culturels, dans ce cas, les systèmes orthographiques, peuvent influencer grandement la forme des systèmes neurophysiologiques. Les résultats rapportés dans l'étude mentionnée auparavant, sont pertinents pour cette thèse parce qu'ils démontrent et soulignent le possible effet des facteurs culturels, dans ce cas, «les différents systèmes orthographiques» qui peuvent être à l'origine des différences lors du traitement du langage écrit. La difficulté à écrire les pseudomots chez les témoins francophones en comparaison avec les témoins hispanophones pourrait se considérer comme une accentuation de l'effet retrouvé par Paulesu et al. (2000) entre les locuteurs italiens et les anglophones : facilité pour les italiens et difficulté en termes de temps de réaction et d'effectivité cérébrale pour les anglais. À cet égard, on pourrait donc se demander si l'effet du vieillissement normal accentue cette différence déjà présente chez l'adulte jeune ?

Les conclusions de notre recherche suggèrent des liens avec l'apprentissage de l'écriture et de la lecture chez les enfants. Rappelons brièvement les trois étapes d'apprentissage

de la lecture à travers lesquelles les enfants doivent passer afin de développer une lecture normale, dans les langues alphabétiques, indépendamment de leur degré d'irrégularité (Frith, 1985; Harris & Coltheart, 1986; Seymour & MacGregor, 1984; Ferreiro & Gómez-Palacio, 1982). Premièrement, dans la phase *logographique*, les enfants apprennent à reconnaître de façon immédiate un petit ensemble de mots. Des caractéristiques générales saillantes permettent de reconnaître les mots (la grande taille de la lettre M jaune pour le McDonalds). Peu à peu, les enfants passent par la phase *alphabétique*, au cours de laquelle ils apprennent les règles de conversion graphème-phonème. Cette phase leur permet de lire des mots nouveaux et elle correspondrait à la lecture sublexicale. Dans la troisième phase, la phase *orthographique*, les enfants apprennent à lire les mots dans leur ensemble, selon leur forme globale et sans règles de conversion. Cette dernière phase correspondrait à la lecture lexicale. Selon Ferreiro et al. (1982), dans une langue transparente (régulière) comme l'espagnol, l'enfant apprend que s'il utilise les règles de conversion phonème-graphème et vice-versa, il aura plus de 80 % des possibilités de réussite dans l'écriture des mots et près qu'un 100% dans la lecture des mots. En effet, en utilisant la voie sublexicale (phonologique), l'enfant est capable de se débrouiller assez bien dans la lecture-écriture dans une langue transparente. Au contraire, selon Lecours (1996), l'enfant qui parle une langue irrégulière comme le français, apprend que les règles de conversion lui sont suffisantes pour réussir environ 50 % du temps, donc l'utilisation de la voie lexicale (phase orthographique) lui est indispensable pour obtenir une bonne performance dans la lecture-écriture. On dirait donc que, très tôt le petit hispanophone apprend à écrire ce qu'il entend et donc va apprendre à écrire comme l'on écrit des pseudomots. À l'inverse, le petit francophone apprend à écrire en faisant appel à une forme orthographique globale apprise par cœur et la voie lexicale s'en trouvera renforcée.

On pourrait donc se demander si ce n'est pas le type d'apprentissage qui est renforcé et repose précocement sur la voie lexicale en français et sur la voie phonologique en espagnol qui expliquerait en partie les différences observées entre les deux populations étudiées dans cette thèse : Français versus Espagnol. On pourrait faire l'hypothèse que la dégradation porterait sur le système le plus vulnérable parce que c'est le moins précocement mis en place et utilisé lors de l'apprentissage.

On pourrait également se demander si, grâce à la régularité de la langue, l'orthographe des patients DTA hispanophones pourrait donc demeurer plus résistante à une détérioration, en se reposant dans les règles de conversion graphème-phonème, que celle des francophones où l'irrégularité de la langue fait appel au lexique orthographique qui est imminente pour réussir une bonne orthographe et qui apparaît plus vulnérable à la détérioration cognitive chez la DTA ?

4. Considérations anatomo-biologiques

L'étude réalisée précédemment n'avait pas pour but premier de trouver des corrélations anatomo-cliniques des systèmes du langage écrit. Cependant les résultats observés chez nos patients qui se trouvent à des stades légers de la maladie permettent de suggérer qu'il existe une vulnérabilité orthographique précoce dans la DTA qui peut être associée à la localisation des lésions propres à la DTA. En effet, plusieurs auteurs (Braak & Braak, 1996 ; Delacourte, et al. 1999) ont décrit la topographie et la dynamique lésionnelles de la maladie d'Alzheimer. La constatation d'une différence de dépendance selon le type d'écriture montre bien que le processus dégénératif de la DTA affecte de façon précise les systèmes anatomo-biologiques de l'écriture. Il apparaît donc que certaines particularités de l'agraphie de la DTA en début d'évolution ne sont pas sous la dépendance d'une atteinte cognitive diffuse mais bien d'une atteinte dégénérative localisée aux régions ou aux systèmes de l'écriture. À cet égard, la dysorthographe lexicale pourrait être déterminée par une lésion neuro-pathologique de type focal dans les aires associatives non-spécifiques de l'hémisphère gauche et plus spécifiquement, par une lésion du gyrus angulaire gauche (Penniello, et. al 1995). D'après les données d'imagerie cérébrale chez le normal, les processus phonologiques en lecture sont plutôt sous-tendus par l'aire de Broca, alors que les processus visuo-orthographiques le sont plutôt par le système temporal inférieur de reconnaissance des mots (Paulesu, et. al. 2000). En ce qui concerne la dynamique lésionnelle de la maladie d'Alzheimer, les lésions sont plus importantes et plus précoces dans les cortex associatifs inféro-temporal et plus tardives dans la région de l'aire de Broca (Braak & Braak, 1996; Delacourte et. al. 1999). Cette progression concorde avec la séquence observée des atteintes du langage écrit où les problèmes lexicaux apparaissent avant les problèmes phonologiques dans les deux langues.

5. Conclusions et directions futures

Lors de ces travaux, on a observé l'importance d'utiliser des mesures du type longitudinal lorsqu'on veut évaluer la détérioration de l'écriture et de la lecture dans la DTA. Les études longitudinales nous permettent d'observer, de manière plus précise, l'évolution des habiletés linguistiques à travers le temps dans la DTA, et ce, en contraste avec les études du type transversal, qui ne peuvent avec une seule mesure, prétendre établir des hypothèses concernant les profils d'évolution de ces habiletés dans une maladie dégénérative comme la DTA. Elles en peuvent pas non plus rendre compte des différents profils d'évolution qui peuvent apparaître au cours du temps chez les patients que présentaient des performances et des caractéristiques similaires lors des étapes initiales de la maladie.

Notre étude suggère également que différents profils d'évolution dans l'écriture et la lecture peuvent apparaître selon le type de langue que les patients DTA parlent, étant donné les différents systèmes d'écriture. Ainsi, les patients ne montreront pas la même détérioration ni les mêmes profils d'évolution selon que la langue est plutôt régulière avec une correspondance phonème-graphème «un-à-un» ou qu'elle est basée sur une orthographe avec des patrons de correspondance multiple ou à «plusieurs-à-plusieurs» phonème-graphème. Ainsi donc, il est important de réaliser d'autres études sur la détérioration du langage écrit dans la DTA en évaluant des patients de différentes langues avec différents degrés de régularité.

Finalement, l'influence des caractéristiques du langage peuvent également être observées quand on compare les performances des patients DTA avec les performances des sujets contrôles qui parlent la même langue. Les deux groupes peuvent manifester des profils similaires ou différents lors du traitement des mots et des pseudomots. De plus, les performances peuvent varier dans le traitement du langage écrit même chez les sujets «contrôles» locuteurs de langues différentes.

Il est donc nécessaire de poursuivre d'autres études sur la détérioration des capacités à écrire et à lire dans la DTA chez des locuteurs de langues avec différents degrés de régularité. Cela permettra une meilleure compréhension de la détérioration qui touche ces processus cognitifs complexes. L'évaluation des capacités à manipuler le langage

écrit pourrait éventuellement constituer une mesure importante et très précieuse dans l'évaluation et le diagnostic de la DTA dès les premiers stades de détérioration ainsi que des informations sur les profils d'évolution probables.

Références générales

- Alexander, M., Fischer, R., & Friedman, R. (1992). Lesion localization in a practica agraphia. *Archives of Neurology*, 49 : 256-251.
- Appel, J., Kertesz, A., & Fisman, M. (1982). Study of language functioning in Alzheimer's patients. *Brain & Language*. 17 : 73-91.
- Ardila, A., Rosselli, M., & Pinzón, O. (1989) Alexia and agraphia in Spanish speakers: CAT correlations and interlinguistic analysis. In Ardila, A., Ostrosky-Solis, F. (Eds.) *Brain Organization of Language and Cognitive Processes*. N.Y.: Plenum Press.
- Beauvois, M., & Deouresné, J. (1981). Lexical or Orthographic Agraphia. *Brain*, 104 : 21-49.
- Braak, H. & Braak E. (1996) Development of Alzheimer - related neurofibrillary changes in the neocortex inversely recapitulates cortical myelogenesis. *Acta Neuropathologica*. 92 : 197-201.
- Breitner, J., & Folstein, M. (1981). Language orders predicts familial Alzheimer Disease. *Johns Hopkins Medical Journal*, 149 : 145-147.
- Bschor, T., Kuhl, K.P., & Reischies, F.M. (2001). Spontaneous Speech of patients with dementia of the Alzheimer type and mild cognitive impairment. *International Psychogeriatrics*. 13 : 289-298.
- Calne, D. (1994). *Neurodegenerative Diseases*. US : Sanders Company, pp. 954.
- Caramelli, P., Mansur, L.L., & Nitirini, R. (1998). Language and communication disorders in dementia of the Alzheimer type. In B. Stemmer & H.A. Whitaker (Eds.), *Handbook of Neurolinguistics*. Academic Press, 463-473.
- Caravolas, M. (1993). Language-specific influences of phonology and orthography on emergent literacy. In J. Altarriba (Ed.) *Cognition and culture: Across culture approach to psychology*. New York: Elsevier, 177-205.
- Coltheart, M. (1985). Cognitive Neuropsychology and the study of reading. In M.I. Posner & O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI* (3-37). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coltheart, M. (1987). Functional Architectural of language-processing system. In : *The Cognitive Neuropsychology of Language*. Colheart, M.; Sartori, G., & Job, R. (eds.) London : Lawrence Erlbaum Associates publishers. pp. 5-24.
- Croisile, B., Carmoi, T., Adeleine, P., & Trillet, M. (1995a). Spelling in Alzheimer's disease. *Behavioural Neurology*, 8. 135-143.
- Croisile, B., Adeleine, P., Carmoi, T., Aimard, G., & Trillet, M. (1995b). Évaluation de l'orthographe dans la maladie d'Alzheimer. *Revue the Neuropsychologie*, 5 (1), 23-51.
- Croisile, B., Brabant, M.J., Carmoi, T., Lepage, Y., Aimard, G., & Trillet, M. (1996). Comparison between oral and written spelling in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 54, 361-387.
- Coulmas, F. (1989). *Writing systems of the world*. Basil Blackwell Ltd.
- Cummings, J.L., Houlihan, J., & Hill, M. (1986). The pattern of reading deterioration in dementia of the Alzheimer type: Observations and implications. *Brain and Language*, 29, 315-323.
- Delacourte A, David JP, Sergeant N, Buee L, Watez A, Vermersch P, Ghazali F, Fallet-Bianco C, Pasquier F, Lebert F, Petit H, Di Menza C. (1999). The biochemical pathway of neurofibrillary degeneration in aging and Alzheimer's disease. *Neurology* Apr 12; 52(6), 1158-65.
- Drane, D.L., Yuseph, R.L., Huthwaite, J.S. & Klingler, L.K. (2002). Demographic characteristics and normative observations for derived-trail making test indices. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*. Mar, 15(1), 39-43.
- Duong, A., Giroux, F., Tardif, & Ska, B. (in press) The heterogeneity of picture-supported narratives in Alzheimer's disease. *Brain and Language*.
- Ehrlich, J.S. (1994) Studies of discourse production in adults with Alzheimer's disease, In R.L. Bloom, L.K. Opler, S. DeSanti, & J.S. Ehrlich (Eds.), *Discourse analysis and applications: Studies in adult clinical populations*. 149-160. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Enrietto, J.A., Jacobson, K.M., & Baloh, R.W. (1999). Aging effects on auditory and vestibular responses: a longitudinal study. *Journal of Otolaryngologie*, Nov-Dec; 20 (6) 371-78.
- Eustache, F., & Lambert, J. (1996). Modèles Neuro-cognitifs de l'Écriture et Maladie D'Alzheimer: Éclairages Mutuels. *Rev Neurol.*, 152. 11. 658-668.
- Faber-Langendoen, K., Morris, J.C., Knesevich, J.W., LaBarge, E., Miller, J.P., & Berg, L. (1988). Aphasia in senile dementia of the Alzheimer type. *Annals of Neurology*, 23, 365-370

- Fasotti, L., & Aubin, G. (1999) Lobe frontal et résolution de problèmes. In : Van der Linden, M., Seron, X., Didier, L. & André, P. eds. *Neuropsychologie des lobes frontaux*. pp. 255-267.
- Ferreiro, E., Gomez-Palacio, M. (1982). *Análisis de las perturbaciones en el proceso de la adquisición de la lengua escrita*. Fascículos 1 al 5. México: SEP-OEA.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E., & Mc Hugh, P.R. (1975). Mini-mental state: A practical method of grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Friedman, R.B., Ferguson, S., Robinson, S., & Sunderland, T. (1992). Dissociation of mechanisms of reading in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 43, 400-413.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In *Surface Dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. KE Patterson, JC Marshall & M. Coltheart. Erlbaum.
- Fromm D., Holland, A.L., Nebes, R.D., & Oakley, M.A. (1991). A longitudinal study of word-reading ability in Alzheimer's disease: evidence from the National Adult Reading Test. *Cortex*. 27: 367-76.
- Frost, R. (1994). Prelexical and postlexical strategies in reading: Evidence from a deep and shallow orthographies. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, (20) 1, 116-129.
- Glosser, G., Grugan, P., & Friedman, R.B. (1999). Comparison of reading and spelling in patients with probable Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 13 (3): 350-358.
- Goodman, R., & Caramazza, A. (1986). Dissociation of spelling error in written in Oral Spelling. The role of allographic conversion writing. *Cognitive Neuropsychology*. 3, 179-206.
- Harris, M., & Coltheart, M. (1986). *Language processing in children and adults*. London : Routledge & Kegan Paul.
- Henderson, V.W., Buckwalter, J.G., Sobel, E., Freed, D.M., & Diz, M.M. (1992). The agraphia of Alzheimer's disease. *Neurology*, 42, 776-784.
- Heston, L. (1984). Clinical Genetics of Alzheimer's Dementia. In: *Senile Dementia of the Alzheimer Type*. Eds. Huton, J., & Kenny, A., New York: Alan R. Liss, Inc., pp. 197-203.
- Hillis, A.E., & Caramazza, A. Mechanisms for accessing lexical representations for output. Evidence from a case with category-specific semantic-deficit. *Brain and Cognition*, 40, 106-144.
- Homer, J., Heyman, A., Dawson, D., & Rogers, H. (1988). The relationship of agraphia to the severity of dementia in Alzheimer's disease. *Archives of Neurology*, 45, 760-763.
- Joanette, Y., Ska, B., Poissant, A., & Béland, R. (1992). Neuropsychological aspects of Alzheimer's disease : Evidence for inter- and intra-function heterogeneity. In : *Heterogeneity of Alzheimer's Disease*. Boller, F. & Forette, F. (eds.). New York : Springer, Verlag. pp. 33-42.
- Joanette, Y., Melançon, L., Ska, B., & Lecours, A.R. (1993). Hétérogénéité des profils cognitifs dans les démences de type Alzheimer: Aspects théoriques et conséquences cliniques. *L'Union Médicale du Canada*. 420-426, 1993.
- Katz, L., & Feldman, L. (1983) Relation between pronunciation and recognition of printed words in deep and shallow orthographies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9(1), 157-166.
- Kemper, S., Labarge, E., Ferraro, R., Cheung, H., Cheung, H., & Storandt, M. (1993). On the Preservation of Syntax in Alzheimer's Disease - evidence of written sentences. *Archives of Neurology*, 50, 81-86.
- Labarge, E., Smith, D., Dick, L., & Storandt, M. (1992). Agraphia in Dementia of the Alzheimer Type. *Archives of Neurology*. 49, 1151-1156.
- Lambert, J., Viader, F., Eustache, F., & Morin, P. (1994). Contribution to peripheral agraphia : A case of post allographic impairment?. *Cognitive Neuropsychologie*, 11 : 35-56.
- Lambert, J., Eustache, F., Viader, F., Dary, M., Rioux, P., & Lechevalier, B. (1996). Agraphia in Alzheimer's disease: An independent lexical impairment. *Brain and Language*, 53, 222-233.
- Lambon Ralph, M., Ellis, A., & Franklin, S (1995). Semantic Loss Without Surface Dislexia. *Neurocase*, 1, 363-369.
- Lecours, A.R. (1996). *Langage Écrit: Histoire, théorie et maladies*. Molinehem:Ortho
- Lukatela, G., & Turvey, M. (1980). Some experiments on the Roman and Cyrillic alphabets of Serbo-Croatian. In J.F. Kavanagh & R.L. Venezky (Eds.), 227-247.
- Luzzatti, C. Laiacona, M., & Agazzi, D. (2003). Multiple patterns of writing disorders in dementia of the Alzheimer type and their evolution. *Neuropsychologia*, 41 (7): 759-72.
- Muñoz, D.G., & Feldman, H. (2000). Causes of Alzheimer's disease. *Canadian Medical Association Journal*, 162, 65-72.

- Nakamura K., Meguro, K., Yamazaki, H., Ishizaki, J., Saito, N., Shimada, M., Yamaguchi, S., Shimada, Y., & Yamadori, A. (1998) Kanji-predominant Alexia in Advanced Alzheimer's Disease. *Acta Neurological Scandinava*, 97, 237-243.
- Neils, J., Boller, F., Gerdeman, B., & Cole, M. (1989). Descriptive Writing Abilities in Alzheimer's Disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, vol. 11, no. 5, 692-698.
- Neils, J., Roeltgen, D. & Greer, A. (1995). Spelling and Attention in Early Alzheimer's Disease: Evidence for Impairment of the Graphemic Buffer. *Brain and Language*, 49, 241-262.
- Neils-Strunjas, J., Shuren, J., Roeltgen, D., & Brown, C (1998). Perseverative Writing Errors in a Patient with Alzheimer's Disease. *Brain And Language*, 63, 303-320.
- Odgen, J.A. (1990) Spatial abilities and deficits in aging and age-related disorders. In F. Boller, J. Grafman, J. (Eds.) *Handbook of Neuropsychology*. Vol. 4 Elsevier : Amsterdam. 265-278.
- Oppenheim, G. (1994). The earliest signs of Alzheimer disease. *Journal of Geriatry, Psychiatry and Neurology*, 7, 118-122.
- Pasquier, F. (2002) Approche clinique de la maladie d'Alzheimer. In C. Duyckaerts, F. Pasquier (Eds.) *Démences*. Groupe Liaisons: Paris. 101-112
- Patterson, K., Marshall, J., & Coltheart, M. (1985). *Surface dyslexia : Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. London : Laurence Erlbaum Associates, publishers, pp. 543.
- Patterson, K., & Hodges, R. (1992). Deterioration of Word Meaning: Implications for Reading. *Neuropsychologia*, 30 : 1025-1040.
- Patterson, K., Graham, N., & Hodges, J. (1994). Reading in dementia of the Alzheimer type: A preserved ability? *Neuropsychology*, 8, 395-407.
- Paulesu, E., McRoy, E., Fazio, F., Menoncello, L., Brunswick, N., Cappa, S., Cotelli, M., Cossu, G., Corte, F., Lorusso, M., Pesenti, S., Gallagher, A., Perani, D., Price, C., Frith, C.D., & Frith, U. (2000). A cultural effect on brain function. *Nature Neuroscience*, 3, 1, 91-96.
- Penniello, M., Lambert, J., Eustache, F., Petit-Taboué., Barré, L., Viader, F., Morin, P., Lechevalier, B., & Baron, J. (1995). A PET study of the functional neuroanatomy of writing impairment in Alzheimer's disease : The role of the left supramarginal and left angular gyri. *Brain*, 118, 697-706.
- Platel, H., Lambert, J., Eustache, F., Cadet, B. Dary, M., Viader, F., & Lechevalier, B. (1993). Characteristics and evolution of writing impairment in Alzheimer disease. *Neuropsychologia*, 31, 1147-1158.
- Rapcsak, S., Arthur, S., Bliklen, D., & Rubens, A. (1989). Lexical agraphia in Alzheimer's disease. *Archives of neurology*, 46, 65-68.
- Raymer, A., & Sloan, B. (1995). Reading Lexically Without Semantics: Evidence from Patients with Probable Alzheimer's Disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2, 340-349.
- Roeltgen, D., Sevush, S., & Heilman, K. (1983). Phonological Agraphia : Writing by the lexical- semantic route. *Neurology*, 33, 755-765.
- Roeltgen, D. (1985), Agraphia. In: Heilman, K. & Valenstein, E. (eds.): *Clinical Neuropsychology*. New York, Oxford University Press. pp. 75-93.
- Sasanuma, S., Sakuma, N., & Kitano, K. (1992). Reading Kanji without Semantics: Evidence from a Longitudinal Study of Dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 9, 6, 465-486.
- Seymour, P.H.K., & McGregor, C.J. (1984). Developmental dyslexia: A cognitive experimental analysis of phonological morphemic and visual impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 48, 43-82.
- Shallice, T. (1981), Phonological agraphia and the lexical route in writing. *Brain*, 104 : 21-49.
- Strain, E., Patterson, K., Graham, N., & Hodges, J. (1998). Word Reading in Alzheimer's Disease: Cross-Sectional and Longitudinal Analyses of Response Time and Accuracy Data. *Neuropsychologia*, 36, 2, 155-171.
- The Canadian Study of Health and Aging Working Group (2000). The incidence of dementia in Canada. The Canadian Study of Health and Aging Working Group. *Neurology*, 55, 66-73.
- Woods, R. (1994) *La Enfermedad de Alzheimer*. Editorial JUS, México.

Annexes

Annexe 1

Présentation des épreuves¹ :

Dans l'index, les stimuli son parfois suivis de trois chiffres :

- le premier indique le nombre de mots (stimulus inclus) partageant la composante sublexicale, soit sa version régulière, soit dans sa version irrégulière ;
- le second chiffre indique la fréquence cumulative de ces mots ;
- le troisième, la fréquence de la cible ou du préséant.

Les chiffres proviennent de Robert (1969) lorsque le digraphe est à l'initiale du mot, de Pérennou & Calmès (1984) lorsqu'il est à l'intérieur de mot et de Juilland (1965) lorsqu'il est en finale; la fréquence d'usage de chaque stimulus provient de Baudot (1990).

Les stimuli témoins sont suivis d'un seul chiffre dénotant leur fréquence d'usage selon Baudot (1990).

Épreuves de lecture et d'écriture : Les stimuli ont été randomisés et présentés dans le même ordre parmi les trois évaluations.

L : Lecture à haute voix
E : Écriture sous dictée

1. Lecours, A. R. (1996). Protocole clinique d'évaluation de la lecture et de l'écriture des mots. In : Lecours. *Langage Écrit: Histoire, théorie et maladies*. Molinghem: Ortho, pp. 113-150.

Annexe 1. Index des stimuli en français

#	Type de mots	Type de stimuli	Mot	Épreuve	Fréq 1	Fréq 2	Fréq 3
1	1A	CIBLE	choléra	LE 01-01	153	76	3
2	1A	CIBLE	chorale	LE 01-02	153	76	2
3	1A	CIBLE	faisan	LE 01-03	8	7	2
4	1A	CIBLE	baptême	LE 01-04	31	867	11
5	1A	CIBLE	escompte	LE 01-05	31	867	4
6	1A	CIBLE	comptine	LE 01-06	31	867	1
7	1A	CIBLE	sculpture	LE 01-07	31	867	14
8	1A	CIBLE	outil	LE 01-08	10	112	33
9	1A	CIBLE	fusil	LE 01-09	10	112	24
10	1A	CIBLE	sourcil	LE 01-10	10	112	19

#	Type de mots	Type de stimuli	Mot	Épreuve	Fréq 1	Fréq 2	Fréq 3
11	1A	CIBLE	gentil	LE 01-11	10	112	34
12	1A	CIBLE	tabac	LE 01-12	2	35	18
13	1A	CIBLE	estomac	LE 01-13	2	35	17
14	1A	CIBLE	croc	LE 01-14	5	8	3
15	1A	CIBLE	gars	LE 01-15	1	28	28
16	1A	CTRL-CIBLE	véranda	LE 01-26			3
17	1A	CTRL-CIBLE	chimère	LE 01-27			2
18	1A	CTRL-CIBLE	boulet	LE 01-28			2
19	1A	CTRL-CIBLE	cortège	LE 01-29			11
20	1A	CTRL-CIBLE	aubaine	LE 01-30			4
21	1A	CTRL-CIBLE	confesse	LE 01-31			1
22	1A	CTRL-CIBLE	cendrier	LE 01-32			14
23	1A	CTRL-CIBLE	talon	LE 01-34			15
24	1A	CTRL-CIBLE	prairie	LE 01-35			25
25	1A	CTRL-CIBLE	humeur	LE 01-36			37
26	1A	CTRL-CIBLE	bidet	LE 01-37			2
27	1A	CTRL-CIBLE	escargot	LE 01-38			5
28	1A	CTRL-CIBLE	crin	LE 01-39			2
29	1A	CTRL-CIBLE	gant	LE 01-40			25
30	1A	CTRL-PRÉS	époux	LE 01-33			26
31	1A	CTRL-PRÉS	consulat	LE 01-41			12
32	1A	CTRL-PRÉS	alerte	LE 01-42			8
33	1A	CTRL-PRÉS	commode	LE 01-43			14
34	1A	CTRL-PRÉS	rasoir	LE 01-44			6
35	1A	CTRL-PRÉS	armée	LE 01-45			79
36	1A	CTRL-PRÉS	recul	LE 01-46			18
37	1A	CTRL-PRÉS	soigné	LE 01-47			22
38	1A	CTRL-PRÉS	impur	LE 01-48			3
39	1A	CTRL-PRÉS	trame	LE 01-49			4
40	1A	CTRL-PRÉS	mode	LE 01-50			139
41	1A	PRÉSÉANT	chocolat	LE 01-16	595	7558	12
42	1A	PRÉSÉANT	adepte	LE 01-17	169	1281	9
43	1A	PRÉSÉANT	capture	LE 01-18	169	1281	11
44	1A	PRÉSÉANT	raisin	LE 01-19	130	7263	5
45	1A	PRÉSÉANT	avril	LE 01-20	24	336	75
46	1A	PRÉSÉANT	péril	LE 01-21	24	336	21
47	1A	PRÉSÉANT	subtil	LE 01-22	24	336	20
48	1A	PRÉSÉANT	hamac	LE 01-23	36	221	3
49	1A	PRÉSÉANT	troc	LE 01-24	20	125	2
50	1A	PRÉSÉANT	mars	LE 01-25	1	108	108
51	1B	CIBLE	atlas	LE 08-01	7	64	3
52	1B	CIBLE	dot	LE 08-02	1	6	6
53	1B	CIBLE	métis	LE 08-03	43	363	7
54	1B	CIBLE	azimut	LE 08-04	13	230	2
55	1B	CIBLE	herpès	LE 08-05	19	4	1
56	1B	CIBLE	couscous	LE 08-06	2	1	1
57	1B	CIBLE	mazout	LE 08-07	5	4	3

#	Type de mots	Type de stimuli	Mot	Épreuve	Fréq 1	Fréq 2	Fréq 3
58	1B	CIBLE	scout	LE 08-08	5	4	1
59	1B	CIBLE	cactus	LE 08-09	87	183	3
60	1B	CIBLE	thermos	LE 08-10	20	23	1
61	1B	CIBLE	abject	LE 08-11	9	154	1
62	1B	CIBLE	oasis	LE 08-12	43	363	4
63	1B	CIBLE	tennis	LE 08-13	43	363	10
64	1B	CIBLE	anis	LE 08-14	43	36	0
65	1B	PRÉSÉANT	amas	LE 08-15	29	105	5
66	1B	PRÉSÉANT	pot	LE 08-16	171	1509	36
67	1B	PRÉSÉANT	rubis	LE 08-17	98	939	23
68	1B	PRÉSÉANT	institut	LE 08-18	11	369	71
69	1B	PRÉSÉANT	cyprès	LE 08-19	21	367	2
70	1B	PRÉSÉANT	remous	LE 08-20	6	3337	14
71	1B	PRÉSÉANT	égout	LE 08-22	19	1156	2
72	1B	PRÉSÉANT	reclus	LE 08-23	25	157	3
73	1B	PRÉSÉANT	repos	LE 08-24	20	403	47
74	1B	PRÉSÉANT	aspect	LE 08-25	2	197	122
75	1B	PRÉSÉANT	radis	LE 08-26	98	939	1
76	1B	PRÉSÉANT	vernis	LE 08-27	98	939	0
77	1B	PRÉSÉANT	avis	LE 08-28	98	939	111
78	1B	PRÉSÉANT	rajout	LE 08-21	19	1156	1
79	2A	CIBLE	crapaud	LE 02-01	92	34	2
80	2A	CIBLE	salaud	LE 02-02	92	34	5
81	2A	CIBLE	mégot	LE 02-03	102	288	2
82	2A	CIBLE	défaut	LE 02-05	15	97	67
83	2A	CIBLE	copain	LE 02-06	39	2144	19
84	2A	CIBLE	fusain	LE 02-07	39	2144	0
85	2A	CIBLE	refrain	LE 02-08	39	2144	3
86	2A	CIBLE	plafond	LE 02-09	5	476	41
87	2A	CIBLE	aplomb	LE 02-10	4	17	3
88	2A	CIBLE	étang	LE 02-11	4	5	5
89	2A	CIBLE	brigand	LE 02-12	8	85	4
90	2A	CIBLE	relais	LE 02-13	13	1041	9
91	2A	CIBLE	palais	LE 02-14	13	1041	5
92	2A	CIBLE	laquais	LE 02-15	13	1041	2
93	2A	CIBLE	marais	LE 02-16	13	1041	8
94	2A	CIBLE	forfait	LE 02-17	14	219	1
95	2A	CIBLE	monnaie	LE 02-18	24	39	38
96	2A	CIBLE	pagaie	LE 02-19	24	39	1
97	2A	CIBLE	zénith	LE 02-20	2	4	4
98	2A	CIBLE	réseau	LE 02-25	143	2696	81
99	2A	PRÉSÉANT	rameau	LE 02-22	143	2696	2
100	2A	PRÉSÉANT	coteau	LE 02-23	143	2696	3
101	2A	PRÉSÉANT	roseau	LE 02-24	143	2696	3
102	2A	PRÉSÉANT	marin	LE 02-26	211	1963	21
103	2A	PRÉSÉANT	pétrin	LE 02-27	211	1963	1
104	2A	PRÉSÉANT	gourdin	LE 02-28	211	1963	1

#	Type de mots	Type de stimuli	Mot	Épreuve	Fréq 1	Fréq 2	Fréq 3
105	2A	PRÉSEANT	violon	LE 02-29	289	3627	42
106	2A	PRÉSEANT	éperon	LE 02-30	289	3627	4
107	2A	PRÉSEANT	aimant	LE 02-31	189	3990	2
108	2A	PRÉSEANT	galant	LE 02-32	189	3990	6
109	2A	PRÉSEANT	valet	LE 02-33	232	2244	5
110	2A	PRÉSEANT	paquet	LE 02-34	232	2244	52
111	2A	PRÉSEANT	buffet	LE 02-35	232	2244	3
112	2A	PRÉSEANT	déchet	LE 02-36	232	2244	8
113	2A	PRÉSEANT	gourmet	LE 02-37	232	2244	1
114	2A	PRÉSEANT	sommet	LE 02-38	232	2244	55
115	2A	PRÉSEANT	muguet	LE 02-39	232	2244	2
116	2A	PRÉSEANT	guérite	LE 02-40	77	427	2
117	2A	PRÉSEANT	cachot	LE 02-04	102	288	7
118	2A	PRÉSEANT	corbeau	LE 02-21	143	2696	2
119	2B	CIBLE	tapioca	LE 16-01			0
120	2B	CIBLE	alinéa	LE 16-02			1
121	2B	CIBLE	duplicata	LE 16-04			0
122	2B	CIBLE	pétunia	LE 16-05			0
123	2B	CIBLE	bégonia	LE 16-06			1
124	2B	CIBLE	mimosa	LE 16-07			1
125	2B	CIBLE	macaroni	LE 16-08			0
126	2B	CIBLE	colibri	LE 16-09			1
127	2B	CIBLE	adagio	LE 16-10			3
128	2B	CIBLE	casino	LE 16-11			13
129	2B	CIBLE	boléro	LE 16-12			3
130	2B	CIBLE	superflu	LE 16-13			14
131	2B	CIBLE	parvenu	LE 16-14			8
132	2B	CIBLE	malotru	LE 16-15			0
133	2B	CIBLE	rutabaga	LE 16-03			0
134	Fréquence	FRÉQUENT	homme	LE 17-01			1585
135	Fréquence	FRÉQUENT	fille	LE 17-02			503
136	Fréquence	FRÉQUENT	terre	LE 17-03			313
137	Fréquence	FRÉQUENT	bras	LE 17-04			233
138	Fréquence	FRÉQUENT	avion	LE 17-05			255
139	Fréquence	FRÉQUENT	dame	LE 17-06			122
140	Fréquence	FRÉQUENT	robe	LE 17-07			142
141	Fréquence	FRÉQUENT	table	LE 17-08			166
142	Fréquence	FRÉQUENT	gorge	LE 17-09			445
143	Fréquence	FRÉQUENT	neige	LE 17-10			114
144	Fréquence	RARE	hutte	LE 17-11			7
145	Fréquence	RARE	bille	LE 17-12			9
146	Fréquence	RARE	latte	LE 17-13			1
147	Fréquence	RARE	pois	LE 17-14			2
148	Fréquence	RARE	évier	LE 17-15			7
149	Fréquence	RARE	cuve	LE 17-16			4
150	Fréquence	RARE	lobe	LE 17-17			1
151	Fréquence	RARE	zèbre	LE 17-18			4

#	Type de mots	Type de stimuli	Mot	Épreuve	Fréq 1	Fréq 2	Fréq 3
152	Fréquence	RARE	torse	LE 17-19			5
153	Fréquence	RARE	saule	LE 17-20			6
154	Longueur	COURT	ail	LE 18-01			1
155	Longueur	COURT	truie	LE 18-02			1
156	Longueur	COURT	jante	LE 18-03			1
157	Longueur	COURT	broche	LE 18-04			1
158	Longueur	COURT	huppe	LE 18-05			1
159	Longueur	COURT	fée	LE 18-06			2
160	Longueur	COURT	buis	LE 18-07			2
161	Longueur	COURT	mie	LE 18-08			3
162	Longueur	COURT	coq	LE 18-09			4
163	Longueur	COURT	gland	LE 18-10			4
164	Longueur	LONG	hippopotame	LE 18-11			1
165	Longueur	LONG	colimaçon	LE 18-12			1
166	Longueur	LONG	topinambour	LE 18-13			1
167	Longueur	LONG	vélocipède	LE 18-14			1
168	Longueur	LONG	torticolis	LE 18-15			1
169	Longueur	LONG	toréador	LE 18-16			2
170	Longueur	LONG	caméléon	LE 18-17			2
171	Longueur	LONG	accordéon	LE 18-18			3
172	Longueur	LONG	pénicilline	LE 18-19			4
173	Longueur	LONG	napoléon	LE 18-20			4
174	Abstraction	IMAGEABLE	épine	LE 19-01			2
175	Abstraction	IMAGEABLE	tambour	LE 19-02			8
176	Abstraction	IMAGEABLE	colline	LE 19-03			30
177	Abstraction	IMAGEABLE	mouton	LE 19-04			15
178	Abstraction	IMAGEABLE	bijou	LE 19-05			28
179	Abstraction	IMAGEABLE	navire	LE 19-06			89
180	Abstraction	IMAGEABLE	costume	LE 19-07			57
181	Abstraction	IMAGEABLE	forêt	LE 19-08			105
182	Abstraction	IMAGEABLE	soldat	LE 19-09			59
183	Abstraction	IMAGEABLE	valise	LE 19-10			32
184	Abstraction	NON-IMAGEABLE	élite	LE 19-11			5
185	Abstraction	NON-IMAGEABLE	candeur	LE 19-12			6
186	Abstraction	NON-IMAGEABLE	terreur	LE 19-13			30
187	Abstraction	NON-IMAGEABLE	dédain	LE 19-14			8
188	Abstraction	NON-IMAGEABLE	délai	LE 19-15			54
189	Abstraction	NON-IMAGEABLE	colère	LE 19-16			54
190	Abstraction	NON-IMAGEABLE	mystère	LE 19-17			61
191	Abstraction	NON-IMAGEABLE	santé	LE 19-18			113
192	Abstraction	NON-IMAGEABLE	succès	LE 19-19			154
193	Abstraction	NON-IMAGEABLE	sagesse	LE 19-20			32
194	Pseudomots		buctolar	LE 03-01			
195	Pseudomots		cotulaud	LE 03-02			
196	Pseudomots		purvadel	LE 03-03			
197	Pseudomots		dagorain	LE 03-04			
198	Pseudomots		crapitoc	LE 03-05			

#	Type de mots	Type de stimuli	Mot	Épreuve	Fréq 1	Fréq 2	Fréq 3
199	Pseudomots		galipeux	LE 03-06			
200	Pseudomots		végadrif	LE 03-07			
201	Pseudomots		cadufant	LE 03-08			
202	Pseudomots		pérolcia	LE 03-09			
203	Pseudomots		tégonaie	LE 03-10			

Annexe 2

Listado de tipos de frecuencias de palabras en español².

La primera columna de frecuencias indica el uso del número de palabras que comparten la actualización fonológica regular del componente subléxico, homógrafo heterófono, según Juilland y Chang-Rodriguez (1964).

La segunda columna indica la frecuencia de uso de la sílaba o sílabas que comparten dicho componente regular, según Alvarez y cols. (1992).

La tercera columna se refiere a la frecuencia de uso de la palabra completa, según María Moliner (1992).

Pruebas de lectura y escritura: Los estímulos fueron ordenados de manera aleatoria y presentados en el mismo orden en las tres evaluaciones.

L : Lectura en voz alta

E : Escritura al dictado

2. Dieguez-Vide, F., Peña-Casanova, J., Bohm, P. & Lecours, A.R. (1998). Protocolo de exploración del español escrito. En: Lecours, A.R., Peña-Casanova, J., Diéguez-Vide, F. *Dislexias y Disgrafías: Teoría, formas clínicas y exploración*. Ed. Masson, pp 53-94.

Anexo 2. Listado de estímulos en español

#	Tipo de palabra	Tipo de Estímulo	Palabra	Prueba	Frec 1	Frec 2	Frec 3
1	1(A)	ESTÍMULO	Hollywood	LE 1 -01			
2	1(A)	ESTÍMULO	judo	LE 1 -02			
3	1(A)	ESTÍMULO	fondue	LE 1 -03			
4	1(A)	ESTÍMULO	handicap	LE 1 -04			
5	1(A)	ESTÍMULO	kleenex	LE 1 -05			
6	1(A)	ESTÍMULO	jazz	LE 1 -06			
7	1(A)	ESTÍMULO	hippie	LE 1 -07			
8	1(A)	ESTÍMULO	beige	LE 1 -08			
9	1(A)	ESTÍMULO	sandwich	LE 1 -09			
10	1(A)	ESTÍMULO	boutique	LE 1 -10			
11	1(A)	ESTÍMULO	omelette	LE 1 -11			
12	1(A)	ESTÍMULO	ballet	LE 1 -12			
13	1(A)	ESTÍMULO	hobby	LE 1 -13			
14	1(A)	ESTÍMULO	jeep	LE 1 -14			
15	1(A)	ESTÍMULO	hall	LE 1 -15			
16	1(A)	ESTÍMULO	Shakespeare	LE 1 -16			
17	1(A)	ESTÍMULO	hockey	LE 1 -17			
18	1(A)	ESTÍMULO	Renault	LE 1 -18			
19	1(A)	ESTÍMULO	foot-ball	LE 1 -19			
20	1(A)	ESTÍMULO	croissant	LE 1 -20			
21	1(B)	CONTROL	judío	LE 1 -21	840	28	8
22	1(B)	CONTROL	hemorroide	LE 1 -22			
23	1(B)	CONTROL	hollín	LE 1 -23	0	4	0
24	1(B)	CONTROL	elige	LE 1 -24	51	66	22
25	1(B)	CONTROL	zoológico	LE 1 -25	108	0	
26	1(B)	CONTROL	gigante	LE 1 -26	49	100	
27	1(B)	CONTROL	duende	LE 1 -27			

#	Tipo de palabra	Tipo de Estímulo	Palabra	Prueba	Frec 1	Frec 2	Frec 3
28	1(B)	CONTROL	futuro	LE 1 -28	875	43	33
29	1(B)	CONTROL	hipo	LE 1 -29			
30	1(B)	CONTROL	baúl	LE 1 -30	12	31	12
31	1(B)	CONTROL	calle	LE 1 -31	389	73	235
32	1(B)	CONTROL	jamás	LE 1 -32	199	60	59
33	1(B)	CONTROL	jesuita	LE 1 -33	77	92	11
34	1(B)	CONTROL	leemos	LE 1 -34	841	167	183
35	1(B)	CONTROL	había	LE 1 -35	10.095	317	6.388
36	2(B)	CONTROL	butaca	LE 1 -36	868	44	7
37	2(A)	ESTÍMULO	hábito	LE 2 -01	71,66	317	11
38	2(A)	ESTÍMULO	hambre	LE 2 -02	71,66	317	46
39	2(A)	ESTÍMULO	hermano	LE 2 -03	24,66	63	101
40	2(A)	ESTÍMULO	hélice	LE 2 -04	24,66	63	0
41	2(A)	ESTÍMULO	hora	LE 2 -05	19,5	39	311
42	2(A)	ESTÍMULO	hoja	LE 2 -06	19,5	39	51
43	2(A)	ESTÍMULO	humano	LE 2 -07	11,25	39	154
44	2(A)	ESTÍMULO	humor	LE 2 -08	11,25	39	26
45	2(A)	ESTÍMULO	hija	LE 2 -09	11,6	36	168
46	2(A)	ESTÍMULO	hilo	LE 2 -10	11,6	36	16
47	2(A)	ESTÍMULO	rey	LE 2 -11	23,42	0	122
48	2(A)	ESTÍMULO	fray	LE 2 -12	23,42	0	14
49	2(A)	ESTÍMULO	vaso	LE 2 -13	37,66	160	164
50	2(A)	ESTÍMULO	verso	LE 2 -14	50,42	168	58
51	2(A)	ESTÍMULO	viveres	LE 2 -15	50,42	168	5
52	2(A)	ESTÍMULO	novio	LE 2 -16	29,71	248	146
53	2(A)	ESTÍMULO	voto	LE 2 -17	36	125	23
54	2(A)	ESTÍMULO	clavo	LE 2 -18	36	125	7
55	2(A)	ESTÍMULO	waterpolo	LE 2 -19	1	0	0
56	2(A)	ESTÍMULO	Kuwait	LE 2 -20	1	0	0
57	2(A)	ESTÍMULO	zeppelin	LE 2 -21	1	1	0
58	2(A)	ESTÍMULO	zigzag	LE 2 -22	3	3	0
59	2(A)	ESTÍMULO	gente	LE 2 -23	20,16	76	174
60	2(A)	ESTÍMULO	gentil	LE 2 -24	20,16	66	7
61	2(A)	ESTÍMULO	origen	LE 2 -25	20,16	66	107
62	2(A)	ESTÍMULO	virgen	LE 2 -26	20,16	66	30
63	2(A)	ESTÍMULO	girar	LE 2 -27	14,45	100	18
64	2(A)	ESTÍMULO	girasol	LE 2 -28	14,45	100	0
65	2(A)	ESTÍMULO	región	LE 2 -29	14,45	100	131
66	2(A)	ESTÍMULO	régimen	LE 2 -30	14,45	100	66
67	2(A)	ESTÍMULO	folklore	LE 2 -31	0	0	0
68	2(A)	ESTÍMULO	kilómetro	LE 2 -32	3,66	11	31
69	2(A)	ESTÍMULO	kiosko	LE 2 -33	3,66	11	0
70	2(A)	ESTÍMULO	kiwi	LE 2 -34	3,66	11	0
71	2(A)	ESTÍMULO	kurdo	LE 2 -35	0	0	0
72	2(B)	CONTROL	ambos	LE 2 -36	123,5	1.135	81
73	2(B)	CONTROL	ámbito	LE 2 -37	123,5	1.135	13
74	2(B)	CONTROL	estado	LE 2 -38	151,2	372	265

#	Tipo de palabra	Tipo de Estímulo	Palabra	Prueba	Frec 1	Frec 2	Frec 3
75	2(B)	CONTROL	elección	LE 2 -39	151,2	372	22
76	2(B)	CONTROL	obra	LE 2 -40	27,55	334	407
77	2(B)	CONTROL	ojal	LE 2 -41	57,55	334	5
78	2(B)	CONTROL	último	LE 2 -42	31	94	276
79	2(B)	CONTROL	umbral	LE 2 -43	31	94	0
80	2(B)	CONTROL	idea	LE 2 -44	63,77	141	270
81	2(B)	CONTROL	ídolo	LE 2 -45	63,77	141	8
82	2(B)	CONTROL	bajo	LE 2 -46	46,14	234	180
83	2(B)	CONTROL	beso	LE 2 -47	24,2	66	32
84	2(B)	CONTROL	ribera	LE 2 -48	24,2	66	10
85	2(B)	CONTROL	labio	LE 2 -49	21,36	158	53
86	2(B)	CONTROL	botón	LE 2 -50	14,42	74	11
87	2(B)	CONTROL	globo	LE 2 -51	14,42	74	7
88	2(B)	CONTROL	jefe	LE 2 -52	33,5	92	58
89	2(B)	CONTROL	jején	LE 2 -53	33,5	92	0
90	2(B)	CONTROL	viaje	LE 2 -54	33,5	92	106
91	2(B)	CONTROL	lenguaje	LE 2 -55	33,5	92	35
92	2(B)	CONTROL	jinete	LE 2 -56	12	12	14
93	2(B)	CONTROL	jirafa	LE 2 -57	12	12	0
94	2(B)	CONTROL	tejido	LE 2 -58	12	12	20
95	2(B)	CONTROL	rojizo	LE 2 -59	12	12	6
96	2(B)	CONTROL	químico	LE 2 -60	19,6	63	24
97	Pseudopalabras		condelos	L14 E3 -01			
98	Pseudopalabras		sepordel	L14 E3 -02			
99	Pseudopalabras		compoles	L14 E3 -03			
100	Pseudopalabras		prifoner	L14 E3 -04			
101	Pseudopalabras		chifumel	L14 E3 -05			
102	Pseudopalabras		telación	L14 E3 -06			
103	Pseudopalabras		timienda	L14 E3 -07			
104	Pseudopalabras		rofuerga	L14 E3 -08			
105	Pseudopalabras		ornulles	L14 E3 -09			
106	Pseudopalabras		irburrín	L14 E3 -10			
107	Frecuencia	AF	palabra	LE 17-01			288
108	Frecuencia	AF	vida	LE 17-02			748
109	Frecuencia	AF	mujer	LE 17-03			584
110	Frecuencia	AF	obra	LE 17-04			407
111	Frecuencia	AF	vez	LE 17-05			716
112	Frecuencia	AF	verdad	LE 17-06			326
113	Frecuencia	AF	campo	LE 17-07			154
114	Frecuencia	AF	pueblo	LE 17-08			385
115	Frecuencia	AF	hijo	LE 17-09			380
116	Frecuencia	AF	siglo	LE 17-10			293
117	Frecuencia	BF	hembra	LE 17-11			9
118	Frecuencia	BF	vid	LE 17-12			6
119	Frecuencia	BF	ujier	LE 17-13			0
120	Frecuencia	BF	hebra	LE 17-14			6
121	Frecuencia	BF	tez	LE 17-15			14

#	Tipo de palabra	Tipo de Estímulo	Palabra	Prueba	Frec 1	Frec 2	Frec 3
122	Frecuencia	BF	maldad	LE 17-16			0
123	Frecuencia	BF	canto	LE 17-17			19
124	Frecuencia	BF	muelle	LE 17-18			10
125	Frecuencia	BF	higo	LE 17-19			0
126	Frecuencia	BF	trigo	LE 17-20			18
127	Largo	C	sor	LE 18-01			7
128	Largo	C	sien	LE 18-02			7
129	Largo	C	miel	LE 18-03			9
130	Largo	C	gris	LE 18-04			9
131	Largo	C	fiel	LE 18-05			11
132	Largo	C	té	LE 18-06			14
133	Largo	C	haz	LE 18-07			14
134	Largo	C	sed	LE 18-08			15
135	Largo	C	pez	LE 18-09			16
136	Largo	C	cruel	LE 18-10			16
137	Largo	L	herramientas	LE 18-11			7
138	Largo	L	sinnúmero	LE 18-12			7
139	Largo	L	miliciano	LE 18-13			9
140	Largo	L	generosidad	LE 18-14			9
141	Largo	L	inverosímil	LE 18-15			11
142	Largo	L	temperatura	LE 18-16			14
143	Largo	L	favorecer	LE 18-17			14
144	Largo	L	superstición	LE 18-18			15
145	Largo	L	preferencia	LE 18-19			16
146	Largo	L	crecimiento	LE 18-20			16
147	Abstracción	CC	corral	LE 19-01			12
148	Abstracción	CC	aguja	LE 19-02			11
149	Abstracción	CC	perro	LE 19-03			41
150	Abstracción	CC	gato	LE 19-04			20
151	Abstracción	CC	hueso	LE 19-05			29
152	Abstracción	CC	frente	LE 19-06			124
153	Abstracción	CC	carta	LE 19-07			103
154	Abstracción	CC	autor	LE 19-08			228
155	Abstracción	CC	hombre	LE 19-09			941
156	Abstracción	CC	mano	LE 19-10			297
157	Abstracción	AB	corporal	LE 19-11			14
158	Abstracción	AB	agudeza	LE 19-12			6
159	Abstracción	AB	perdón	LE 19-13			21
160	Abstracción	AB	gasto	LE 19-14			30
161	Abstracción	AB	suceso	LE 19-15			46
162	Abstracción	AB	muerte	LE 19-16			112
163	Abstracción	AB	falta	LE 19-17			104
164	Abstracción	AB	amor	LE 19-18			232
165	Abstracción	AB	grande	LE 19-19			795
166	Abstracción	AB	mundo	LE 19-20			443
169	1r/2r (A)	ESTÍMULO	centro	E15/E16 - 01	69,42	299	114
170	1r/2r (A)	ESTÍMULO	ceniza	E15/E16 - 02	69,42	299	8

#	Tipo de palabra	Tipo de Estímulo	Palabra	Prueba	Frec 1	Frec 2	Frec 3
171	1r/2r (A)	ESTÍMULO	conocer	E15/E16 - 03	69,42	299	339
172	1r/2r (A)	ESTÍMULO	calcetín	E15/E16 - 04	69,42	299	0
173	1r/2r (A)	ESTÍMULO	ciencia	E15/E16 - 05	81,27	370	216
174	1r/2r (A)	ESTÍMULO	paciencia	E15/E16 - 06	81,27	370	21
175	1r/2r (A)	ESTÍMULO	sociedad	E15/E16 - 07	81,27	370	92
176	1r/2r (A)	ESTÍMULO	sección	E15/E16 - 08	81,27	370	36
177	1r (A)	ESTÍMULO	general	E15 - 09	20,16	66	162
178	1r (A)	ESTÍMULO	germen	E15 - 10	20,16	66	12
179	1r (A)	ESTÍMULO	ingenio	E15 - 11	20,16	66	37
180	1r (A)	ESTÍMULO	auge	E15 - 12	20,16	66	6
181	1r (A)	ESTÍMULO	gitano	E15 - 13	14,45	100	7
182	1r (A)	ESTÍMULO	dirigir	E15 - 14	14,45	100	82
183	1r (A)	ESTÍMULO	frágil	E15 - 15	14,45	100	6
184	1r (A)	ESTÍMULO	extranjero	E15 - 16	12,8	104	53
185	1r (A)	ESTÍMULO	examen	E15 - 17	12,8	3	24
186	1r (A)	ESTÍMULO	axioma	E15 - 18	12,8	42	0
187	1r (A)	ESTÍMULO	taxi	E15 - 19	12,8	42	0
188	2r (A)	ESTÍMULO	guerra	E16 - 20	9	21	186
189	2r (A)	ESTÍMULO	gueto/ghetto	E16 - 21	9	21	10
190	2r (A)	ESTÍMULO	juguete	E16 - 22	9	21	0
191	2r (A)	ESTÍMULO	guía	E16 - 23	6,8	17	20
192	2r (A)	ESTÍMULO	guitarra	E16 - 24	6,8	17	8
193	2r (A)	ESTÍMULO	siguiente	E16 - 25	6,8	17	9
194	2r (A)	ESTÍMULO	águila	E16 - 26	6,8	17	10
195	1r (B)	ESTÍMULO	caso	E15 - 27	98,55	614	288
196	1r (B)	ESTÍMULO	ocaso	E15 - 28	98,55	614	6
197	1r (B)	ESTÍMULO	corazón	E15 - 29	128,75	411	154
198	1r (B)	ESTÍMULO	cercos	E15 - 30	128,75	411	6
199	1r (B)	ESTÍMULO	cuerpo	E15 - 31	27,46	229	160
200	2r (B)	ESTÍMULO	zapato	E16 - 32	29,2	177	13
201	2r (B)	ESTÍMULO	fuerza	E16 - 33	29,2	177	197
202	2r (B)	ESTÍMULO	zona	E16 - 34	23	48	99
203	2r (B)	ESTÍMULO	zozobra	E16 - 35	23	48	9
204	1r (B)	ESTÍMULO	razón	E16 - 36	23	48	198
205	2r (B)	ESTÍMULO	azúcar	E16 - 37	4,3	3	10
206	1r/2r (B)	ESTÍMULO	garganta	E15/E16 - 38	52,2	189	14
207	1r/2r (B)	ESTÍMULO	lugar	E15/E16 - 39	52,2	189	194
208	1r/2r (B)	ESTÍMULO	gobierno	E15/E16 - 40	26	89	183
209	1r/2r (B)	ESTÍMULO	gozo	E15/E16 - 41	26	89	6
210	1r/2r (B)	ESTÍMULO	fuego	E15/E16 - 42	26	89	66
211	1r/2r (B)	ESTÍMULO	dragón	E15/E16 - 43	26	89	8
212	1r/2r (B)	ESTÍMULO	gusano	E15/E16 - 44	13,55	46	5
213	1r/2r (A)	ESTÍMULO	figura	E15/E16 - 45	13,55	46	98

