Mémoire de fin d'études

Université de Limoges

Institut Limousin de FOrmation aux MÉtiers de la Réadaptation

Orthophonie

Utilisation du nombre au quotidien, déclin cognitif et raisonnement dans la maladie d'Alzheimer

Intérêt clinique de l'élaboration de profils types en fonction des performances cognitives et logiques

Mémoire présenté et soutenu par

Emilie BALAS

Le 18 juin 2020

Mémoire dirigé par

Mme Audrey Pépin Boutin

Orthophoniste

Membres du jury

Mme Sylvie Jacquet, orthophoniste

Mme Isabelle Vincent, orthophoniste

ars Agence Régionale de Santé

CHU Centre hospitalier universitaire Limoges

Région Nouvelle-Aquitaine

Remerciements

Je tiens avant tout à remercier Mme Audrey Pépin-Boutin, responsable pédagogique adjointe, directrice de la coordination des mémoires et orthophoniste. Votre accompagnement a été très précieux, grâce à votre rigueur, votre disponibilité, votre optimisme et la confiance que vous m'avez accordée, me laissant le temps de cheminer dans ma réflexion. Je vous remercie également pour la qualité de votre enseignement de la cognition mathématique et du raisonnement. Votre enthousiasme contagieux a largement contribué au choix de mon thème de recherche.

Je souhaite aussi remercier Mme Agnès Thibault, responsable pédagogique, directrice des stages et orthophoniste, pour l'énergie et l'investissement qu'elle fournit à l'ILFOMER. Croiser votre chemin a été une chance. Vous nous avez beaucoup apporté au cours de ces cinq années d'études, aussi bien en termes de savoirs théoriques que de réflexion sur notre identité de futures orthophonistes.

Mes remerciements vont aussi à Mme Valérie Moriau, orthophoniste, qui m'a permis de réaliser une grande partie de mon expérimentation à l'EHPAD du CH de Saint-Junien, dans lequel elle intervient. Je remercie également Mme Ludivine Riegert, neuropsychologue, qui m'a ouvert les portes de la consultation mémoire du CHU de Limoges.

Un très grand merci aux patients qui ont accepté de participer à mon étude.

Merci à Mme Isabelle Vincent, membre de l'équipe pédagogique et orthophoniste, pour m'avoir aidée dans l'élaboration de ce mémoire et accepté de faire partie de mon jury de soutenance.

Merci à Mme Sylvie Jacquet pour sa prélecture attentive et ses précieuses remarques, merci également d'avoir accepté de faire partie de mon jury de soutenance.

J'adresse un immense merci à M Olivier Prot, chargé d'enseignement au sein de l'ILFOMER. Merci pour votre aide, votre disponibilité et votre patience ! Grâce à vous, j'ai pu utiliser le logiciel R de manière relativement autonome et réaliser des ACP, ce qui, au vu de ma motivation et de mon niveau initiaux, relève de l'exploit !

Merci également à Mme Juliette Elie-Deschamps et à Mme Pascale Méchin, enseignantes à l'ILFOMER, pour la qualité des enseignements portant sur la méthodologie de la recherche et pour leur accompagnement au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci évidemment à mes camarades de promotion ! Merci pour votre gentillesse, votre bonne humeur et surtout pour avoir subi sans broncher, pendant cinq ans, mes pénibles interventions pendant les cours, ainsi que mes blagues nulles le reste du temps !

Merci à Thomas Dannequin et à Mauricio Pochettino pour avoir mis vos talents polyglottes au service de ce mémoire.

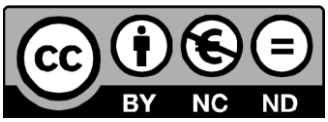
Merci à ma mère de m'avoir encouragée et aidée dans mon projet. J'ai pu compter sur toi, comme toujours, ce qui m'a permis de rester aussi sereine que possible tout au long de ces cinq années.

Merci à Jackson, Joanne et Elena pour votre soutien dans cette aventure. Ces cinq années ont pu nous paraître parfois interminables, mais nous y sommes arrivés, ensemble ! Votre appui et votre patience m'ont permis de m'investir pleinement dans cette nouvelle voie, sans toutefois m'y perdre, tant vous m'avez rappelé, dans les moments difficiles, ce qui était important. A présent une page se tourne !

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Droits d’auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :
« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »
disponible en ligne : *http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/*



Licence CC BY-NC-ND 3.0

Charte anti-plagiat

La Direction Régionale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale délivre sous l'autorité du Préfet de région les diplômes du travail social et des auxiliaires médicaux et sous l'autorité du Ministre chargé des sports les diplômes du champ du sport et de l'animation.

Elle est également garante de la qualité des enseignements délivrés dans les dispositifs de formation préparant à l'obtention de ces diplômes.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue que les directives suivantes sont formulées à l'endroit des étudiants et stagiaires en formation.

Article 1 :

Tout étudiant et stagiaire s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, l'engagement suivant :

Je, soussignée Emilie BALAS

atteste avoir pris connaissance de la charte anti plagiat élaborée par la DRDJSCS NA – site de Limoges et de m'y être conformée.

Et certifie que le mémoire/dossier présenté étant le fruit de mon travail personnel, il ne pourra être cité sans respect des principes de cette charte.

Fait à Limoges, Le 25 mai 2020

Article 2 :

« Le plagiat consiste à insérer dans tout travail, écrit ou oral, des formulations, phrases, passages, images, en les faisant passer pour siens. Le plagiat est réalisé de la part de l'auteur du travail (devenu le plagiaire) par l'omission de la référence correcte aux textes ou aux idées d'autrui et à leur source ».

Article 3 :

Tout étudiant, tout stagiaire s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté(e) ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 4 :

Le plagiaire s'expose aux procédures disciplinaires prévues au règlement intérieur de l'établissement de formation. Celles-ci prévoient au moins sa non présentation ou son retrait de présentation aux épreuves certificatives du diplôme préparé.

En application du Code de l'éducation et du Code pénal, il s'expose également aux poursuites et peines pénales que la DRJSCS est en droit d'engager. Cette exposition vaut également pour tout complice du délit.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Vérification de l'anonymat

Mémoire Certificat de Capacité d'Orthophoniste

Session de juin 2020

Attestation de vérification d'anonymat

Je soussignée Emilie BALAS

Etudiante de 5ème année

Atteste avoir vérifié que les informations contenues dans mon mémoire respectent strictement l'anonymat des personnes et que les noms qui y apparaissent sont des pseudonymes (corps de texte et annexes).

Si besoin l'anonymat des lieux a été effectué en concertation avec mon Directeur de mémoire.

Fait à : Limoges

Le : 25 mai 2020

Signature de l'étudiante

Emilie Balas

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Glossaire

ACP : Analyse en Composantes Principales

AVQ : Activité de la Vie Quotidienne

BEHAVE-AD : Behavioural Pathology in Alzheimer's Disease

BENQ : Batterie d'Evaluation des Nombres au Quotidien

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

CMRR : Centre Mémoire de Ressources et de Recherche

DS : Déviation Standard

DSM5 : Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux – Cinquième Edition

EC301 : Evaluation du Traitement du Nombre et du Calcul chez l'Adulte

ECAN : Evaluation Clinique des Aptitudes Numériques

EHPAD : Etablissement d'Hébergement pour les Personnes Âgées dépendantes

ERLA : Exploration du Raisonnement et du Langage Associé

FAST : Fonctional Assessment Staging Tool

GDS : Global Deterioration Scale

GRECO : Groupe de Réflexion sur les Evaluations Cognitives

HAS : Haute Autorité de Santé

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

MCI : Mild Cognitive Impairment

MMS : Mini Mental State Examination

NADL : Numerical Activities of Daily Living

NADL : Numerical Activities of Daily Living – Financial

NIA-AA : National Institute of Aging et Alzheimer's Association

NSC : Niveau Socio-Culturel

PCS : Profession et Catégorie Socioprofessionnelle

TLC2 : Test Lillois de Calcul 2

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Table des matières

Introduction 11
Partie théorique 12
1. Maladie d'Alzheimer et répercussions fonctionnelles 12
1.1. Critères diagnostics et sémiologie 12
1.1.1. Critères diagnostics 12
1.1.2. Stades cliniques 13
1.1.3. Sémiologie 13
1.2. Les conséquences sur les activités de la vie quotidienne 15
2. Raisonnement et cognition numérique 16
2.1. La cognition numérique 16
2.1.1. Le traitement des nombres et les transcodages 17
2.1.2. La quantification 18
2.1.3. La résolution d'opérations 18
2.2. Le raisonnement et la construction du nombre 19
2.2.1. La pensée logique 19
2.2.2. La construction du nombre 20
2.2.3. Limites de la théorie de Piaget et apports de la théorie des systèmes de Houdé 20
3. L'acalculie dans la maladie d'Alzheimer 22
3.1. Travaux portant sur l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer 22
3.2. Caractéristiques 22
3.3. Processus impliqués dans l'acalculie 23
3.3.1. Acalculie primaire 23
3.3.2. L'acalculie liée au déficit des fonctions cognitives 24
3.3.3. L'acalculie liée à l'aphasie 25
3.3.4. L'altération du raisonnement 25
Problématique et hypothèses 27
1. Problématique 27
2. Hypothèses 27
Protocole expérimental 29
1. Population 29
1.1. Critères de recrutement 29
1.2. Mode de recrutement 29
2. Matériel expérimental 30
2.1. Evaluation cognitive 30
2.2. Evaluation de l'acalculie 31
2.3. Evaluation du niveau de raisonnement 32
3. Protocole de passation 33
4. Variables 33
4.1. Variables qualitatives 33
4.1.1. Variables nominales 33
4.1.2. Variables ordinales 34
4.2. Variables quantitatives 34
5. Analyse des données 34
5.1. Analyse quantitative 34

Licence CC BY-NC-ND 3.0

5.2. Traitement statistique 35
5.3. Analyse qualitative 35
Présentation des résultats 37
1. Caractéristiques de la population recrutée 37
2. Résultats 38
2.1. Analyse quantitative 38
2.1.1. Epreuves de la BENQ 38
2.1.2. Epreuve de l'ERLA 40
2.1.3. Traitement en ACP 40
2.1.3.1. ACP n°1 40
2.1.3.2. ACP n°2 42
2.1.3.3. ACP n°3 46
2.2. Analyse qualitative 48
2.2.1. Productions des patients 49
2.2.2. Langage 49
2.2.3. Manipulation 50
2.2.4. Mobilité de pensée 50
2.2.5. Niveau de classification 51
3. Synthèse des principaux résultats 51
Discussion des résultats 52
1. Confrontation des résultats aux hypothèses et à la littérature 52
1.1. Hypothèse générale 1 52
1.1.1. Confrontation de l'hypothèse générale 1 et des hypothèses opérationnelles aux résultats de l'expérimentation 52
1.1.2. Interprétation des résultats et comparaison avec les données de la littérature 53
1.2. Hypothèse générale 2 55
1.2.1. Confrontation de l'hypothèse générale 2 aux résultats de l'expérimentation 55
1.2.2. Interprétation des résultats et comparaison avec les données de la littérature 57
2. Biais méthodologiques et limites de l'étude 58
2.1. Biais et limites liées à l'échantillon 58
2.1.1. Recrutement de l'échantillon 58
2.1.2. Caractéristiques de l'échantillon 59
2.2. Biais et limites liés au protocole 60
2.3. Biais et limites liés au matériel 60
2.3.1. MMS 60
2.3.2. BENQ 60
2.3.3. ERLA 61
3. Intérêts de l'étude 62
3.1. Perspectives pour la pratique clinique 62
3.2. Perspectives de recherche 62
Conclusion 64
Références bibliographiques 65
Annexes 83

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Table des illustrations

Figure 1 : Graphe des variables de l'ACP n°1 41
Figure 2 : Graphe des individus de l'ACP n°1 42
Figure 3 : Graphe des variables de l'ACP n°2 43
Figure 4 : Graphe des individus de l'ACP n°2 44
Figure 5 : Scores totaux au MMS des groupes 1 et 2 45
Figure 6 : Scores bruts à la BENQ des groupes 1 et 2 45
Figure 7 : Scores bruts à l'ERLA des groupes 1 et 2 46
Figure 8 : Graphe des variables de l'ACP n°3 47
Figure 9 : Graphe des individus de l'ACP n°3 48
Figure 10 : Modèle de MacCloskey (1985) 84
Figure 11 : Modèle du triple code de Dehaene (1992) 85

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Table des tableaux

Tableau 1 : Critères d'inclusion et d'exclusion 29
Tableau 2 : Valeurs normatives dans la tranche d'âge 50-79 ans selon le niveau socioculturel 31
Tableau 3 : Epreuves de la BENQ et processus impliqués 31
Tableau 4 : Qualification du niveau de conduite selon les variables qualitatives 35
Tableau 5 : Caractéristiques de l'échantillon 37
Tableau 6 : Scores totaux et par domaine obtenus à la BENQ et Z scores arrondis au centième près 39
Tableau 7 : Moyennes et Z scores des résultats de l'échantillon par subtest arrondis au centième près 39
Tableau 8 : Résultats et temps de passation à l'ERLA 40
Tableau 9 : Coefficients de Spearman appliqués aux scores bruts totaux au MMS, à la BENQ et à l'ERLA, arrondis au centième près 41
Tableau 10 : Coefficients de Spearman appliqués aux scores bruts totaux au MMS, aux trois domaines de la BENQ et à l'ERLA, arrondis au centième près 43
Tableau 11 : Analyse qualitative - Type de production 49
Tableau 12 : Analyse qualitative - Conduites langagières 50
Tableau 13 : Niveaux de classification 51

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Introduction

Imaginez un monde sans nombres. Un monde où il ne serait plus possible de numéroter des maisons pour les identifier, d'attribuer une valeur monétaire aux objets, de s'accorder sur une heure pour un rendez-vous, de transmettre de manière précise la quantité de farine nécessaire à la réalisation d'un gâteau, de mesurer la vitesse à laquelle nous roulons, etc. Les exemples sont nombreux, tant les nombres sont omniprésents dans notre quotidien pour mesurer le temps, l'espace et le poids, fabriquer et échanger des objets, dénombrer, évaluer, construire, gérer, communiquer, etc. On conçoit dès lors à quel point ne plus maîtriser cet outil est handicapant.

L'acalculie est un trouble acquis du calcul et du traitement des nombres. Elle constitue un des symptômes fréquents de la maladie d'Alzheimer (Carlomagno et al., 1999). Comme les autres déficits observés dans cette maladie, elle s'exprime différemment d'un individu à l'autre : certaines personnes éprouvent des difficultés à lire l'heure ou les numéros de téléphone, d'autres à effectuer des calculs simples, d'autres encore à appréhender les quantités que recouvrent les nombres.

Les études consacrées à l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer ont permis d'identifier plusieurs types de processus cognitifs impliqués dans ce trouble. Les unes évoquent une acalculie primaire tandis que d'autres estiment que l'acalculie est à mettre en relation avec la dégradation cognitive (Girelli & Delazer, 2001). Ces différentes conclusions sont peut-être le reflet de l'existence de profils d'acalculie distincts dans la maladie d'Alzheimer, profils dont la mise en évidence devrait orienter l'intervention orthophonique. En effet, il serait alors nécessaire de tenir compte des spécificités de chaque profil, aussi bien lors de l'évaluation que tout au long de la prise en soin.

Par ailleurs, à notre connaissance, aucune étude n'a examiné le lien entre acalculie et déficit logique. Pourtant, la théorie constructiviste s'est attachée à prouver l'importance du raisonnement logique dans l'élaboration et l'utilisation du nombre comme outil (Piaget & Szeminska, 1941 ; Chalon-Blanc, 2005). De surcroît, des études ont montré que le raisonnement connaît une altération dans la maladie d'Alzheimer (McGregor Thornbury, 1993 ; M. A. Matteson et al., 1996a ; Mahoney, 2003).

Ces considérations nous amènent à poser la question de recherche suivante : peut-on, en fonction du niveau cognitif et du niveau de raisonnement, dégager des profils parmi des personnes situées aux stades léger à modéré de la maladie d'Alzheimer et présentant une altération de l'utilisation des nombres dans la vie quotidienne ?

Nous postulons que le niveau cognitif général de la personne atteinte de la maladie d'Alzheimer est prédictif d'une part de ses performances dans les activités numériques de la vie quotidienne et d'autre part de son niveau de raisonnement. Nous nous attendons également à pouvoir distinguer des tendances générales concernant les fonctionnements cognitifs et numériques des personnes de notre population d'étude. Ces tendances pourraient délimiter des modes de fonctionnement spécifiques illustrant des profils cliniques.

Notre travail a pour objet de mettre à l'épreuve ces hypothèses. Nous synthétiserons premièrement les données théoriques ayant conduit à la formulation de notre problématique et soutenant la construction de notre protocole expérimental. Celui-ci sera exposé puis les résultats obtenus seront présentés et discutés.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Partie théorique

Nous exposerons dans cette partie les éléments théoriques qui nous ont amenée à poser notre problématique et nos hypothèses de recherche. Dans un premier temps, nous présenterons la maladie d'Alzheimer, ses manifestations et ses répercussions dans la vie quotidienne. Dans un deuxième temps, nous évoquerons les théories et modèles de la cognition numérique et du raisonnement logico-mathématique. Dans un troisième temps, nous décrirons l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer et les processus impliqués dans ce trouble.

1. Maladie d'Alzheimer et répercussions fonctionnelles

La maladie d'Alzheimer est la première cause de trouble neurocognitif et de dépendance de la personne âgée. En France, la Haute Autorité de Santé (HAS) estime que 600 000 à 800 000 personnes en sont atteintes et prévoit un million de cas d'ici à 2023 (Haute Autorité de Santé, 2018a).

D'après la traduction française de la cinquième édition du manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux de l'association américaine de psychiatrie (DSM5-2013) le trouble neurocognitif est un « déclin cognitif significatif par rapport à un niveau antérieur de fonctionnement dans un ou plusieurs domaines cognitifs » (American Psychiatric Association, 2016, p. 264) Ce déficit n'est pas expliqué par un état confusionnel ou par une maladie mentale. Le trouble neurocognitif dû à la maladie d'Alzheimer se caractérise par la dégradation de la mémoire et des apprentissages et d'au moins un autre domaine cognitif (American Psychiatric Association, 2016).

1.1. Critères diagnostics et sémiologie

1.1.1. Critères diagnostics

Le regard sur les maladies neurodégénératives et la maladie d'Alzheimer a été modifié au cours de la dernière décennie. En effet, en 1984, le National Institute on Aging et l'Alzheimer's Association (NIA-AA) publiaient des critères diagnostics de la maladie d'Alzheimer basés sur la dégradation progressive des fonctions cognitives, avec l'atteinte mnésique au premier plan. Cependant, les recherches portant sur les processus pathologiques sous-jacents ont mis en évidence la présence de modifications neuropathologiques plusieurs années avant l'apparition des premiers symptômes cliniques. Cette découverte a conduit le NIA-AA à réviser ses critères diagnostics en 2011 pour encourager la recherche systématique de modifications neuropathologiques et favoriser ainsi un dépistage et une intervention précoces. Néanmoins, en l'absence de troubles cognitifs, le diagnostic reposant sur ces critères reste un pronostic d'évolution : les anomalies neuropathologiques décelées chez une personne permettent de déterminer une probabilité de maladie d'Alzheimer et non de poser un diagnostic ferme (Molin & Rockwood, 2016).

Le diagnostic repose désormais sur trois types de critères (Guichart Gomez & Hahn, 2016) :

- Le phénotype biologique mis en évidence par la recherche de biomarqueurs protéiniques dans le liquide cérébrospinal ;
- Le phénotype topographique recherché par neuroimagerie ;
- Le phénotype clinique évalué par des bilans neuropsychologiques.

Le phénotype biologique est caractérisé par deux phénomènes : d'une part la diminution du taux de peptides bêta-amyloïdes responsables de la formation de plaques amyloïdes

Licence CC BY-NC-ND 3.0

extracellulaires et d'autre part l'augmentation de la concentration en protéines Tau qui engendre une dégénérescence neurofibrillaire intracellulaire (Veitch et al., 2019). Ce phénotype existe dans la forme classique de la maladie d'Alzheimer, mais aussi dans des présentations atypiques non amnésiques telles que l'aphasie primaire progressive logopénique ou l'atrophie corticale postérieure (Guichart Gomez & Hahn, 2016).

Le phénotype topographique suit une progression constante. La dégénérescence neurofibrillaire et la mort neuronale ont d'abord lieu dans la région transentorhinale et l'hippocampe. Elles s'étendent ensuite aux régions temporale, frontale et pariétale. Enfin, elles gagnent les aires sensorielle et motrice primaires (Arendt et al., 2017).

Le phénotype clinique est caractérisé par un déficit cognitif d'installation progressive. La mémoire épisodique est la première fonction touchée. Puis le déficit s'étend à d'autres fonctions : le système exécutif, l'attention, les praxies, les gnosies et le langage (Sabadell et al., 2018). Des troubles du comportement peuvent également être associés (Hugonot-Diener et al., 2008).

Quel que soit le phénotype retenu, aucun n'est spécifique de la maladie d'Alzheimer typique (Jack et al., 2018). Ainsi, la présence des biomarqueurs est retrouvée dans un large spectre clinique allant de l'absence de troubles cognitifs au trouble neurocognitif majeur(McKhann et al., 2011). De même, l'amnésie est un symptôme clinique pouvant résulter de différentes étiologies neurologiques ou psychiatriques.

En 2018, la HAS recommandait d'établir un diagnostic dès les premiers signes de la maladie avec la recherche de signes révélateurs d'un trouble neurocognitif, un bilan biologique et une imagerie cérébrale (Haute Autorité de Santé, 2018a).

1.1.2. Stades cliniques

Trois phases sont décrites dans la maladie d'Alzheimer.

Le stade préclinique durerait de 10 à plus de 20 ans. Il s'agit de la phase la plus longue, au cours de laquelle débute la modification des taux de protéines Tau et de peptides bêta-amyloïdes (Croisile et al., 2012 ; Jack et al., 2018 ; Alzheimer's Association, 2019). Une légère baisse du niveau cognitif serait observable jusqu'à neuf ans avant que le diagnostic de maladie d'Alzheimer ne soit posé (Amieva et al., 2005).

Le stade prodromal ou Mild Cognitive Impairment (MCI) constitue la deuxième phase de la maladie. Les premiers déficits cognitifs sont constatés par le patient et/ou son entourage. Ils concernent un ou plusieurs domaines cognitifs et les performances sont inférieures à celles attendues à âge et niveau socio-éducatif similaires. Les résultats aux tests psychométriques se situent entre -1 à -1,5 déviations standard (DS). Les activités de la vie quotidienne et l'autonomie sont relativement préservées, même si le déficit cognitif peut entraîner une gêne fonctionnelle (Croisile et al., 2012). Le MCI peut évoluer ou non vers le trouble neurocognitif.

Le trouble neurocognitif majeur constitue la troisième phase. A ce stade, le déclin cognitif perturbe les activités de la vie quotidienne et limite l'autonomie. Progressivement, il s'étend à l'ensemble des domaines cognitifs.

1.1.3. Sémiologie

Sur le plan clinique, les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer peuvent présenter des symptômes très hétérogènes, affectant les domaines cognitif, fonctionnel et comportemental.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Ces symptômes constituent des changements significatifs par rapport à la période précédant la survenue de la maladie et sont différents des changements attribués au vieillissement cognitif normal (Atri, 2019). Le signe le plus caractéristique est la détérioration de la mémoire épisodique. L'altération des fonctions exécutives, de l'attention, des praxies, des gnosies est également établie (Sabadell et al., 2018). De plus, certaines fonctions commencent à décliner dès le stade pré-clinique, comme la perception, la mémoire visuelle, le langage (Amieva et al., 2005) ou encore le raisonnement abstrait et la mémoire verbale (Elias et al., 2000). Enfin, le traitement des nombres et le calcul peuvent également être atteints (Grafman et al., 1989 ; Cartier, 2013).

L'atteinte mnésique constitue un signe inaugural dans la maladie d'Alzheimer typique et reste prédominante tout au long de la maladie. Les trois composantes les plus sévèrement altérées sont la mémoire épisodique, la mémoire de travail et la mémoire sémantique. Le déclin de la mémoire épisodique antérograde concerne d'abord les souvenirs les plus récents puis s'étend progressivement aux souvenirs plus anciens. Cette atteinte serait principalement liée à un déficit de la phase d'encodage des informations et, dans une moindre mesure, des phases de stockage et de récupération (Rousseau, 2011 ; Amieva et al., 2014). La détérioration de la mémoire de travail se traduit par une atteinte de l'administrateur central dès le stade prodromal, puis du calepin visuo-spatial et de la boucle phonologique (Boissonade & Dziewa, 2015). Enfin, l'altération de la mémoire sémantique perturbe le langage et particulièrement l'accès au lexique, ce qui se manifeste par un manque du mot (Amieva et al., 2014).

L'atteinte mnésique engendre des dysfonctionnements tels que poser la même question ou donner la même information sur des périodes courtes, perdre des objets personnels, oublier des événements récents, des rendez-vous à venir ou des noms de personnes, se perdre sur un trajet connu ou encore avoir besoin d'aide pour accomplir des tâches autrefois réalisées seul (McKhann et al., 2011 ; Atri, 2019).

La mémoire procédurale reste, quant à elle, plus longtemps préservée (Rousseau, 2011). Cela explique le maintien des savoir-faire acquis depuis longtemps et automatisés. Toutefois, la présence d'autres troubles mnésiques gêne l'apprentissage de nouvelles procédures. (Amieva et al., 2014).

Les autres altérations cognitives concernent :

- Les fonctions exécutives dès le stade prodromal de la maladie d'Alzheimer, avec une perturbation de la flexibilité mentale, de l'inhibition volontaire et des capacités d'organisation et de planification. Ces déficits auraient des répercussions sur les capacités à résoudre des problèmes (Rousseau, 2011). Les processus d'inhibition automatique seraient préservés (Amieva et al., 2014) ;
- Le langage, dont le déclin très progressif perturbe peu à peu la communication (Rousseau, 2011). Ce déficit est d'abord marqué par une anomie, puis s'étend à d'autres domaines du langage (compréhension, pragmatique). Au stade sévère, la production et la compréhension se dégradent fortement. Le trouble peut parfois même présenter les caractéristiques d'une aphasie globale au stade terminal (Bourin, 2015) ;
- Les apraxies : apraxies ideomotrices, de l'habillage ou encore constructives (Amieva et al., 2014 ; Bourin, 2015) ;
- L'agnosie, pour toutes les modalités sensorielles, particulièrement la prosopagnosie, constante et sévère aux stades avancés, le patient ne se reconnaissant plus lui-même dans un miroir (Amieva et al., 2014 ; Bourin, 2015) ;

Licence CC BY-NC-ND 3.0

- L'acalculie avec des difficultés dans les tâches de traitement du nombre, de calcul, de résolution de problèmes (Carlomagno et al., 1999), de transcodage et de numérosité (Bougrine & Angles, 2013) ;
- Le raisonnement abstrait dont l'atteinte interviendrait dès la phase pré-clinique (Elias et al., 2000).

Enfin, jusqu'à 70 à 90 % des personnes présentant une maladie d'Alzheimer développent au moins un trouble psychique ou comportemental au cours de la maladie (Steinberg et al., 2003). Les signes les plus courants sont l'anxiété, l'apathie et la dépression (Vanderheyden et al., 2017). L'agitation, l'opposition, l'agressivité, le délire, la désinhibition, les cris, les troubles du rythme veille / sommeil et les comportements moteurs aberrants tels que la déambulation ou les gestes répétitifs et stéréotypés font également partie des troubles du comportement perturbateurs répertoriés (Haute Autorité de Santé, 2009).

1.2. Les conséquences sur les activités de la vie quotidienne

D'après la HAS, « le déclin fonctionnel est une caractéristique centrale de la maladie d'Alzheimer ; il est évolutif et conduit le patient vers un état d'incapacité » (Haute Autorité de Santé, 2018b, p. 1). Le déclin de l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne fait partie des critères diagnostics du trouble neurocognitif majeur (American Psychiatric Association, 2016)

A la fin des années 1950, Katz et ses collaborateurs définissent les activités de la vie quotidienne (AVQ) de base comme l'ensemble des activités nécessaires à la survie. Le soin et l'hygiène, les transferts, la continence ou encore l'alimentation constituent des exemples d'AVQ de base (Katz et al., 1963 ; Noelker & Browdie, 2014).

Ce concept est ensuite enrichi par Lawton et Brody (1969) avec les activités instrumentales de la vie quotidienne, activités complexes pour lesquelles des processus cognitifs multiples sont nécessaires (Jutten et al., 2017). Parmi ces activités, on peut citer les courses, la préparation des aliments ou encore l'entretien ménager. Les activités instrumentales sont hiérarchisées en fonction du degré de complexité qu'elles requièrent.

Enfin, les activités sociales de la vie quotidienne sont les plus complexes. Elles regroupent les activités de maintien des relations sociales, familiales et des loisirs (Michalon et al., 2019).

Dans la maladie d'Alzheimer, l'altération de la capacité à accomplir les AVQ serait corrélée au déclin cognitif (Michalon et al., 2019). Cette restriction serait liée à la baisse de volume de matière grise dans l'hippocampe gauche et le lobe temporal interne, atrophies caractéristiques de la maladie d'Alzheimer (Jutten et al., 2019). Les activités sociales et instrumentales, plus complexes, seraient altérées avant les activités de base. Ainsi, un retrait de la vie sociale et des activités de loisirs, des difficultés à gérer les finances, faire les courses et effectuer des activités ménagères ou de petit bricolage seraient observés dès l'obtention d'un score au Mini Mental State Examination inférieur à 26 (MMS de Folstein et al., 1975) (Michalon et al., 2019). Les activités instrumentales les plus fortement corrélées avec le déclin cognitif seraient l'utilisation du téléphone, l'utilisation des moyens de transport, l'observance de son traitement médicamenteux et la manipulation de l'argent (Barberger-Gateau et al., 1993). Toutes ces activités requièrent l'utilisation du nombre. Or l'acalculie fait partie des troubles cognitifs recensés dans la maladie d'Alzheimer.

En 2003, Martini et ses collaborateurs étudient les conséquences de l'acalculie sur les AVQ chez des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Ils mettent au point des tâches

Licence CC BY-NC-ND 3.0

écologiques utilisant le nombre, c'est-à-dire « focalisées sur l'interaction entre le patient et son environnement réel » (Brin et al., 2011, p.31). Se servir d'une grille d'horaires de bus, d'un programme de télévision ou encore payer avec de l'argent et rendre la monnaie constituent des exemples de tâches proposées dans cette étude (Martini et al., 2003). L'objectif des auteurs est d'évaluer si un contexte signifiant facilite la réalisation d'activités ou non. Leurs résultats montrent que les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer ont davantage de difficultés à réaliser des tâches numériques de la vie courante que des tâches de calcul ou de transcodage analytiques. D'après ces auteurs, cette différence est due à l'altération des connexions cérébrales entre les aires associatives des lobes frontaux, pariétaux et temporaux, empêchant la bonne coordination entre les différentes fonctions cognitives nécessaires à la réalisation de tâches numériques de la vie courante.

En 2014, une nouvelle échelle de mesure des activités de la vie quotidienne, la Numerical Activities of Daily Living (NADL) vise à repérer les incapacités numériques susceptibles d'être sources de difficultés au quotidien (Semenza et al., 2014). Sa traduction en français a récemment fait l'objet d'un mémoire d'orthophonie (Capdeboscq, 2018).

Enfin, la Numerical Activities of Daily Living – Financial (NADL-F) est élaborée en 2017. Cette échelle mesure la capacité à traiter et manipuler le nombre dans des activités utilisant l'argent telles compter de la monnaie, lire des nombres ou encore calculer des pourcentages (Arcara et al., 2017).

Toutes ces études font état d'une altération des performances des patients avec MCI ou maladie d'Alzheimer lors de la réalisation d'activités numériques de la vie quotidienne.

L'incapacité à accomplir les activités de la vie quotidienne conduit à une importante restriction de l'autonomie et conditionne la possibilité de maintien à domicile des patients (Lenouvel et al., 2019). Dès lors, il semble que l'étude et la prise en soin de l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer constituent des leviers importants pour le maintien des activités instrumentales et sociales et, par conséquent, de l'autonomie de la personne.

2. Raisonnement et cognition numérique

L'acalculie dans la maladie d'Alzheimer engendre une restriction de l'accomplissement des activités de la vie quotidienne. C'est pourquoi l'étude et la prise en soin de ce trouble peuvent contribuer à améliorer la qualité de vie et soutenir l'autonomie des personnes qui en sont atteintes.

Avant de décrire ses caractéristiques, il nous semble nécessaire d'exposer les principales théories concernant le nombre et les fonctions cognitives qui sous-tendent son utilisation. Tout d'abord, nous présenterons les principaux termes, concepts et modèles neuropsychologiques qui définissent et expliquent la cognition numérique. Ensuite, nous exposerons les aspects de la théorie constructiviste relatifs à l'acquisition et l'utilisation du nombre au cours du développement de l'enfant. En effet, cette théorie éclaire le lien entre raisonnement et activités numériques. Or, nous le verrons plus loin, il pourrait être pertinent d'examiner ce lien dans la maladie d'Alzheimer.

2.1. La cognition numérique

La cognition numérique désigne :

Licence CC BY-NC-ND 3.0

> *l'ensemble des processus mentaux qui permettent de traiter et reconnaître des chiffres arabes vus ou des noms de nombres entendus, d'accéder à la quantité qu'ils représentent, de comparer ces quantités pour déterminer laquelle est la plus grande / petite, de déterminer s'ils sont pairs / impairs, de les additionner, soustraire, multiplier ou diviser, etc*. (Houdé et al., 2002, p.522)

Les principales activités numériques sont la lecture et l'écriture de nombres, la quantification et la résolution d'opérations arithmétiques.

2.1.1. Le traitement des nombres et les transcodages

Le traitement des nombres désigne les activités de lecture et d'écriture des nombres en code verbal ou arabe.

A partir de 1982, Deloche et Séron publient une série d'articles visant à décrire les processus de traitement du nombre selon un point de vue psycholinguistique (notamment Deloche & Seron, 1982a, 1982b ; Seron & Deloche, 1984). Ces auteurs considèrent que les numéraux arabes et les numéraux verbaux oraux ou écrits constituent deux codes distincts, si bien que leur lecture et leur écriture nécessitent des processus de transcodages. Le code des numéraux verbaux repose sur un lexique constitué des mots-nombres et sur une syntaxe faite de relations additives (« dix-sept ») ou multiplicatives (« trois cents »), les nombres complexes combinant ces deux types de relation (« quatre-vingt-trois mille cinq cent soixante-dix-sept ») (Seron, 1995). Le code arabe possède un lexique constitué des signes 0 à 9 et utilise une notation positionnelle de base 10, c'est-à-dire que la position du chiffre détermine la puissance de dix par laquelle il est multiplié. Le recours à une représentation sémantique de la quantité n'est pas nécessaire si les règles de transcodage sont préservées (Seron, 1995). Le modèle proposé par Deloche et Séron est donc asémantique (Prévost-Tarabon & Villain, 2014). Il permet une analyse des erreurs de transcodage en distinguant les erreurs syntaxiques et lexicales et, parmi ces dernières, les erreurs de classe (13 → « trente ») et les erreurs de position (« cinq » → 8).

Développé en 1985, le modèle de McCloskey (Cf. Annexe I) prend en compte les transcodages, mais aussi le calcul. McCloskey postule l'existence de trois systèmes : un système de compréhension (module d'entrée), un système de production (module de sortie) et un système de calcul. Chaque système intègre des sous-systèmes numériques spécifiques à chaque code avec un traitement lexical et syntaxique. Les sous-systèmes peuvent être atteints de manière isolée ou non à la suite d'une lésion cérébrale. Les trois systèmes sont reliés par un module dédié à la représentation sémantique abstraite des quantités, sollicité pour tous les transcodages et les calculs (McCloskey et al., 1985 ; Prévost-Tarabon & Villain, 2014). Le modèle de McCloskey permet d'interpréter précisément les difficultés rencontrées par un patient cérébrolésé dans des activités de traitement numérique. Cependant, le passage obligatoire par la représentation sémantique abstraite reste controversé.

En 1992, Dehaene crée un modèle (Cf. Annexe II) dans lequel figurent trois codes ou représentations possibles du nombre : le code verbal auditif, le code visuel arabe et le code analogique (Dehaene, 1992). Chaque code possède des caractéristiques de compréhension et de production spécifiques. Les codes verbal auditif et visuel arabe sont des représentations symboliques du nombre non sémantiques. A l'inverse, le code analogique est une représentation sémantique non symbolique des quantités. C'est grâce au code analogique que nous pouvons comparer ou estimer des quantités et des résultats de calculs. Le code

Licence CC BY-NC-ND 3.0

analogique est soumis à effet de grandeur : l'estimation est de moins en moins précise à mesure que la quantité augmente. La variabilité dans les réponses suit la loi de Weber (Dehaene et al., 2008). Chaque code est relié aux deux autres par des voies de communication, si bien qu'un code peut être activé seul ou de concert avec un autre. Le transcodage entre codes visuel arabe et verbal auditif ne passe pas par une représentation sémantique, il constitue la partie asémantique du modèle. Enfin, chaque code et chaque voie de communication peut être altéré de manière isolée à la suite d'une lésion cérébrale (Prévost-Tarabon & Villain, 2014 ; Fayol, 2018).

2.1.2. La quantification

La quantification consiste en l'appréciation de la numérosité, c'est-à-dire de la quantité d'éléments dans une collection. Elle peut être effectuée par dénombrement ou par appréhension globale (Fayol, 2018) :

- Le dénombrement est le comptage des éléments d'une collection. Il s'effectue par la coordination de deux processus : le pointage visuel ou digital des éléments et l'énonciation mentale ou orale de la chaîne numérique verbale (Noël et al., 2015) ;
- Le subitizing est l'appréhension globale précise et immédiate de petites quantités ;
- L'estimation est l'appréhension globale approximative de quantités plus grandes, au-delà de 4 (Fayol, 2018).

2.1.3. La résolution d'opérations

La résolution d'opérations chez l'adulte peut être effectuée selon deux modalités : la récupération en mémoire pour les opérations simples et l'exécution d'algorithmes de calcul pour les opérations complexes (Fayol, 2018).

La récupération en mémoire à long terme est activée lors de la résolution d'opérations qui ont été surapprises et qui ne requièrent donc pas de calcul. A force de rencontrer ces opérations puis par apprentissage formel au cours de la scolarité, les faits arithmétiques sont peu à peu stockés en mémoire à long terme, sous forme de connaissances déclaratives dans des réseaux associant l'opération, sa réponse correcte et des réponses fausses. Lorsque l'association entre un problème et sa réponse est suffisamment forte, l'opération peut être résolue par récupération directe, stratégie plus fiable et moins coûteuse que le calcul. De plus, les tables de multiplication et d'addition ayant fait l'objet d'un apprentissage sous forme de récitation verbale à l'école, les associations reposeraient sur un support verbal, automatique et asémantique. Toutefois, un effet de taille des nombres sur les performances est constaté : plus les opérandes sont grands, plus le temps de réponse et le nombre d'erreurs augmentent. Plusieurs hypothèses expliquent ce phénomène, parmi lesquelles le fait que les opérations les plus rencontrées sont celles contenant les nombres les plus petits (Dehaene & Cohen, 1997 ; Houdé et al., 2002 ; Dehaene, 2003 ; Ashcraft & Guillaume, 2009 ; Combes & Vieux, 2016).

Le recours à des algorithmes de calcul est nécessaire pour les opérations complexes. Leur exécution suppose la connaissance des faits arithmétiques, mais aussi de procédures, étapes successives nécessaires à la résolution de l'opération. Le choix et la mise en œuvre de ces algorithmes sont conditionnés par l'acquisition de connaissances des lois de l'arithmétique telle que la commutativité, le sens des opérations ou encore le fonctionnement de la base 10 (Fanget, 2010 ; Fayol, 2018).

Licence CC BY-NC-ND 3.0

2.2. Le raisonnement et la construction du nombre

Pour compléter la description de la cognition numérique, il nous semble nécessaire de nous interroger sur la place qu'occupe le raisonnement dans l'utilisation du nombre, afin d'être en mesure d'examiner par la suite l'ensemble des processus associés à l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer.

Selon l'approche constructiviste, le nombre résulte de la construction et de la coordination de structures opératoires de pensée (Dolle, 2005). Il émerge grâce à la fusion de la sériation et de l'inclusion de classes (Chalon-Blanc, 2005) et repose sur la construction de l'abstraction, la conservation, la classification, la correspondance terme à terme, l'inclusion de classes et la sériation (Piaget & Szeminska, 1941). Ainsi, évoquant la construction du nombre, Piaget et Szeminska affirment :

> *L'hypothèse dont nous sommes partis est, il va de soi, que cette construction est corrélative du développement de la logique elle-même et qu'au niveau prélogique correspond une période prénumérique. Et le résultat obtenu a été qu'effectivement le nombre s'organise, étape après étape, en solidarité étroite avec l'élaboration graduelle des systèmes d'inclusion (hiérarchie des classes logiques) et de relations asymétriques (sériations qualitatives), la suite des nombres se constituant ainsi en tant que synthèse opératoire de la classification et de la sériation.* (Piaget & Szeminska, 1941).

2.2.1. La pensée logique

Selon l'approche constructiviste, l'enfant accède à la pensée logique en développant des structures intellectuelles grâce à ses interactions avec l'environnement : l'enfant agit, s'adapte et expérimente les lois qui régissent le réel (Houdé, 2014). Cette construction suit quatre stades eux-mêmes découpés en sous-stades :

- Au cours du stade sensori-moteur, de 0 à 2 ans environ, le bébé appréhende le monde qui l'entoure en fonction de ses actions et de ses impressions directes, sa pensée est dans l'immédiateté. Ses apprentissages naissent de la nécessité à s'adapter aux contraintes du réel par des processus d'assimilation et d'accommodation (Dolle, 2013).
- Le stade préopératoire, de 2 à 6 ans environ, est l'étape au cours de laquelle l'enfant entre dans la pensée représentative ou symbolique : l'enfant se détache peu à peu du perceptif et de l'action immédiate et développe une capacité à représenter les objets et les actions, capacité nécessaire à l'émergence du langage et du jeu symbolique ;
- Le stade des opérations concrètes voit l'apparition des premiers raisonnements, la construction du nombre, la catégorisation. L'enfant se base sur le concret pour déduire des lois et anticiper les résultats ;
- Le stade des opérations formelles, après 11 ans, est marqué par une pensée logique et hypothético-déductive. L'enfant peut se détacher du concret et réfléchir ou émettre des hypothèses à partir de propositions abstraites, d'idées, de concepts (Houdé, 2014).

A mesure de sa progression, l'enfant élabore et complexifie ses structures de pensée, parmi lesquelles les conservations, les sériations, les classifications et la combinatoire. Le processus de construction des classes logiques chez l'enfant illustre ce phénomène. Il peut être résumé en quatre étapes. De 6 à 36 mois environ, l'enfant élabore des premières organisations spatiales : couples, triplets puis regroupements non exhaustifs de « mêmes ». De 2 à 5 ans, l'enfant produit des collections figurales, mises en ordre des éléments selon des caractéristiques perceptives et fonctionnelles. L'enfant réalise des alignements, des objets

Licence CC BY-NC-ND 3.0

collectifs et des objets complexes. Son intérêt est porté sur l'action plutôt que sur le résultat. Il n'anticipe pas, n'extrait pas de critère commun mais juxtapose des « mêmes ». De 5 à 8 ans, l'enfant peut extraire des propriétés intrinsèques aux objets, regrouper les objets selon une caractéristique commune immédiatement perçue, mais procède par tâtonnements et ne peut anticiper ou rétroagir pour appréhender tous les classements possibles. Les classes ne font pas encore partie d'un système. Enfin à partir de 8 à 9 ans, les classes logiques sont construites. L'enfant peut anticiper, sa pensée est réversible et mobile, il appréhende toute classe comme faisant partie d'un système (Legeay, 2013).

En définitive, évaluer les conduites du sujet lors d'une épreuve sollicitant une structure logique permet d'appréhender son fonctionnement de pensée et sa capacité de raisonnement (Legeay et al., 2013).

2.2.2. La construction du nombre

L'approche constructiviste décrit le processus par lequel l'enfant, en s'appuyant sur les structures logiques qu'il a construites, accède au nombre :

- Grâce à l'abstraction, le sujet détourne son attention de la nature des objets à dénombrer et la porte uniquement sur leur signification quantitative (Brissiaud, 2005).
- Avec la conservation, la propriété « valeur numérique » d'une collection reste identique quelles que soient les variations introduites dans la disposition spatiale des unités qui la composent, le nombre est alors considéré comme un invariant (Piaget & Szeminska, 1941).
- Avec la classification, le sujet transforme une collection en classe par l'attribution d'une propriété commune aux éléments qui la composent, la classification « devient la source du cardinal en transformant les éléments en des unités égales » (Chalon-Blanc, 2005, p. 71).
- La correspondance terme à terme est un procédé « constitutif du nombre entier lui-même, puisqu'il fournit la mesure la plus simple et la plus directe de l'équivalence des ensembles » (Piaget & Szeminska, 1941, p.60). Mettre en correspondance terme à terme permet de comparer une classe d'objets à une collection-témoin telle que les doigts de la main, des encoches ou un nombre, les deux ensembles étant considérés comme équivalents. La correspondance terme à terme conduit à l'émergence de l'unité (Chalon-Blanc, 2005).
- La comparaison des éléments, leur mise en relation et leur ordonnancement selon leurs différences dans une relation asymétrique constituent la sériation (Voye et al., 2013). Celle-ci est indispensable pour transformer une classe en une série ordonnée. La sériation, appliquée aux nombres, lui confère son aspect ordinal : « 1, puis 1 (2), puis 1 (3), etc. » (Houdé, 2017, p. 55).
- Le rapport d'inclusion naît de la coordination entre la classification (les éléments sont des unités équivalentes et substituables) et la sériation (l'ordre est indispensable). L'inclusion fait partie des propriétés du nombre : 1 est inclus dans 2, qui est inclus dans 3, etc. Finalement, « la synthèse cognitive de la classification (inclusion) et de la sériation le conduit dès lors à comprendre que 1 est inclus dans 1 + 1, 1 + 1 dans 1 + 1 + 1, etc., ce qui constitue le nombre » (Houdé, 2017, p.55).

2.2.3. Limites de la théorie de Piaget et apports de la théorie des systèmes de Houdé

Les travaux de Piaget et ses collaborateurs ont largement contribué à la compréhension du développement de l'intelligence et des capacités mathématiques de l'enfant (Fischer, 2013 ;

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Houdé, 2014). Ils servent de cadre théorique à nombre d'orthophonistes pour la prise en soin des troubles du raisonnement logique (Legeay et al., 2013), mais aussi des troubles du langage oral et écrit (Bellot & Trinquesse, 2013 ; Mijeon, 2013). Cependant, des critiques nuancent certains aspect de cette théorie.

Tout d'abord, l'approche linéaire du développement de l'intelligence a été remise en cause (Houdé, 2014). D'après Piaget, la pensée se construit marche après marche, depuis le stade sensori-moteur au stade opératoire formel. A chaque stade, l'enfant acquiert de nouveaux schèmes et structures de pensée, sans lesquels il ne peut accéder à l'abstraction, au langage ou à la pensée mathématique par exemple. Pourtant, de nombreuses études postérieures aux travaux de Piaget et ses collaborateurs ont mis en évidence des capacités de raisonnement chez le bébé et le jeune enfant. Il existerait notamment une capacité de conservation chez des enfants de 3 ans et une sensibilité au calcul et au traitement de petites quantités chez le bébé (Wynn, 1992 ; Bideaud et al., 2004 ; Fayol, 2018).

Par ailleurs, Piaget considère la logique comme unique composante à l'origine du nombre et de son acquisition. Or, chez l'enfant en développement comme chez l'adulte cérébrolésé, les troubles du traitement numérique et du calcul sont très variés et ne peuvent tous relever du seul déficit logique (Fayol, 2018).

Enfin, Piaget et ses collaborateurs n'ont pas pris en compte les erreurs de raisonnement observées de manière presque systématique chez des personnes ayant atteint un niveau socio-culturel supérieur à la moyenne (Houdé, 2014). Ces biais sont définis comme « tendances systématiques à prendre en considération des facteurs non pertinents pour la tâche à résoudre et à ignorer les facteurs pertinents » (Houdé, 2014, p.48). Ils constituent une régression par rapport à la logique formelle.

L'existence de ces biais a conduit Houdé à proposer un nouveau modèle décrivant les mécanismes qui sous-tendent le raisonnement. Ce modèle comporte trois systèmes distincts : deux systèmes concurrents et un système régulateur. Les deux systèmes concurrents sont le système intuitif (système 1) et le système logique (système 2). D'après Houdé, le système 1 est régi par des stratégies rapides et est activé de manière automatique. Il demande peu de ressources attentionnelles et repose avant tout sur des intuitions, telles que les perceptions, les croyances ou les stéréotypes sociaux. Il est à l'origine des biais de raisonnement. A l'inverse, le système 2 s'appuie sur la logique déductive. Il est plus lent et activé de manière consciente. La pensée formelle décrite par Piaget correspond à ce système. Ces deux systèmes sont régulés par le système exécutif (système 3), qui assure un rôle d'arbitrage en cas de conflit cognitif entre les systèmes 1 et 2. Le système 3 inhibe le système intuitif et active le système logique. Il requiert un contrôle attentionnel et exécutif, puisqu'il fait appel à des mécanismes de réflexivité, d'inhibition et de flexibilité (Houdé, 2014).

Le rôle du raisonnement et des différentes structures de pensée dans l'utilisation et la manipulation du nombre a été expliqué par Piaget et ses successeurs. Les travaux de Piaget constituent toujours un modèle théorique servant de base à de nombreuses rééducations. Toutefois, il semblerait que le raisonnement logique ne reposerait pas uniquement sur un système de pensée formelle et, de surcroît, il ne serait pas la seule composante à l'œuvre au cours des activités mathématiques.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

3. L'acalculie dans la maladie d'Alzheimer

Les principaux modèles et théories du raisonnement et de la cognition numérique ayant été exposés, nous pouvons à présent décrire l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer. A ce titre, nous évoquerons les recherches ayant établi ce déficit ; puis nous en présenterons les principales caractéristiques ; enfin, nous mentionnerons les hypothèses étiologiques retrouvées dans la littérature, auxquelles nous adjoindrons la question du lien entre acalculie et déclin du raisonnement.

3.1. Travaux portant sur l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer

En 1989, Grafman et ses collaborateurs sont les premiers à étudier le déficit numérique dans la maladie d'Alzheimer. Ces chercheurs rapportent le cas d'un patient présentant une probable maladie d'Alzheimer et dont la plainte initiale porte sur des difficultés à utiliser le nombre (Grafman et al. 1989 ; Girelli & Delazer, 2001). Depuis, plusieurs équipes de chercheurs se sont intéressées à l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer, afin de décrire les fonctions touchées, de mettre en évidence d'éventuelles spécificités à la maladie, d'interroger les liens avec la sévérité de la maladie, ou encore de tenter de comprendre les mécanismes sous-jacents.

En 1999, Carlomagno et ses collaborateurs évaluent les capacités numériques de soixante-huit patients atteints de la maladie d'Alzheimer en leur proposant les épreuves de l'EC 301, batterie standardisée portant sur un large éventail d'activités numériques telles que les transcodages, les compétences numériques de base, les approximations ou encore les calculs (Deloche et al., 1996). Le résultat est sans appel : 94.1% des patients de cette étude présentent une acalculie en plus des autres symptômes présents dans la maladie d'Alzheimer (Carlomagno et al., 1999).

Plus récemment, deux études dirigées par Mendez (Mendez et al., 2018 ; Mendez, 2019) décrivent une variante pariétale à la forme précoce de la maladie d'Alzheimer. Cette variante, distincte de la forme classique de la maladie d'Alzheimer, de l'aphasie primaire progressive, de l'atrophie corticale postérieure et de la variante frontale, serait caractérisée par une acalculie primaire inaugurale, pouvant être accompagnée d'une anomie, d'une apraxie et d'un ou plusieurs signes du syndrome de Gerstmann, voire le syndrome complet (acalculie, agnosie digitale, indistinction droite gauche et dysgraphie).

Néanmoins, la maladie d'Alzheimer n'est pas la seule maladie neuro-dégénérative à l'origine de troubles numériques : des symptômes similaires sont mentionnés dans les troubles neurocognitifs vasculaires, la maladie de Parkinson, la dégénérescence fronto-temporale, l'aphasie primaire progressive ou encore le syndrome cortico-basal (Marterer et al., 1996 ; Kalbe et al., 2000 ; Halpern et al., 2003 ; Cappelletti et al., 2012).

3.2. Caractéristiques

L'analyse des différentes études portant sur l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer montre qu'il n'existe pas de profil type des fonctions numériques déficitaires (Girelli & Delazer, 2001) : les habiletés préservées et altérées varient d'un individu à l'autre, mais aussi, chez un même individu, selon le contexte. Par exemple, Thioux et ses collaborateurs (1999) rapportent le cas d'une patiente présentant un trouble du transcodage entre codes visuel arabe et verbal (oral comme écrit). Des intrusions de code et des erreurs syntaxiques sont notamment relevées. Etonnamment, la patiente ne commet plus d'erreurs lorsqu'il s'agit d'écrire des nombres dictés à haute voix dans le but de poser une addition. L'importante variabilité des signes dépendrait

Licence CC BY-NC-ND 3.0

donc du contexte et de la méthodologie, différents d'une étude à l'autre, comme les critères d'inclusion ou le type de tâche proposée (Girelli & Delazer, 2001).

Toutefois, un certain nombre de caractéristiques semblent faire l'objet d'un consensus :

- Les perturbations des habiletés numériques font partie des signes précoces mais non exclusifs de la maladie d'Alzheimer (Kennedy et al., 1995 ; Carlomagno et al., 1999 ; Kaufmann et al., 2002) ;
- Les profils sont très variés : tous les domaines peuvent être touchés, il existe de nombreux cas de patients présentant des dissociations entre les différentes fonctions (notamment Macoir et al., 2002 ; Ardila et al., 2003) ;
- Les erreurs de transcodage sont nombreuses. Elles sont caractérisées par des erreurs lexicales et syntaxiques, des persévérations, mais aussi des intrusions du code source dans le code cible. Les erreurs d'intrusion sont plus fréquentes dans la maladie d'Alzheimer que dans d'autres pathologies et n'apparaissent pas dès le début de l'acalculie (Tegnér & Nybäck, 1990 ; Della Sala et al., 2000 ; Kalbe et al., 2000 ; Cappelletti et al., 2012 ; Bougrine & Angles, 2013).
- Le calcul mental complexe et le calcul écrit peuvent être perturbés du fait d'un défaut de contrôle exécutif impliqué dans l'utilisation des procédures de calcul (Kaufmann et al., 2002) et de difficultés à récupérer les bonnes stratégies de manière volontaire (Allen et al., 2005) ;
- Des déficits dans la résolution des faits arithmétiques sont rapportés. Ils sont parfois limités à un seul type d'opération. Les résolutions de multiplications et de divisions sont souvent plus altérées que les additions et soustractions (Mantovan et al., 1999 ; Girelli & Delazer, 2001 ; Allot & Sornein, 2013) ;
- Le code analogique semble plus résistant : les scores des patients aux épreuves d'estimations approximatives de quantités, de comparaisons de nombres ou de subitizing sont proches des scores des sujets sains (Martini et al., 2003 ; Kaufmann et al., 2002 ; Bougrine & Angles, 2013).

3.3. Processus impliqués dans l'acalculie

Plusieurs hypothèses ont été émises quant aux mécanismes sous-jacents à l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer. Certaines équipes de recherche évoquent le caractère primaire de l'acalculie, tandis que d'autres mettent en évidence des cas d'acalculies associées à des aphasies ou au déficit d'autres fonctions cognitives. A notre connaissance, aucune recherche n'a examiné le lien entre altération du raisonnement et acalculie dans la maladie d'Alzheimer.

3.3.1. Acalculie primaire

Cette hypothèse suggère que l'acalculie observée dans la maladie d'Alzheimer n'est pas imputable à l'altération d'autres fonctions cognitives. Elle s'appuie sur des études ayant présenté des patients atteints de la maladie d'Alzheimer chez qui les habiletés numériques étaient préservées alors même qu'ils souffraient d'autres déficits cognitifs (McGlinchey-Berrot et al., 1989 ; Remond-Besuchet et al. 1999, cité dans Girelli & Delazer, 2001, p. 690).

Elle est étayée par la mise en évidence, au sein d'une population de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, d'une corrélation entre les déficits dans les activités numériques et le dysfonctionnement de certaines aires cérébrales identifiées comme étant impliquées dans ces activités (Hirono et al., 1998).

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Les activités numériques et en particulier le calcul utilisent un large ensemble d'aires et de circuits. Les deux lobes pariétaux, en particulier les sillons intrapariétaux, seraient activés dans toutes les activités numériques (Butterworth et al., 2018). Le segment horizontal du sillon intrapariétal serait sollicité lors de tâches de comparaisons de grandeurs. Son fonctionnement serait amodal et indépendant des fonctions langagières puisqu'il s'activerait quel que soit le code utilisé (Stanislas Dehaene et al., 2003 ; Stanislas Dehaene et al., 2004). Le gyrus fusiforme, situé sur la face interne du lobe temporal, participerait avec le sillon intrapariétal à la représentation des quantités (Menon, 2016) et à la reconnaissance visuelle des stimuli. Les tâches de traitement numérique et de calcul solliciteraient les noyaux des aires visuelles et oculomotrices, les gyri fusiformes, les gyri frontaux inférieurs, le gyrus cingulaire, l'insula, le cervelet et les lobules pariétaux supérieurs et inférieurs (Arsalidou & Taylor, 2011)

Par ailleurs, les tâches de calcul solliciteraient davantage les aires préfrontales que les autres types d'activités numériques. Cela suggère que le calcul utilise des ressources cognitives supplémentaires telles que l'attention ou la mémoire de travail. Les circuits fronto-pariétaux utilisés sont le faisceau longitudinal supérieur et le faisceau arqué, la corona radiata et le faisceau longitudinal inférieur. Le circuit fronto-hippocampique serait également déterminant dans les tâches de calcul puisqu'il serait le siège de la mémoire déclarative, essentielle pour le stockage et la généralisation des informations. Enfin, le circuit préfrontal constituerait un système de contrôle en allouant les ressources attentionnelles, en assurant la flexibilité entre les différentes fonctions et en récupérant les informations en mémoire (Arsalidou & Taylor, 2011 ; Matejko & Ansari, 2015 ; Menon, 2016 ; Peters & De Smedt, 2018).

Ainsi, deux arguments vont dans le sens de l'existence d'une acalculie primaire dans la maladie d'Alzheimer : d'une part, des dissociations observées chez certains patients entre les capacités numériques et les autres fonctions cognitives ; d'autre part, la mise en évidence de lésions situées sur les aires et circuits participant aux fonctions numériques chez des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer.

3.3.2. L'acalculie liée au déficit des fonctions cognitives

De nombreux travaux portant sur l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer font état d'une corrélation entre le déclin des fonctions cognitives et des habiletés numériques (Deloche et al., 1995 ; Kessler & Kalbe, 1996 ; Marterer et al., 1996 ; Rosselli et al., 1998 ; Mantovan et al., 1999 ; Kaufmann et al., 2002 ; Allot & Sornein, 2013 ; Cartier, 2013). De fait, même dans les études visant à démontrer la spécificité de l'atteinte numérique, force est de constater que les patients souffrent toujours d'au moins un autre déficit cognitif, qu'il s'agisse de la mémoire (Cipolotti, 1995), de l'attention (Parlato et al., 1992), du langage (Deloche et al., 1995), des fonctions exécutives (Kessler & Kalbe, 1996), ou des capacités visuo-spatiales et des praxies constructives (Marterer et al., 1996).

A notre connaissance, aucun consensus n'a été établi pour expliquer les erreurs dans les tâches numériques par le déficit d'autres fonctions cognitives et ce, quel que soit le domaine exploré (transcodage, quantification ou calcul). Certaines équipes ont pointé l'altération de l'attention (faibles ressources attentionnelles, défaillance du superviseur attentionnel) (Seron et al., 1991 ; Kessler & Kalbe, 1996 ; Carlomagno et al., 1999). D'autres se sont concentrées sur le rôle des fonctions exécutives (défaut d'inhibition, persévérations) (Tegnér & Nybäck, 1990 ; Thioux et al., 1999 ; Brand et al., 2003 ; Delazer et al., 2006). L'analyse des erreurs de transcodages peut être présentée à titre d'exemple. Certains auteurs estiment que ces erreurs correspondent à une intrusion d'un code lors de la production d'un autre code. Elles seraient

Licence CC BY-NC-ND 3.0

le reflet d'un défaut d'attention sélective lié à la faiblesse du superviseur attentionnel (Kessler & Kalbe, 1996 ; Macoir et al., 2002). Pour d'autres, ces erreurs sont en réalité des persévérations, le patient ne pouvant inhiber le code précédemment utilisé pour en produire un nouveau (Della Sala et al., 2000).

Le rôle de l'altération de la mémoire de travail fait également débat. Certains auteurs estiment que l'acalculie est attribuable aux déficits de mémoire de travail et de fonctions exécutives (Halpern et al., 2003), tandis que d'autres ont relevé une dissociation entre mémoire de travail et habiletés numériques, tendant à prouver que la mémoire de travail ne serait pas impliquée dans l'acalculie (Deloche et al., 1995).

Le rôle de l'altération des autres fonctions cognitives dans l'acalculie ne fait donc pas l'objet d'un consensus. On peut s'interroger sur l'origine des divergences rencontrées dans la littérature. Proviennent-elles de différences méthodologiques dans le recrutement de la population, le choix du matériel d'investigation et les conditions de passation des épreuves ou sont-elles le reflet de différents profils d'acalculie dans la maladie d'Alzheimer ?

3.3.3. L'acalculie liée à l'aphasie

Certains travaux ont examiné le lien entre acalculie et aphasie dans la maladie d'Alzheimer. Leur démarche s'appuie sur les relations existant entre langage et nombre. D'une part, langage et nombre sont deux codes reposant sur un lexique et une syntaxe spécifiques (Lefebvre & Pruvost, 2010). D'autre part, une partie de l'apprentissage formel des mathématiques s'appuie sur la mémoire verbale (Dehaene, 2003). A titre d'exemples, on peut citer l'acquisition de la chaîne numérique verbale, l'apprentissage des tables de multiplication, ou encore certaines procédures de calcul, notamment lors de la résolution de soustractions ou de divisions.

Pourtant, à notre connaissance, le lien entre les troubles du langage et ceux concernant les habiletés numériques dans la maladie d'Alzheimer n'a pas pu être démontré. En effet, si certaines études font état de corrélations entre les performances en calcul et à des tests de langage (Rosselli et al., 1998), d'autres n'obtiennent pas ces résultats (Carlomagno et al., 1999 ; Mantovan et al., 1999). De surcroît, des dissociations entre troubles du langage et du calcul ont été observées dans plusieurs études (Girelli & Delazer, 2001 ; Lefebvre & Pruvost, 2010).

3.3.4. L'altération du raisonnement

Dans les années 1960, une suite de travaux menés par Ajuriaguerra et ses collaborateurs portant sur l'apraxie dans la maladie d'Alzheimer les amènent à proposer une théorie sur l'évolution cognitive et instrumentale des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, la rétrogénèse. Cette théorie suggère que le processus dégénératif suit l'ordre inverse des acquisitions au cours du développement de l'enfant (Gonzales Monge, 2015).

En 1964, De Ajuriaguerra et ses collaborateurs administrent les épreuves de Piaget et Inhelder à douze personnes atteintes de « démence dégénérative » et six sujets d'âge semblable ne portant pas de signe de dégénérescence. Leurs résultats montrent que les conduites opératoires observées « reproduisent dans l'ensemble de très près celles de l'enfant » (de Ajuriaguerra et al., 1964), tous les stades retrouvés par Piaget chez les enfants - et seulement ceux-ci - étant observés chez les sujets ayant participé à l'étude. De plus, les résultats aux différentes épreuves d'un même individu sont cohérents avec la chronologie des stades décrits par Piaget.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Dans la lignée de ces travaux, Reisberg et ses collaborateurs, dans les années 1980, établissent que la progression de la maladie d'Alzheimer suit un pattern constant, progressif et ordinal, composés de sept stades (Reisberg, 1984). Le déclin concerne non seulement les fonctions cognitives, mais aussi les capacités fonctionnelles et le comportement. Il suit l'ordre inverse des acquisitions au cours du développement de l'enfant et le rythme auquel les aptitudes sont perdues coïncide avec le temps nécessaire à l'enfant pour les acquérir. Ce constat permet à Reisberg et ses collaborateurs (2002) d'associer chaque stade de la maladie à une tranche d'âge développemental de même durée. De Plus, Reisberg et ses collaborateurs créent trois échelles d'évaluation basées sur cette théorie : la Global Deterioration Scale (GDS) pour les fonctions cognitives (Reisberg et al., 1982), la Fonctional Assessment Staging Tool (FAST) pour les capacités fonctionnelles (Reisberg et al., 1984) et l'Echelle Comportementale dans la maladie d'Alzheimer (BEHAVE-AD) pour les troubles du comportement (Reisberg et al., 1987). Les scores à ces échelles sont corrélés entre eux, avec le MMS et les scores à la GDS et à la FAST sont corrélés avec le stade piagétien auquel se situe le patient (Reisberg et al., 2002 ; Mahoney, 2003).

A la suite de ces travaux, les liens entre raisonnement logique et maladie d'Alzheimer font l'objet de plusieurs études qui confirment la régression dans les stades piagétiens (McGregor Thornbury, 1993 ; Matteson et al., 1996a, 1996b ; Shimada et al., 2001 ; Shoji et al., 2002 ; Rubial-Álvarez et al., 2013). L'approche constructiviste constituerait donc un cadre pertinent pour décrire les modifications cognitives, fonctionnelles et comportementales des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer et pour adapter les soins, les activités récréatives et l'environnement autour de ces personnes (Matteson et al., 1996a ; Mahoney, 2003). Plus récemment, deux mémoires (Coleiro & Demailly, 2012 ; Mawas, 2016) et une étude de cas (Gendre-Grenier & Vaillandet, 2013) ont examiné le lien entre logique et langage chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Ces travaux font état d'une altération des structures de pensées étudiées, à savoir la classification et la sériation, avec un fonctionnement de type figuratif.

A notre connaissance, aucune recherche n'a étudié le lien entre l'altération du raisonnement et l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer. Or, s'il existe une involution du raisonnement dans la maladie d'Alzheimer et que le raisonnement intervient pour une part importante dans l'utilisation du nombre, on peut s'interroger sur le rôle de cette altération dans l'acalculie.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Problématique et hypothèses

1. Problématique

Plusieurs éléments peuvent être retenus à la suite de l'étude des travaux portant sur l'acalculie dans la maladie d'Alzheimer.

En premier lieu, il s'agit d'un trouble fréquent et handicapant du fait de ses répercussions sur nombre d'activités de la vie quotidienne.

En deuxième lieu, ce trouble s'exprime différemment d'un individu à l'autre, chaque composante pouvant être touchée de manière indépendante des autres. Ainsi, des dissociations ont été retrouvées entre les performances en transcodage, calcul et quantification dans les différentes études.

En troisième lieu, il n'existe pas de consensus quant aux mécanismes sous-jacents à ce trouble : certains auteurs évoquent une acalculie primaire tandis que d'autres estiment que l'acalculie est à mettre en relation avec la dégradation cognitive ou avec l'aphasie.

Enfin, à notre connaissance, aucune étude n'a examiné le lien entre acalculie et déficit logique.

Les symptômes de la maladie d'Alzheimer peuvent être très variés d'un individu à l'autre. Ils évoluent également chez un même individu avec la progression de la maladie. Il ne serait donc pas aberrant de considérer que les différentes interprétations de l'acalculie sont le reflet de la diversité des troubles dans la maladie d'Alzheimer.

Ces considérations nous amènent poser la question de recherche suivante :

Peut-on, en fonction du niveau cognitif et du niveau de raisonnement, dégager des profils parmi des personnes situées aux stades léger à modéré de la maladie d'Alzheimer et présentant une altération de l'utilisation des nombres dans la vie quotidienne ?

2. Hypothèses

Afin de répondre à cette question de recherche, nous formulons deux hypothèses générales déclinées en hypothèses opérationnelles.

Hypothèse générale 1

Le niveau cognitif général de la personne atteinte de la maladie d'Alzheimer est prédictif de ses performances dans les activités numériques de la vie quotidienne et de son niveau de raisonnement.

Hypothèse opérationnelle 1a

Les personnes avec diagnostic de maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré obtiennent un score pathologique à des tests évaluant l'utilisation du nombre dans la vie quotidienne.

Hypothèse opérationnelle 1b

Les conduites et les scores des personnes avec diagnostic de maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré à un test évaluant le raisonnement établissent un trouble dans ce domaine.

Hypothèse opérationnelle 1c

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Les scores de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à des tests d'évaluation du niveau cognitif sont corrélés avec leurs scores à des tests d'évaluation des activités numériques de la vie quotidienne.

Hypothèse opérationnelle 1d

Les scores de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à des tests d'évaluation du niveau cognitif sont corrélés avec leurs scores à des tests d'évaluation du raisonnement.

Hypothèse générale 2

Il existe différents profils d'acalculie dans la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré.

Hypothèse opérationnelle 2a

Il existe des dissociations dans les résultats aux tests d'évaluation du niveau cognitif, du nombre et du raisonnement de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré.

Hypothèse opérationnelle 2b

Les résultats permettent de distinguer, parmi des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré, certaines personnes avec acalculie primaire, certaines personnes avec acalculie et déficit cognitif et certaines personnes avec acalculie et déficit logique.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Protocole expérimental

Afin de répondre à notre problématique et de vérifier la validité de nos hypothèses, une étude expérimentale est mise en œuvre.

1. Population

1.1. Critères de recrutement

La population est composée de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer au stade léger et au début du stade modéré, sans autre troubles neurologiques, psychiatriques ou neurodéveloppementaux.

Tableau 1 : Critères d'inclusion et d'exclusion

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Diagnostic de maladie d'Alzheimer	Tout autre trouble neuropsychologique
Score au MMS supérieur à 16 points (trouble modéré à léger)	Antécédent neurologique ou psychiatrique
Patients francophones et ayant appris à compter en langue française	Antécédent de troubles développementaux : dyscalculie, trouble du raisonnement logique, trouble du langage oral ou écrit
	Trouble phasique entravant l'expression et/ou la compréhension
	Troubles sensoriels entravant l'expression et/ou la compréhension
	Patients non francophones

Le score au MMS constitue un critère d'évaluation de la sévérité de la démence. Nous limitons la population étudiée à des patients ayant obtenu 16 points et plus. En effet, l'altération des capacités numériques et de calcul surviendrait dès le stade léger de la maladie (Kennedy et al., 1995 ; Carlomagno et al., 1999 ; Kaufmann et al., 2002). De plus, une régression au stade opératoire concret serait observée dès un score moyen de 23 au MMS et une régression au stade préopératoire serait observée avec un score moyen de 14 au MMS (Matteson et al., 1996b). Enfin, la HAS recommande d'adapter l'intervention au stade de gravité de la maladie (Haute Autorité de Santé, 2018a). Une intervention thérapeutique portant sur l'acalculie devrait donc être mise en place dès les premières difficultés dans ce domaine et tant que le patient est susceptible d'accomplir des activités sollicitant le nombre.

Le nombre de sujets à inclure n'est pas déterminé à l'avance, l'objectif étant de recruter au moins dix personnes.

1.2. Mode de recrutement

Plusieurs structures sont contactées pour l'inclusion de personnes correspondant aux critères énoncés ci-dessus :

- Le Centre Mémoire de Ressources et de Recherche (CMRR) du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Limoges en Haute-Vienne ;
- L'Etablissement d'Hébergement pour les Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD) de Chantemerle situé à Saint-Junien en Haute-Vienne ;
- L'EHPAD Cognac-Jay de Rueil-Malmaison dans les Hauts-de-Seine ;

Licence CC BY-NC-ND 3.0

- La consultation gériatrique de l'hôpital Sainte-Perrine à Paris ;
- Le centre hospitalier de Valence en Drôme ;
- L'hôpital privé Drôme Ardèche à Valence en Drôme.

Finalement, le CMRR de Limoges et l'EHPAD de Saint-Junien ont répondu favorablement à notre demande. Au sein de ces établissements, les personnes ont été recrutées selon une méthodologie non probabiliste : nous sollicitons les personnes susceptibles de correspondre aux critères d'inclusion, les informons de l'objet de notre recherche et recueillons leur consentement (Cf. annexes III et IV).

2. Matériel expérimental

Rappelons que l'objectif de cette étude est de vérifier l'existence de profils de troubles d'utilisation du nombre au quotidien. Pour cela, il est nécessaire d'évaluer le niveau cognitif global des personnes incluses, de déceler et de qualifier un éventuel trouble de l'utilisation du nombre au quotidien et de déterminer leur niveau de raisonnement.

Etant donné les déficits cognitifs des personnes à inclure, notamment les troubles de l'attention et la fatigabilité, nous avons privilégié l'emploi d'outils d'évaluation rapides, susceptibles d'indiquer un niveau global dans chacun des domaines étudiés.

Nous avons donc écarté les batteries demandant une passation trop longue et dont l'objectif est d'évaluer précisément chaque composante à l'intérieur d'un des trois grands domaines.

2.1. Evaluation cognitive

L'évaluation cognitive est effectuée à l'aide du MMS, dans la version consensuelle élaborée en 1998 par le Groupe de Réflexion sur les Evaluations Cognitives (GRECO) et recommandée par la HAS (Haute Autorité de Santé, 2011). Le MMS est un outil de dépistage rapide des altérations cognitives, utilisé dans le monde entier. Sa passation dure environ 10 minutes. Il évalue l'orientation dans le temps et dans l'espace, l'apprentissage et le rappel différé de trois mots, l'attention et le calcul, le langage et les praxies constructives (Hugonot-Diener et al., 2008).

Le MMS n'est pas conçu pour déterminer la cause de l'altération cognitive ou pour poser un diagnostic de trouble neurocognitif. Toutefois, il permet d'évaluer la sévérité du trouble neurocognitif, son score étant corrélé, dans la maladie d'Alzheimer, à la perte d'autonomie mais aussi à la progression des plaques amyloïdes et de la dégénérescence neurofibrillaire (Derouesné et al., 1999).

Il n'existe pas de consensus quant aux seuils définissant les différents degrés d'altération cognitive (Derouesné et al., 1999). Un score inférieur à 24 est habituellement considéré comme anormal. Ce seuil n'est néanmoins pas assez spécifique et sensible, puisque, quels que soient l'âge et le niveau socio-culturel, il engendre de nombreux faux positifs et faux négatifs (Hugonot-Diener et al., 2008). Nous nous référerons aux seuils mis en évidence lors de l'étalonnage réalisé en 2003 par le GRECO auprès de 1656 sujets (Cf. Tableau 2).

Pour les sujets âgés de 80 ans et plus, les auteurs de l'étalonnage suggèrent d'ajouter 1 point au score total avant d'utiliser les valeurs normatives ci-dessus (Kalafat et al., 2003).

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Tableau 2 : Valeurs normatives dans la tranche d'âge 50-79 ans selon le niveau socioculturel (Kalafat, Hugonot-Diener, & Poitrenaud, 2003)

	Pas de certificat d'étude	Certificat d'étude	BEPC	Bac et plus
Médiane	28	28	28	29
Percentile 10	24	25	26	27
Percentile 5	22	23	25	26

Enfin, la HAS détermine les seuils suivants (Haute Autorité de Santé, 2011) :

- Score supérieur à 20 points : stade léger ;
- Score compris entre 10 et 20 : stade modéré ;
- Score inférieur à 10 : stade sévère.

Les sujets ayant passé le MMS moins de deux mois avant le jour de passation des autres épreuves ne sont pas soumis à nouveau au MMS, d'une part pour éviter l'effet re-test et d'autre part en raison d'une fidélité des résultats satisfaisante à cet intervalle de temps (Tombaugh & McIntyre, 1992). Les résultats précédemment obtenus sont alors intégrés à la présente étude.

2.2. Evaluation de l'acalculie

L'évaluation de l'acalculie est effectuée à l'aide de la Batterie d'Evaluation des Nombres au Quotidien (BENQ) (Prévost-Tarabon & Villain, 2014). La BENQ s'adresse aux patients cérébrolésées. Elle a été conçue d'après les modèles de l'architecture pour les nombres et le calcul de McCloskey (1985) et du triple code de Dehaene (1992).

Tableau 3 : Epreuves de la BENQ et processus impliqués (Prévost-Tarabon & Villain, 2014)

Epreuves	Sous-épreuves	Processus impliqué
1. La lecture de l'heure	A – Mode analogique	Transcodage
	B – Mode digital	Transcodage
2. Les courses	A – Evaluation du prix d'articles courants	Estimation
	B – Calcul approximatif d'un montant total	Calcul mental
	C – Paiement en espèce d'une somme exacte	Transcodage
	D – Vérification d'un montant total à la calculatrice	Transcodage
3. Le chèque	A – Calcul d'un pourcentage	Calcul mental
	B – Paiement par chèque d'une somme fournie à l'oral	Transcodage
4. Le rendez-vous	A – Calcul d'une durée	Calcul mental
	B – Repérage d'une date et d'une heure sur un agenda	Transcodage
	C – Ecriture sous dictée de coordonnées	Transcodage
	D – Donner ses propres coordonnées	Transcodage
5. Le cinéma	A – Choix d'un horaire en fonction de données temporelles	Calcul mental
	B – Vérification de la monnaie rendue	Calcul mental
6. Le digicode		Transcodage
7. La recette		Estimation

Licence CC BY-NC-ND 3.0

8. La lecture de données chiffrées	A – Lecture de coordonnées	Transcodage
	B – Lecture de phrases	Transcodage

Le choix de cette batterie nous semble pertinente à plus d'un titre. Tout d'abord, son approche est fonctionnelle puisqu'elle évalue l'acalculie au travers d'épreuves écologiques. Or, lors de la passation de tests plus classiques, il est fréquent d'observer un décalage entre le score obtenu par le patient et ses performances dans la vie quotidienne (Marie Villain, 2018).

De plus, la BENQ évalue aussi bien les transcodages, le calcul que l'estimation (Marie Villain, 2018). Sa validation a montré que les résultats à la BENQ de patients cérébrolésés sont corrélés avec leurs scores à la Batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'adulte (EC301 (Deloche & Seron, 1991)), au Test Lillois de Calcul 2 (TLC2 (Bout-Forestier & Depoorter, 2008)) (Prévost-Tarabon & Villain, 2014) et à l'Evaluation clinique des aptitudes numériques (ECAN (Auzou et al., 2013)) (Villain et al., 2015).

Par ailleurs, la BENQ comporte des épreuves mettant en jeu des compétences complémentaires telles que le repérage dans le temps dans les épreuves du rendez-vous et du cinéma, la planification d'opérations et le recours aux automatismes dans l'épreuve du chèque (sous-épreuve A – Calcul d'un pourcentage) ou encore la conversion numérique et le repérage spatial dans l'épreuve de la recette.

Enfin, sa passation est assez rapide, avec un temps total de passation de 8 minutes et 45 secondes en moyenne (Prévost-Tarabon & Villain, 2014).

2.3. Evaluation du niveau de raisonnement

A notre connaissance, toutes les batteries existantes évaluant le raisonnement s'inspirent des épreuves piagétiennes. Malgré les limites de la théorie de Piaget évoquées plus haut, aucun matériel ne se réfère à d'autres théories du raisonnement plus récentes, telles que la théorie des systèmes de Houdé (Houdé, 2014) (Cf. paragraphe *2.2.3. Limites de la théorie de Piaget et apports de la théorie des systèmes de Houdé* p. 20). De plus, il n'existe pas non plus de matériel d'évaluation du raisonnement destiné à des adultes.

Nous avons donc choisi une épreuve issue d'une batterie conçue pour les enfants qui s'inscrit dans le cadre théorique constructiviste, à savoir l'épreuve de la batterie Exploration du Raisonnement et du Langage Associé (ERLA) « Les changements de critères et les dichotomies » (Legeay et al., 2009).

Cette épreuve a pour but d'analyser les capacités de classification, opération mentale d'extraction et de rassemblement des propriétés communes aux objets. Classer est une nécessité, « le jour où on ne classe plus, on est dans la confusion mentale et les difficultés au quotidien deviennent importantes » (Legeay, 2013). Ainsi, l'épreuve des changements de critères et des dichotomies renseigne sur la capacité et la nécessité de la personne à classer mais aussi, de manière plus générale, sur le type raisonnement utilisé pour répondre à une question et sur l'âge de développement auquel correspondent les conduites observées.

Plusieurs raisons nous ont amenée à choisir cette épreuve. Tout d'abord, sa passation est assez rapide et le matériel, composé de jetons de différentes formes, tailles et couleurs, est adapté pour des adultes. De plus, elle a fait l'objet d'articles et de mémoires d'orthophonie détaillant les éléments pertinents pour son analyse clinique. En nous appuyant sur ces travaux, nous avons pu élaborer une grille d'analyse qualitative visant à situer le niveau de raisonnement des patients de manière précise et selon des critères validés dans les différentes

Licence CC BY-NC-ND 3.0

publications. Enfin, une grille d'analyse quantitative a été réalisée par les auteurs de cette épreuve. Il est donc possible de dégager des scores en fonction des réalisations de la personne testée.

Les consignes de passation ont été légèrement modifiées pour être adaptées à un public adulte avec, notamment, l'emploi du vouvoiement à la place du tutoiement dans les consignes d'origine.

Les auteurs de cette épreuve ont conçu plusieurs procédures d'aide (Legeay et al., 2009) :

- Deux plateaux pour encourager le patient à produire une dichotomie plutôt que de multiples tas ou arrangements ;
- Des enveloppes dans lesquelles le patient range les classements obtenus. Il est alors contraint à laisser les tas en vrac, ce qui peut l'inciter à abandonner les collections figurales au profit d'un classement. Le patient est ensuite invité à nommer les enveloppes. Le fait que les groupes soient alors cachés peut l'aider à énoncer des critères décrivant précisément le contenu des enveloppes ;
- Des amorces de dichotomies afin de voir si le patient peut repérer un critère de tri et poursuivre le classement.

Pour notre expérimentation, nous retenons les plateaux et les amorces comme procédures d'aide. Les enveloppes ne sont pas utilisées, malgré leur intérêt, afin de ne pas prolonger le temps de passation et d'éviter de fatiguer le participant. Les aides sont proposées à partir du moment où la personne testée réalise deux collections figurales ou non figurales consécutives ou lorsqu'elle déclare ne pas pouvoir trouver d'autres façon de procéder. De plus, ces situations, lorsqu'elles se présentent malgré les procédures d'aides, sont considérées comme des critères d'arrêt de l'épreuve.

Enfin, nous ne proposons pas l'item 3 de l'épreuve lors de la passation. Lors de cette étape, l'examinateur demande au patient de résumer ce qui a été fait. Cet item a tout son intérêt lors de l'évaluation du trouble logique chez l'enfant et l'adolescent. En revanche, il risque avant tout de mettre en échec une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer, en raison de l'altération de sa mémoire épisodique.

3. Protocole de passation

L'ordre de passation est le suivant :

1. MMS
2. BENQ
3. ERLA

4. Variables

4.1. Variables qualitatives

4.1.1. Variables nominales

Les variables nominales socio-démographiques recueillies sont le sexe, la profession et catégorie socioprofessionnelle (PCS) avant le départ à la retraite, d'après la nomenclature établie par l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE).

Licence CC BY-NC-ND 3.0

D'autres variables nominales sont issues de la passation de l'épreuve des dichotomies de l'ERLA. Elles entrent en compte pour l'analyse qualitative de l'épreuve et ont pour but d'affiner l'évaluation du fonctionnement de pensée du patient (Legeay, 2013). Les variables retenues sont les suivantes :

- Les propriétés énoncées ;
- Les critères énoncés ;
- Les noms attribués par le patient aux différents groupements élaborés ;
- La capacité ou l'incapacité à énoncer les classements avant de les exécuter ;
- La capacité ou l'incapacité à énoncer les classements sans manipuler le matériel ;
- L'utilisation des deux mains ou non lors de la manipulation ;
- L'adéquation ou l'inadéquation entre ce qui a été énoncé et la réalisation ;
- La capacité à changer de critère ou la seule répétition de classements identiques.

4.1.2. Variables ordinales

Le niveau d'études constitue la seule variable ordinale retenue.

4.2. Variables quantitatives

Les variables quantitatives retenues sont toutes discrètes :

- Le score global au MMS ;
- Les scores par domaines au MMS ;
- Le score global à la BENQ (notes brutes) ;
- Les scores par domaines à la BENQ ;
- Le score à l'ERLA ;
- La note de dichotomie calculée à partir du nombre de dichotomies réalisées à l'ERLA ;
- Les durées de passations arrondies à la minute près pour la BENQ et pour l'ERLA.

5. Analyse des données

5.1. Analyse quantitative

A partir des scores bruts totaux et par domaine obtenus à la BENQ, les Z scores sont calculés avec le logiciel Excel, d'après les étalonnages figurant dans le livret théorique du matériel (Prévost-Tarabon & Villain, 2014).

De même, il est procédé au calcul des Z scores à l'ERLA avec le logiciel Excel d'après les normes établies pour les sujets scolarisés en 5ème (Legeay, 2013). En effet, nous ne possédons pas de données sur le niveau de raisonnement antérieur des patients inclus dans l'étude et, de surcroît, il n'existe pas, à notre connaissance, de normes établies pour des niveaux supérieurs. Notre analyse s'appuie donc sur le postulat que le niveau atteint par des adolescents de 5ème correspond à ce qui peut être attendu de la part d'un public adulte.

Ce choix reste néanmoins discutable. En effet, des adultes non cérébrolésés présentant un niveau socio-professionnel supérieur à la moyenne ont pu être en difficulté, voire en échec, lors de la passation d'épreuves de l'ERLA, parmi lesquelles l'épreuve des dichotomies (Gendre-Grenier & Vaillandet, 2013).

Afin de pallier cette difficulté, nous avions envisagé de recruter une population de sujets sains appariée en âge avec la population des personnes avec maladie d'Alzheimer. Nous souhaitions leur soumettre l'épreuve des dichotomies et comparer les performances des deux

Licence CC BY-NC-ND 3.0

groupes. Cependant, le temps nous a manqué pour mettre en œuvre un tel dispositif. Nous sommes donc contrainte de nous référer au seul étalonnage des auteurs de l'ERLA.

5.2. Traitement statistique

Des analyses en composantes principales (ACP) sont réalisées avec le logiciel R à partir des données recueillies, afin de mettre en évidence les éventuelles corrélations entre les résultats aux différentes épreuves et de vérifier ou d'infirmer l'existence de différents profils de patients.

Les corrélations ou les absences de corrélations révélées par les ACP sont vérifiées au moyen de tests de Spearman sur le logiciel R.

Des boîtes à moustaches sont réalisées avec le logiciel R pour vérifier la validité des éventuels profils mis en évidence par les ACP.

5.3. Analyse qualitative

Les variables nominales recueillies permettent de compléter les résultats des patients à l'épreuve de l'ERLA

Les variables sont organisées en quatre types de critères :

- Le type de productions : collections figurales, non figurales ou classes
- Le langage : propriétés énoncées, critères énoncés, nom des groupements
- La manipulation à une ou deux mains
- L'évaluation des capacités d'anticipation, de rétroaction et de flexibilité : capacité à anticiper sur les réalisations, adéquation entre le projet énoncé et les réalisations, capacité à énoncer sans manipuler le matériel, capacité à changer de critère.

Puis ces variables et critères permettent de situer les conduites du patient sur une échelle à trois niveaux.

Tableau 4 : Qualification du niveau de conduite selon les variables qualitatives

Niveau	Variables caractéristiques
Collections figurales Mises en ordre des éléments selon des caractéristiques perceptives et spatiales	Production d'alignements, d'objets collectifs ou d'objets complexes Incapacité à énoncer les classements sans manipuler le matériel Incapacité à anticiper sur les réalisations Justifications et noms de groupements ne contenant ni critère, ni propriété Inadéquation entre la justification et ce qui est réalisé Manipulation lente, à une main
Collections non figurales Rassemblements d'objets strictement identiques. La personne est centrée sur les propriétés de l'objet, mais les collections restent juxtaposées. Les classes ne font pas partie d'un système d'appartenance de type partitive.	Capacité à énoncer des propriétés, voire des critères Présence de résidus ou d'intersections : jetons non classés ou jetons appartenant à deux classes Capacité à effectuer une ou deux dichotomie(s) avec aide Justifications centrées sur les propriétés, mais incomplètes

Licence CC BY-NC-ND 3.0

	Noms contenant les propriétés mais pas assez précis pour distinguer les différents groupements
Classes logiques Résultat d'une opération qui consiste à envisager plusieurs classifications possibles. Comme les différents classements ne peuvent tous exister en même temps dans la réalité, ils doivent se faire en pensée. Les classes s'appuient sur une pensée réversible, mobile, capable d'anticipation.	Description organisée, coordination entre les propriétés Enonciation de classements Réalisation d'au moins deux dichotomies spontanées et une troisième avec les plateaux Pas de collections figurales Travail à deux mains Justification par propriétés ou critères communs Tous les classements réalisés sont énoncés. Les classements sont réorganisés pour ne pas en oublier

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Présentation des résultats

1. Caractéristiques de la population recrutée

Vingt-six personnes sont sollicitées pour participer à notre étude. Parmi elles, six personnes refusent et huit personnes ne répondent pas aux critères d'inclusion. Finalement, nous constituons un échantillon de douze personnes répondant aux critères d'inclusion.

La composition détaillée de l'échantillon figure dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques de l'échantillon

Initiales	Score MMS	Institut	Age	Sexe	PCS	Scolarité
FB	27	CHU	80	M	Agriculteurs exploitants	B
FC	27	EHPAD	75	F	Employés civils et agents de la fonction publique	B
P	23	EHPAD	97	F	Commerçants et assimilés	B
AMP	23	EHPAD	97	F	Professions intermédiaires administratives et commerciales des entreprises	A
MG	22	EHPAD	81	M	Ouvriers qualifiés	C
D	19	CHU	96	F	Ouvriers qualifiés	B
MF	19	EHPAD	94	F	Employés civils et agents de la fonction publique	B
LP	19	EHPAD	80	M	Ouvriers agricoles	C
SD	19	CHU	78	F	Ouvriers non qualifiés	B
AMD	18	EHPAD	85	F	Professions intermédiaires administratives et commerciales des entreprises	B
MB	17	EHPAD	93	F	Personnels des services directs aux particuliers	B
AC	16	EHPAD	88	F	Employés civils et agents de la fonction publique	B

PCS : Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles (*Insee − Institut national de la statistique et des études économiques*, 2020)

Scolarité : A = Brevet élémentaire obtenu ; B = Certificat d'études primaires obtenu ; C = Certificat d'études primaires non obtenu

L'âge moyen des personnes participant à l'étude est de 87 ans, avec un écart-type de 8,15. La personne la plus jeune a 75 ans et les plus âgées 97 ans.

Les scores obtenus au MMS s'échelonnent de 16 à 27. Le score moyen est de 20,75. L'écart-type est de 3,65. Deux personnes obtiennent un score de 27 au MMS, ce qui n'est pas considéré comme pathologique au regard de leur niveau d'étude. Néanmoins, ces personnes sont atteintes de la maladie d'Alzheimer au stade léger comme nous l'ont confirmé les équipes médicales assurant leur suivi.

Parmi les personnes incluses, neuf résident en EHPAD et trois seulement ont été recrutées par le biais du CMRR. Cet écart est dû au fait que nous avons dû exclure huit personnes évaluées au CMRR, étant donné que le diagnostic n'était posé qu'à l'issue de leur journée de consultation, soit après la passation de nos épreuves.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Enfin, le niveau socio-culturel (NSC), caractérisé par la scolarité et la nomenclature des PCS, est homogène et correspond au niveau le plus bas, soit le NCS 1 selon les consignes de cotation du MMS (Kalafat et al., 2003) et de la BENQ (Prévost-Tarabon & Villain, 2014).

2. Résultats

Les résultats quantitatifs regroupent les scores globaux et par domaine, ainsi que les durées de passation à la BENQ et à l'ERLA.

Ces résultats font l'objet de traitements statistiques visant à vérifier l'existence de corrélations entre les scores aux différentes épreuves et à mettre en évidence d'éventuels profils de performances.

Enfin, une analyse qualitative des conduites relevées à l'ERLA vient compléter l'analyse quantitative.

2.1. Analyse quantitative

2.1.1. Epreuves de la BENQ

Les résultats obtenus par chaque participant à la BENQ figurent dans le tableau 6. Ce tableau regroupe les scores et les Z scores totaux et par domaine (estimation, transcodage ou calcul), ainsi que la durée totale de passation.

La répartition des épreuves au sein des trois domaines correspond aux consignes de passation de la BENQ (Prévost-Tarabon & Villain, 2014).

Les moyennes et Z scores de l'échantillon par subtests sont reportés dans le tableau 7.

Dans ces deux tableaux, les Z scores sont calculés à partir de l'étalonnage de la BENQ (Prévost-Tarabon & Villain, 2014).

Ces données indiquent d'une part le caractère pathologique des performances et d'autre part les domaines et les subtests les plus altérés.

Rappelons que tous les participants relèvent du NSC 1 selon les consignes de cotation de la BENQ. Pour le NSC 1, un score brut total inférieur à 27,5 est considéré comme pathologique (Prévost-Tarabon & Villain, 2014).

Ces résultats montrent que 91.66% des participants obtiennent un score total à la BENQ considéré comme pathologique.

Le temps moyen de passation de la BENQ, arrondi à la minute, est de 32 minutes.

L'analyse des valeurs des Z scores par domaine met en évidence des performances plus altérées dans les épreuves faisant appel aux transcodages pour dix des participants. Huit participants obtiennent un score pathologique aux épreuves faisant intervenir l'estimation. En revanche, il n'est pas pertinent d'utiliser les Z scores pour l'analyse des résultats aux épreuves de calcul. En effet, un total de 0 à l'ensemble des épreuves de calcul engendre un Z score de 1,16, considéré comme non pathologique. L'analyse devra donc s'appuyer sur les scores bruts pour le domaine du calcul.

L'examen des moyennes et Z scores par subtest (Cf. Tableau 7) montre que les subtests ayant procuré le plus de difficultés aux participants sont les suivants :

- Le rendez-vous
- Les courses

Licence CC BY-NC-ND 3.0

- La lecture de l'heure.

Pour rappel, ces trois subtests contiennent sept épreuves impliquant les transcodages, deux épreuves de calcul et une épreuve d'estimation.

Tableau 6 : Scores totaux et par domaine obtenus à la BENQ et Z scores arrondis au centième près

	Score Total /40	ZS Total	Score E /6	ZS E	Score T /25	ZS T	Score C /9	ZS C	Tps Total
FB	35.5	0.61	4	-0.17	23.5	0.18	8	2.84	23
FC	25	-1.95	3	-1.14	18	-2.94	4	0.84	26
AC	22.5	-2.56	2	-2.11	17	-3.51	3.5	0.59	22
AMD	22.5	-2.56	3.5	-0.65	18	-2.94	1	-0.66	38
MG	22	-2.68	2	-2.11	17.5	-3.23	2.5	0.09	41
MF	20	-3.17	3	-1.14	15	-4.65	2	-0.16	33
D	18	-3.66	1	-3.08	13.5	-5.5	3.5	0.59	40
SD	18.5	-3.54	0	-4.05	16.5	-3.80	2	-0.16	33
AMP	17.5	-3.78	2	-2.11	15.5	-4.36	0	-1.16	39
P	17	-3.90	2	-2.11	13.5	-5.5	1.5	-0.41	25
MB	16	-4.15	1	-3.08	15	-4.65	0	-1.16	30
LP	11.5	-5.24	1	-3.078	9.5	-7.77	1	-0.66	31

ZS = Z score ; E = estimation ; T = transcodage ; C = calcul ; Tps = temps

Un Z score inférieur à -1,65 peut être considéré comme pathologique (Prévost-Tarabon & Villain, 2014)

Tableau 7 : Moyennes et Z scores des résultats de l'échantillon par subtest arrondis au centième près

Subtest	Moyenne	Z score
1. La lecture de l'heure	2.833	-1.73
2. Les courses	3.5	-2.71
3. Le chèque	2.42	-1.11
4. Le rendez-vous	5.17	-7.27
5. Le cinéma	1.42	-1.14
6. Le digicode	0.75	-1.25
7. La recette	0.17	-1.22
8. La lecture de données chiffrées	4.33	-0.61
TOTAL	20.58	-3.03

Z score < - 4 DS
- 4 DS ≤ Z score < - 3 DS
- 3 DS ≤ Z score < - 2 DS
- 2 DS ≤ Z score < - 1.65 DS
- 1.65 ≤ Z score

Licence CC BY-NC-ND 3.0

2.1.2. Epreuve de l'ERLA

Les scores obtenus à l'épreuve des dichotomies de l'ERLA figurent dans le tableau 8. La note de dichotomies est calculée à partir du nombre de dichotomies réalisées de manière spontanée ou avec les aides.

Tableau 8 : Résultats et temps de passation à l'ERLA

	Score total /16	ZS Total	Note de dichotomies /12	ZS note de dichotomies	Durée de passation en minutes	T/NbR en minutes
MB	5.5	-3.45	5	-2.09	24	5
FB	4.5	-3.98	4	-2.52	12	2
D	4.5	-3.98	3	-2.95	36	5
MG	4.5	-3.98	4	-2.52	11	4
LP	3.5	-4.49	3	-2.95	26	9
AC	2.5	-5	2	-3.38	15	5
AMD	0.5	-6.02	0	-4.24	22	6
MF	0.5	-6.02	0	-4.24	22	4
SD	2	-5.26	2	-3.38	11	6
P	1	-5.77	0	-4.24	12	6
FC	0	-6.28	0	-4.24	29	5
AMP	0	-6.28	0	-4.24	10	10

ZS = Z score ; T/NbR = Durée moyenne par réalisation

Les scores et Z scores sont arrondis au centième près ; la durée de passation et la durée moyenne par réalisation sont arrondies à la minute

Z score < - 4 DS
- 4 DS ≤ Z score < - 3 DS
- 3 DS ≤ Z score < - 2 DS
- 2 DS ≤ Z score < - 1.65 DS
- 1.65 ≤ Z score

Qu'il s'agisse des scores totaux ou de la note de dichotomie, les résultats sont tous inférieurs à 2 DS par rapport à la norme et peuvent donc être considérés comme pathologiques.

La durée moyenne de passation de l'ERLA est de 19 minutes. La durée moyenne par réalisation est de 5 minutes.

2.1.3. Traitement en ACP

Nous réalisons un traitement en ACP des résultats quantitatifs afin d'identifier d'éventuelles corrélations et de faire ressortir différents profils de performances.

2.1.3.1. ACP n°1

Nous réalisons une première ACP (ACP n°1) à partir des scores bruts totaux au MMS, à l'ERLA et à la BENQ.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

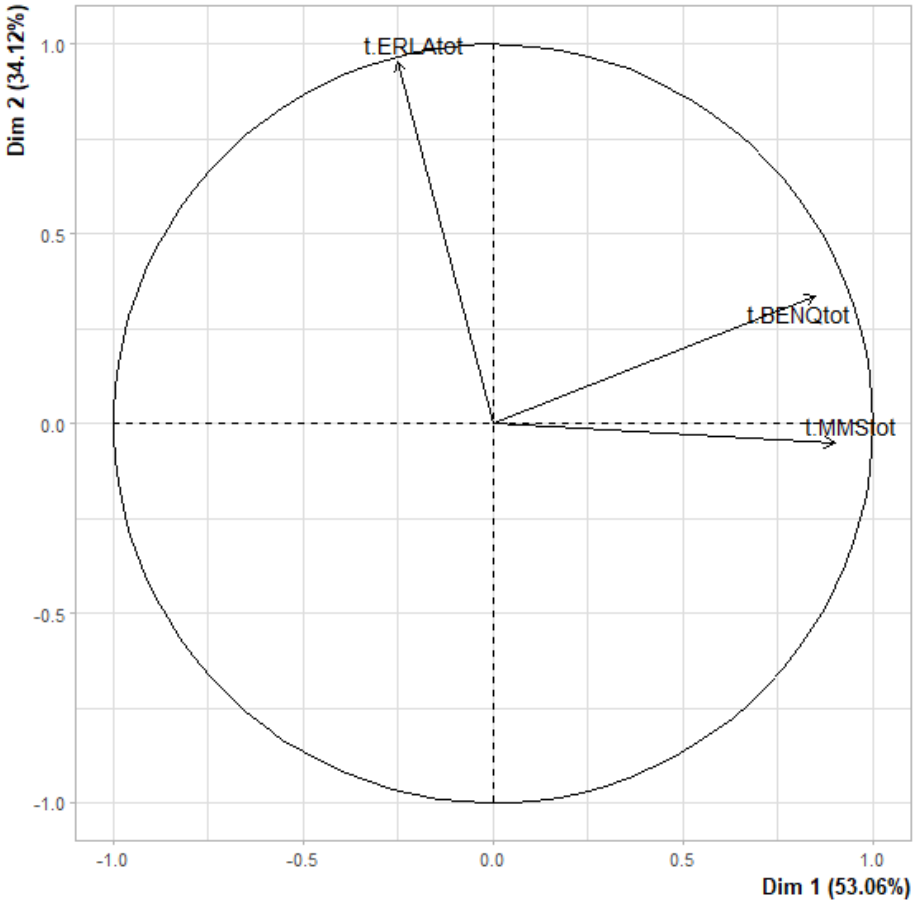


Figure 1 : Graphe des variables de l'ACP n°1

t.ERLAtot = Score brut total à l'ERLA ; t.BENQtot = Score brut total à la BENQ ; t.MMStot = Score brut total au MMS

L'ACP affiche 87,18% de l'information. Les axes du Score brut total à la BENQ et du score brut total au MMS sont les plus proches, ce qui peut signifier une corrélation positive entre ces données. En revanche, l'axe du score brut total à l'ERLA est plus éloigné. Il semblerait que le score brut à l'ERLA ne soit pas corrélé avec les scores bruts à la BENQ et au MMS.

Ces résultats sont vérifiés par le calcul de coefficients de corrélation de Spearman.

Tableau 9 : Coefficients de Spearman appliqués aux scores bruts totaux au MMS, à la BENQ et à l'ERLA, arrondis au centième près

	Score total BENQ	Score total ERLA
Score total MMS	0.25	-0.29
Score total ERLA	-0.19	

Les coefficients figurant dans le tableau 9 sont compris entre -0.29 et +0.25. Ces valeurs sont faibles et vont dans le sens d'une absence de corrélation entre les résultats aux trois épreuves.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

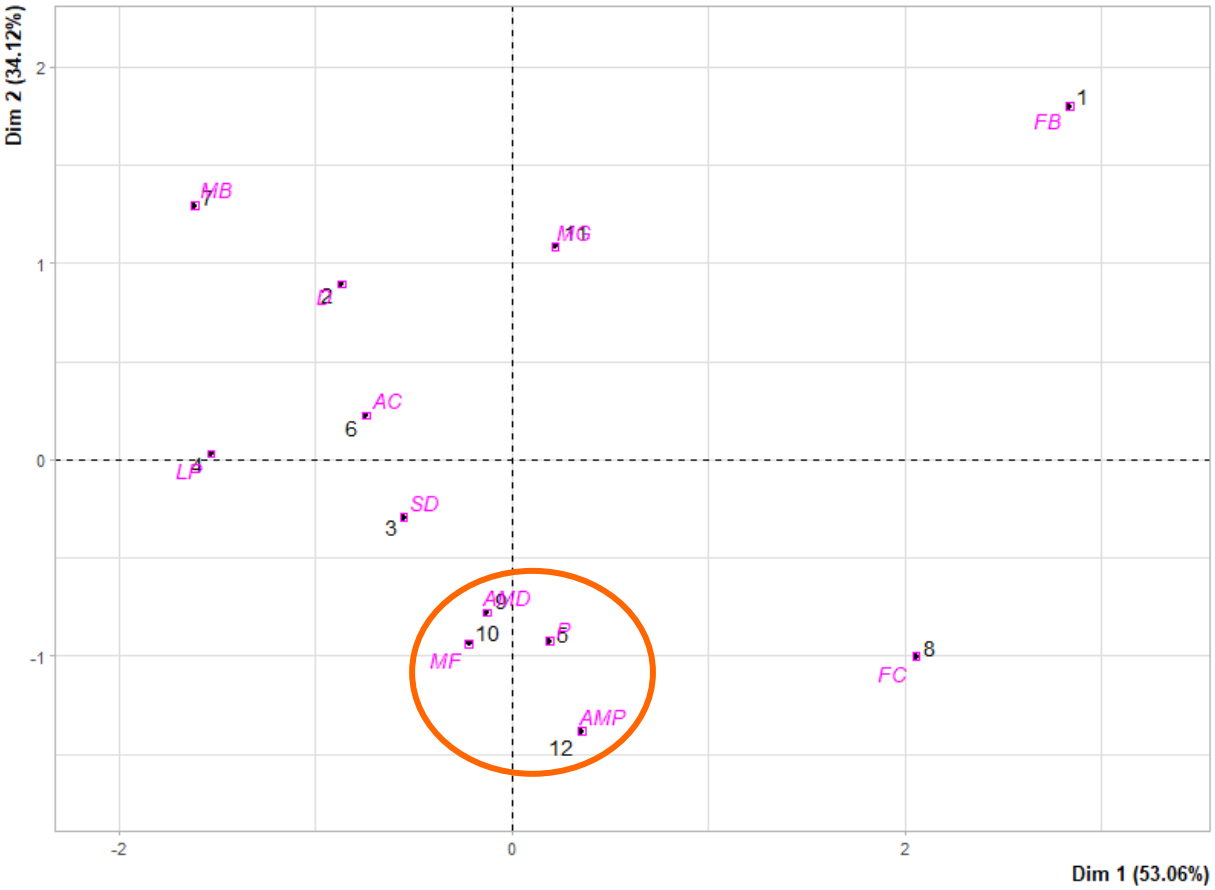


Figure 2 : Graphe des individus de l'ACP n°1

Les individus semblent assez dispersés. Il semble toutefois qu'un groupe se dessine, composé de MF, AMD, P et AMP (groupe entouré en orange sur la figure 2). Ce groupe présenterait un score brut faible à l'ERLA et autour de la moyenne pour le MMS et la BENQ.

2.1.3.2. ACP n°2

Nous réalisons une deuxième ACP (ACP n°2) à partir du score brut total au MMS, des scores bruts obtenus à la BENQ par domaine (estimation, transcodage et calcul) et du score brut obtenu à l'ERLA.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

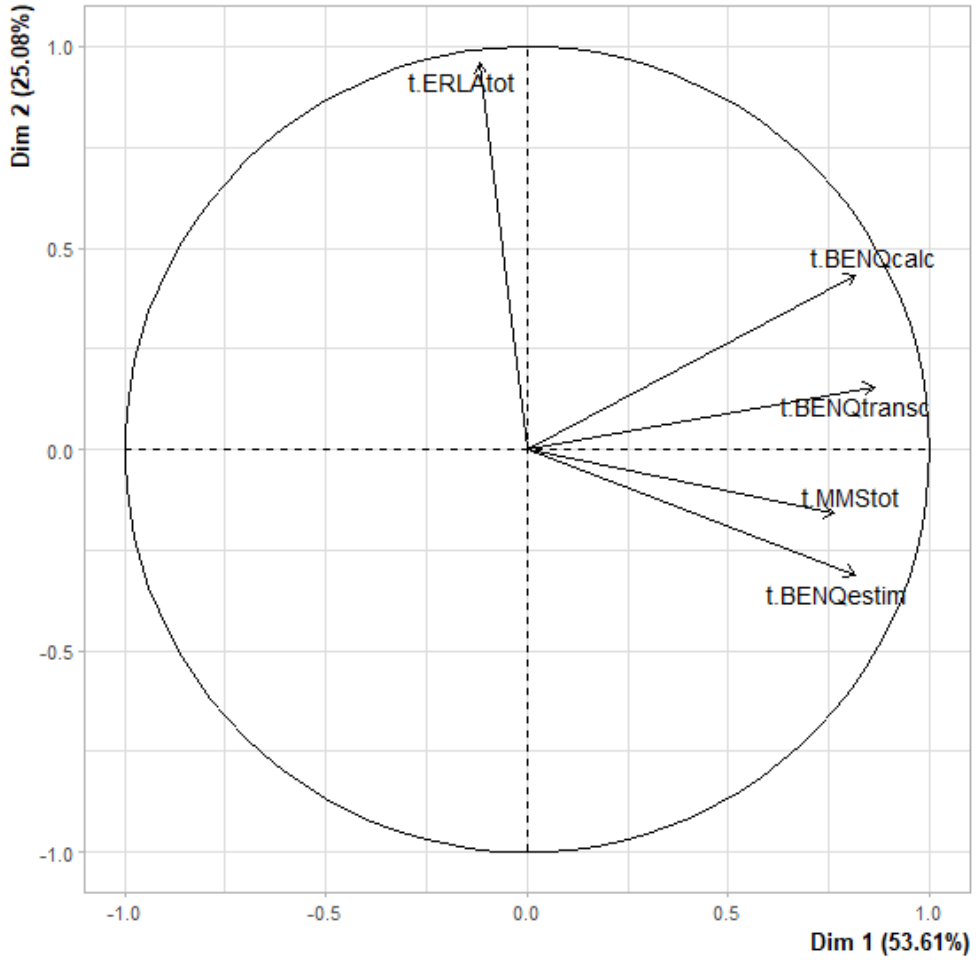


Figure 3 : Graphe des variables de l'ACP n°2

t.ERLAtot = Score brut total à l'ERLA ; t.MMStot = Score brut total au MMS; t.BENQcalc = Score brut aux épreuves de calcul de la BENQ ; t.BENQtransc = Score brut aux épreuves de transcodage de la BENQ ; t.BENQestim = Score brut aux épreuves d'estimation de la BENQ.

L'ACP ci-dessus affiche 78,69% des données sur les axes. Les axes affichant le score aux épreuves d'estimation, de calcul, de transcodage et le score total au MMS sont les plus proches, ce qui peut signifier une corrélation positive entre ces données. En revanche, l'axe affichant le score à l'ERLA est plus éloigné des autres variables. Il semble donc que la corrélation soit moins forte.

Ces résultats sont vérifiés par le calcul de coefficients de corrélation de Spearman.

Tableau 10 : Coefficients de Spearman appliqués aux scores bruts totaux au MMS, aux trois domaines de la BENQ et à l'ERLA, arrondis au centième près

	Score estimation	Score Calcul	Score Transcodage	Score total ERLA
MMS total	0.38	0.35	0.25	-0.29
Score estimation		0.35	0.66	-0.38
Score Calcul			0.48	0.13
Score Transcodage				-0.16

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Le coefficient de corrélation entre le score aux épreuves d'estimation et de transcodage peut être considéré comme assez bon. Les autres coefficients sont plus faibles. Cela indique l'absence de corrélation entre les résultats aux différentes épreuves.

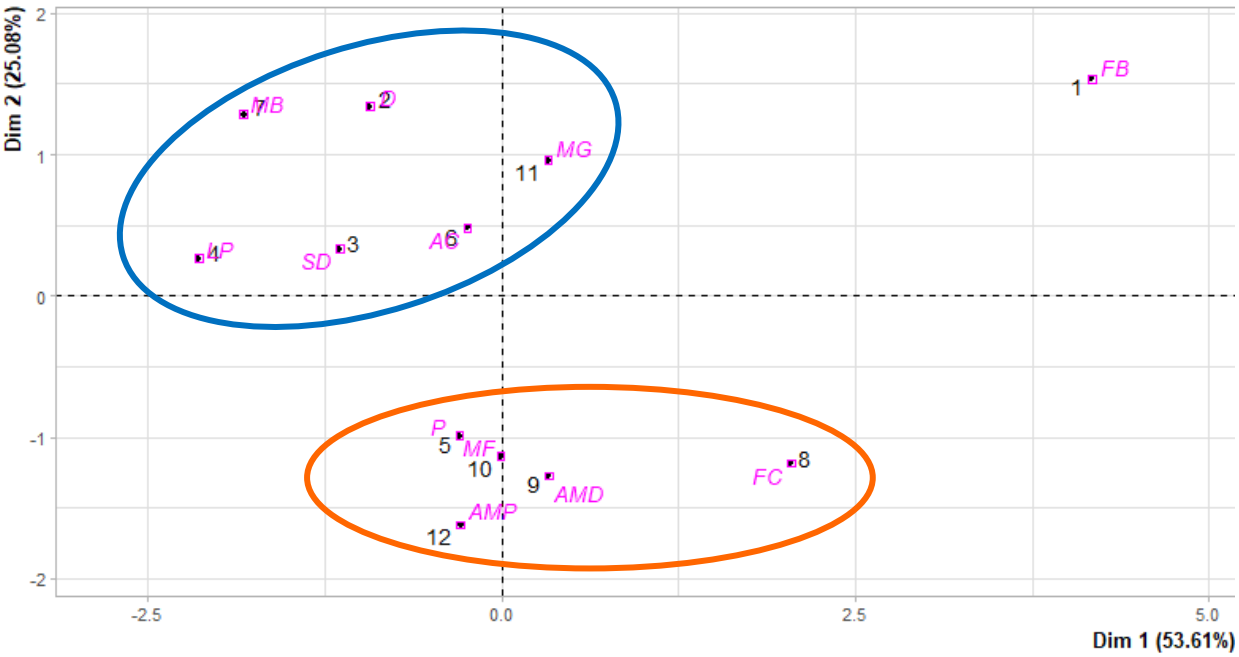


Figure 4 : Graphe des individus de l'ACP n°2

Le graphique des individus de l'ACP met en évidence deux groupes distincts et un individu isolé. Ces groupes ont été entourés en différentes couleurs sur la figure 4, pour faciliter leur repérage.

L'individu isolé est FB. Ses scores sont supérieurs à ceux des autres patients dans toutes les épreuves.

Le groupe 1, en bleu sur la figure 4, est composé de MB, D, LP, SD, AC et MG. Leur score logique paraît supérieur à la moyenne du groupe tandis que les scores aux épreuves de la BENQ et du MMS sont inférieurs à la moyenne du groupe.

Le groupe 2, en orange sur la figure 4, rassemble P MF AMD AMP et FC. Leur score logique semble inférieur à la moyenne du groupe tandis que les scores aux épreuves de la BENQ et du MMS se situent autour de moyenne du groupe.

Des boîtes à moustache sont réalisées avec le logiciel R afin de vérifier la validité des différences révélées par l'ACP.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

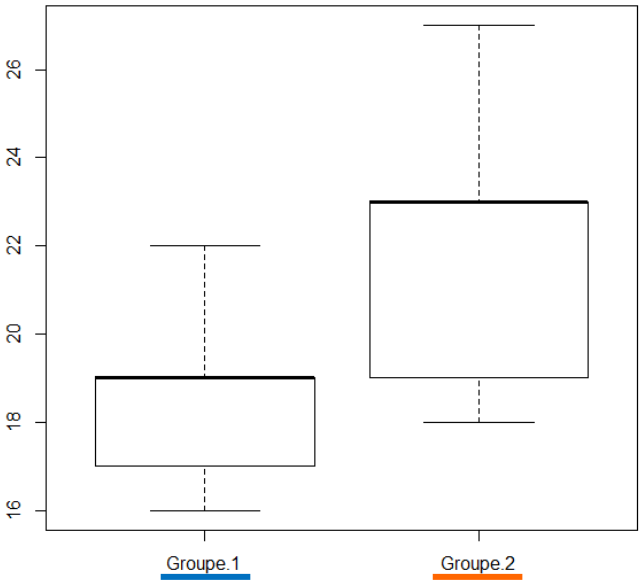


Figure 5 : Scores totaux au MMS des groupes 1 et 2

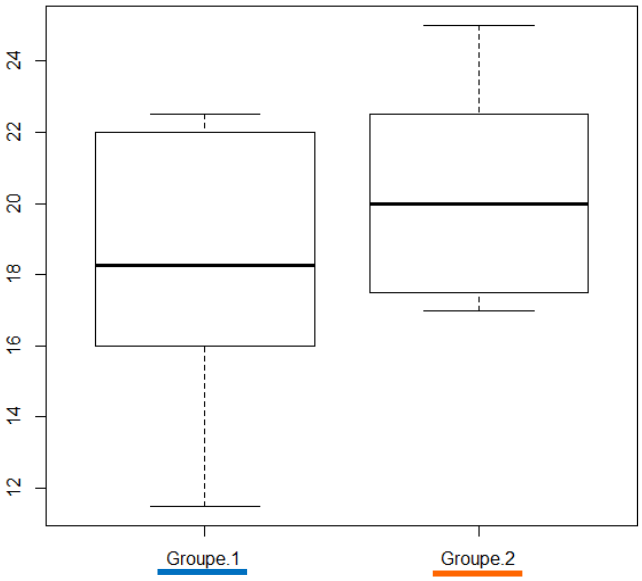


Figure 6 : Scores bruts à la BENQ des groupes 1 et 2

Licence CC BY-NC-ND 3.0

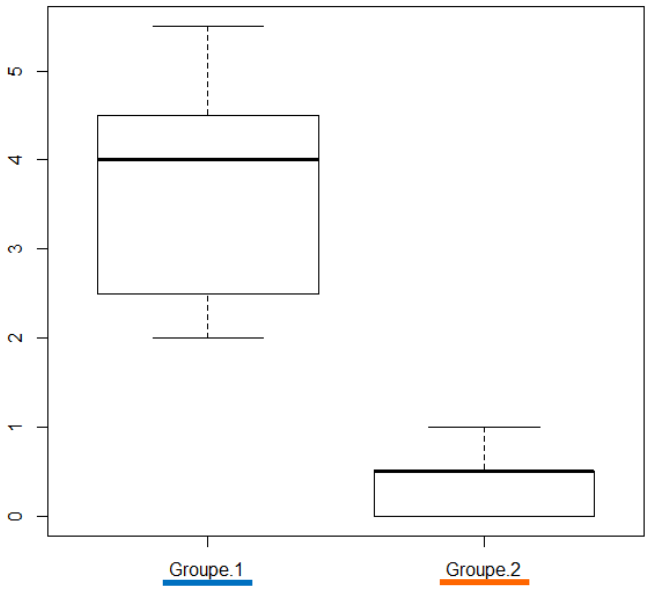


Figure 7 : Scores bruts à l'ERLA des groupes 1 et 2

Les boîtes à moustache confirment la validité de la distinction entre les groupes pour les résultats au MMS et à l'ERLA. Les résultats à la BENQ semblent en revanche assez proches.

2.1.3.3. ACP n°3

Enfin, nous réalisons une troisième ACP à partir des scores bruts par domaine au MMS et du score brut total à la BENQ, afin de tenter de distinguer des profils de performances selon les fonctions cognitives évaluées.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

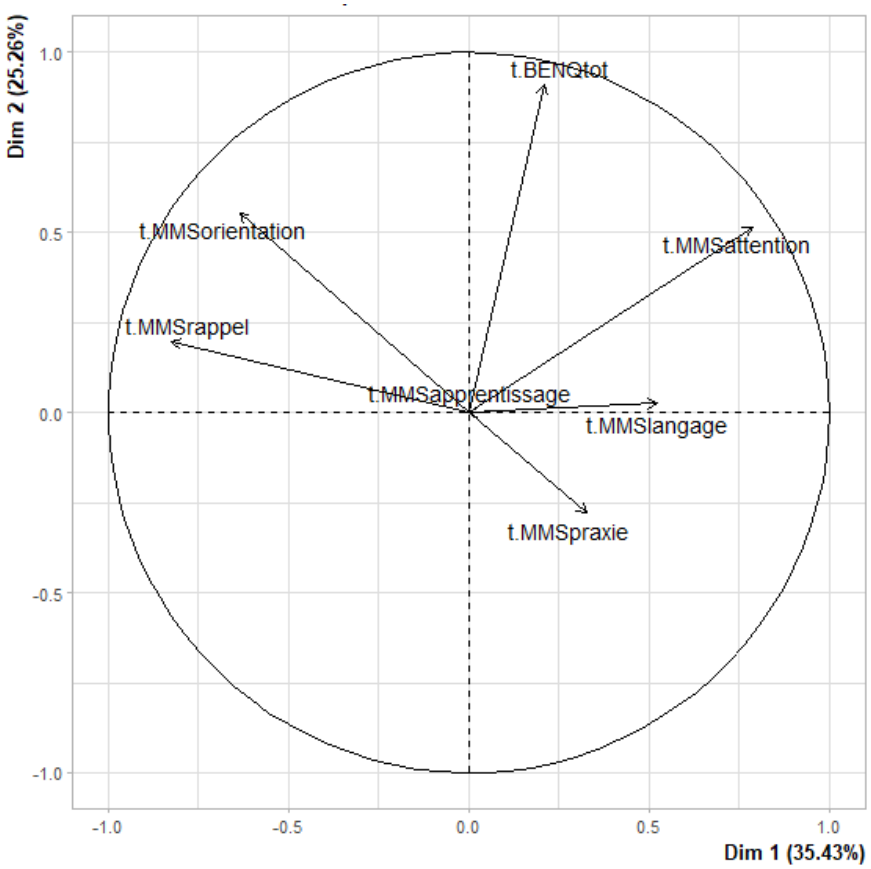


Figure 8 : Graphe des variables de l'ACP n°3

t.BENQtot = Score brut total à la BENQ ; t.MMSorientation = Score brut aux épreuves d'orientation du MMS ; t.MMSapprentissage = Score brut aux épreuves d'apprentissage du MMS ; t.MMSattention = Score brut aux épreuves d'attention et calcul du MMS ; t.MMSrappel = Score brut aux épreuves de rappel du MMS ; t.MMSlangage = Score brut aux épreuves de langage du MMS ; t.MMSpraxie = Score brut à l'épreuves de praxies du MMS

L'ACP n°3 affiche 60,69% de l'information. Les angles séparant les axes restent assez larges, ce qui indique de faibles corrélations entre les résultats aux différentes épreuves.

La position centrale de l'axe des scores aux items d'apprentissage est due au fait que tous les participants ont obtenu le même score à ce subtest (3 points).

Afin de vérifier ce phénomène, nous procédons au calcul des coefficients de Spearman entre les résultats à la BENQ et ceux aux différentes épreuves du MMS. Le coefficient de Spearman le plus élevé (0.5717357) concerne la relation entre le résultat total à la BENQ et le score aux items « Attention et calcul » du MMS.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

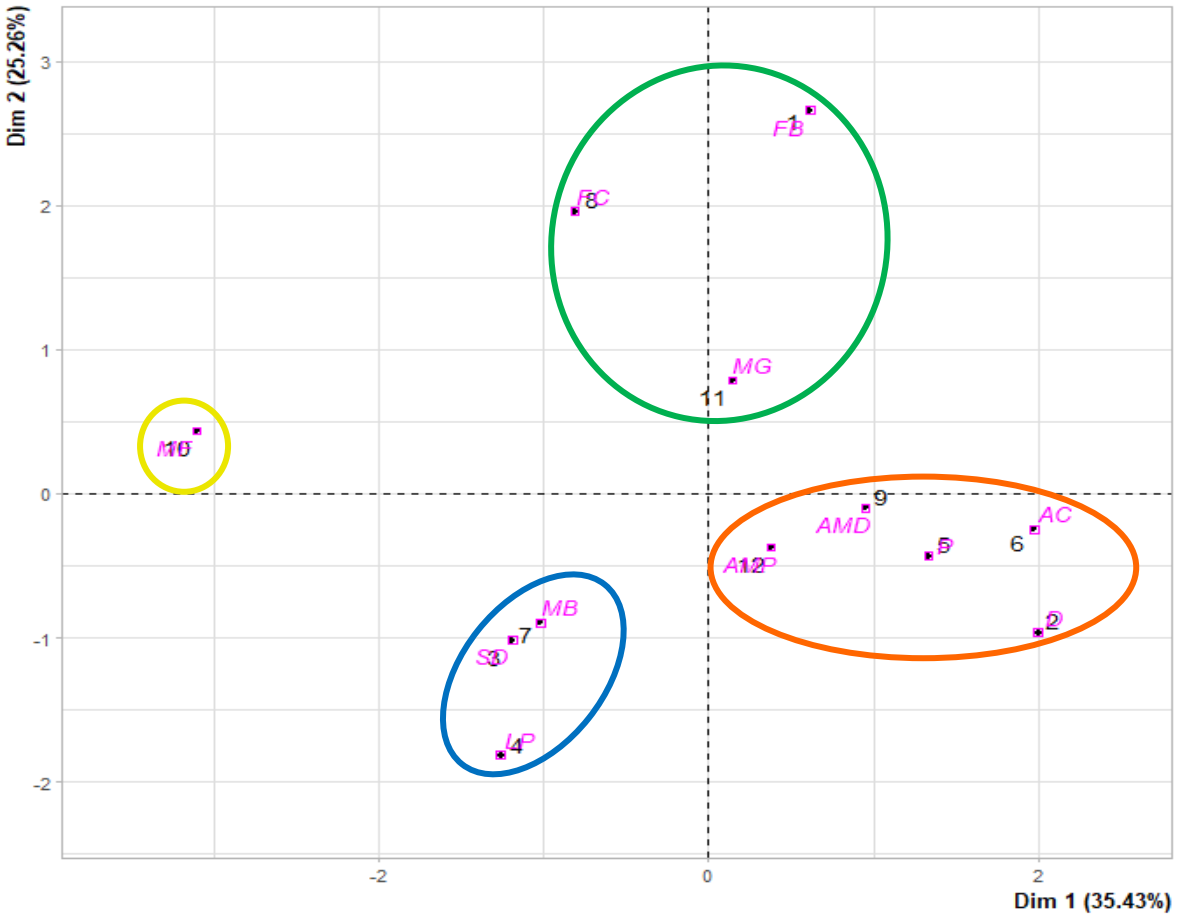


Figure 9 : Graphe des individus de l'ACP n°3

Le graphe des individus de l'ACP n°3 fait ressortir plusieurs groupes, entourés en différentes couleurs sur la figure 9 pour faciliter leur repérage :

- Le groupe n°1, en bleu sur la figure 9, est composé de MB, SD et LP. L'ACP fait ressortir le faible score aux épreuves « Attention et calcul » et des scores faibles à la BENQ.
- Le groupe n°2, en orange sur la figure 9, est composé de AMD, AMP, D, AC et P. L'ACP fait ressortir les faibles scores à la BENQ et aux épreuves d'orientation et de rappel, ainsi que des résultats relativement élevés aux épreuves de langage et de praxie.
- Le groupe n°3, en vert sur la figure 9, est composé de MG, FC et FB. L'ACP fait ressortir les scores relativement élevés à la BENQ, aux épreuves d'attention et calcul et de langage.
- Le groupe n°4, en jaune sur la figure 9, ne comporte qu'un individu, MF. L'ACP met en avant son faible score aux épreuves de langage et des scores plus élevés aux épreuves de rappel et d'orientation.

2.2. Analyse qualitative

L'analyse qualitative concerne l'épreuve des dichotomies de l'ERLA. Elle repose sur le type de production des patients, le langage, la manipulation, les critères pour évaluer la flexibilité de pensée et les capacités à anticiper et rétroagir.

Un tableau récapitulatif des résultats de l'analyse qualitative figure en annexe V.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

2.2.1. Productions des patients

Parmi les productions des patients, nous observons aussi bien des collections figurales, des collections non figurales que des classements. Rappelons que les collections figurales sont des mises en ordre d'éléments selon des caractéristiques perceptives et fonctionnelles (alignements, des objets collectifs et des objets complexes). Les collections non figurales consistent en des rassemblements d'objets strictement identiques. La personne est alors centrée sur les propriétés de l'objet, mais les collections restent juxtaposées. Les classements résultent d'une opération mentale d'extraction et de rassemblement des propriétés communes aux objets.

Le relevé des productions figure dans le tableau 11.

Tableau 11 : Analyse qualitative - Type de production

Initiales	Type de production
MB	Classements uniquement
FB	Collections et classements
LP	Collections et classements
SD	Collections et classements
P	Collections et classements
D	Collections et classements
MG	Collections non figurales uniquement
AC	Collections non figurales uniquement
MF	Collections non figurales et figurales
AMD	Collections non figurales et figurales
AMP	Collections figurales uniquement
FC	Collections figurales uniquement

Les critères de réussite de l'épreuve sont atteints lorsque le sujet produit deux dichotomies spontanément et une troisième aisément avec l'aide des plateaux. A partir du collège, toute production de collection figurale est considérée comme indice de pathologie (Legeay, 2013).

L'analyse du type de production confirme donc le caractère pathologique des performances. Seule une participante, MB, ne produit aucune collection. Néanmoins, MB ne réalise que deux classements spontanés (une dichotomie et un « huit tas ») et une dichotomie avec l'aide de l'amorce. Ces productions sont insuffisantes pour situer MB au niveau des classes logiques (Legeay, 2013).

2.2.2. Langage

Le relevé des conduites langagières figure dans le tableau 12.

L'analyse des noms attribués aux groupements permet de distinguer quatre types de conduites :

- Les noms « fantaisistes » (ex : « une église ») ou l'absence de nom (ex : « Je ne sais pas »).
- Les noms centrés sur les propriétés mais avec des répétions (ex : « Des carrés, des carrés aussi, des carrés carrés, pareil, des ronds, des ronds, des ronds ronds, des ronds).

Licence CC BY-NC-ND 3.0

- La juxtaposition de noms appartenant à différents niveaux de classement (ex : « des ronds, des carrés, des grands, les petits ronds, les petits carrés ») ou à différents types de propriétés (ex : « Les rouges, les jaunes et les petits »). Ces noms contiennent des propriétés mais ne sont pas assez précis pour distinguer les différents groupements.
- L'énumération contenant toutes les propriétés des groupements et seulement elles (« Les jaunes, les rouges »).

Tableau 12 : Analyse qualitative - Conduites langagières

Initiales	Propriétés	Critères	Noms
FB	Toutes les propriétés	Deux critères	Propriétés ≠ niveaux
FC	Quelques propriétés	Deux critères	Propriétés + répétitions
P	Certaines propriétés erronées	Un critère	Propriétés ≠ niveaux
AMP	Aucune propriété	Aucun critère	Fantaisiste / absence
MG	Quelques propriétés	Deux critères	Propriétés + répétitions
D	Toutes les propriétés	Deux critères	Propriétés ≠ niveaux
MF	Toutes les propriétés	Un critère	Propriétés + répétitions
LP	Quelques propriétés	Un critère	Propriétés ≠ niveaux
SD	Certaines propriétés erronées	Un critère	Toutes les propriétés
AMD	Quelques propriétés	Aucun critère	Fantaisiste / absence
MB	Certaines propriétés erronées	Deux critères	Propriétés + répétitions
AC	Aucune propriété	Un critère	Fantaisiste / absence

2.2.3. Manipulation

La moitié des patients travaille à une main, l'autre moitié utilise ses deux mains pour manipuler.

2.2.4. Mobilité de pensée

Lors des passations, nous n'observons aucun patient capable d'anticiper sur les réalisations ou d'énoncer ce qu'il va faire sans commencer à manipuler le matériel, et ce, malgré nos rappels de consigne.

Concernant la capacité à changer de critère, nous observons plusieurs types de conduite :

- Sept patients ne parviennent pas à changer de critère, soit parce qu'ils ne sont pas centrés sur les propriétés et ne produisent que des collections, soit parce qu'ils persévèrent à produire le même type de classement ;
- Trois patients parviennent à changer de critère avec l'aide des plateaux ou de l'amorce ;
- Deux patients réussissent à changer de critère spontanément mais après une ou plusieurs persévérations à produire le même type de classement.

Aucun patient ne peut changer de critère spontanément et sans persévération.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

2.2.5. Niveau de classification

Ces observations nous conduisent à répartir les patients selon deux niveaux de classification :

- Niveau 1 : Les collections figurales.
- Niveau 2 : Les collections non figurales.

Aucun patient n'atteint le niveau 3 qui correspond aux classes logiques.

Tableau 13 : Niveaux de classification

Initiales	Niveau de classification
FB	Collections non figurales
FC	Collections figurales
P	Collections non figurales
AMP	Collections figurales
MG	Collections non figurales
D	Collections non figurales
MF	Collections figurales
LP	Collections non figurales
SD	Collections non figurales
AMD	Collections figurales
MB	Collections non figurales
AC	Collections figurales

3. Synthèse des principaux résultats

Les résultats issus de notre expérimentation mettent donc en évidence les éléments suivants :

- Parmi les 12 personnes testées, 11 obtiennent des scores pathologiques à la BENQ.
- Les résultats quantitatifs et l'analyse qualitative à l'épreuve des dichotomies de l'ERLA indiquent qu'aucun des participants ne se situe au niveau des classes logiques. Les conduites et productions relèvent des niveaux des collections figurales et non figurales.
- Les résultats à l'ERLA, à la BENQ et au MMS ne sont pas corrélés.
- Deux groupes semblent se distinguer : le groupe 1 présente un niveau cognitif inférieur à la moyenne et un niveau logique supérieur et le groupe 2 un niveau cognitif supérieur à la moyenne mais un niveau logique inférieur. Ces deux groupes obtiennent des scores comparables aux épreuves d'utilisation du nombre au quotidien, le groupe 2 a une moyenne toutefois légèrement supérieure à celle du groupe 1 dans ce domaine.
- L'analyse des résultats par domaine au MMS met en évidence différents types d'altération : en premier lieu l'attention et calcul, en deuxième lieu l'orientation et le rappel, en troisième lieu le langage.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Discussion des résultats

Notre étude porte sur l'altération de l'utilisation des nombres au quotidien dans la maladie d'Alzheimer. Son objectif principal est de tenter de dégager des profils d'acalculie selon le degré d'atteinte cognitive et le niveau de raisonnement. Afin de répondre à notre problématique, nous avons émis deux hypothèses générales : « le niveau cognitif général de la personne atteinte de la maladie d'Alzheimer est prédictif de ses performances dans les activités numériques de la vie quotidienne et de son niveau de raisonnement » et « il existe différents profils d'acalculie dans la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré ».

Tout d'abord, nous confronterons nos résultats aux hypothèses opérationnelles afin de valider ou invalider les hypothèses générales. Nous comparerons ensuite nos conclusions aux données issues de la littérature. Puis nous exposerons les limites et biais de notre étude. Enfin, nous livrerons les implications thérapeutiques et les perspectives de recherches consécutives à notre étude.

1. Confrontation des résultats aux hypothèses et à la littérature

1.1. Hypothèse générale 1

1.1.1. Confrontation de l'hypothèse générale 1 et des hypothèses opérationnelles aux résultats de l'expérimentation

Hypothèse opérationnelle 1a

Les personnes avec diagnostic de maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré obtiennent un score pathologique à des tests évaluant l'utilisation du nombre dans la vie quotidienne.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons soumis des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à la BENQ. Parmi les douze personnes testées, onze obtiennent des scores totaux pathologiques à la BENQ.

Rappelons que le calcul des Z scores par domaine montre que l'altération la plus marquée concerne le domaine des transcodages, pour dix des participants. Huit participants obtiennent un score pathologique aux épreuves faisant intervenir l'estimation. L'étalonnage ne permet pas de faire ressortir le caractère pathologique des scores aux épreuves de calcul. Nous relevons toutefois que huit participants obtiennent moins de 3 points sur 9 dans ce domaine.

Au regard de ces différents éléments, nous considérons que **l'hypothèse 1a est partiellement validée** dans le cadre de notre étude.

Hypothèse opérationnelle 1b

Les conduites et les scores des personnes avec diagnostic de maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré à un test évaluant le raisonnement établissent un trouble dans ce domaine.

Pour répondre à cette hypothèse, nous avons soumis des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à l'épreuve des dichotomies de l'ERLA. Aucune d'entre elles ne se situe au niveau des classes logiques, niveau attendu dans une population adulte. Sept d'entre elles se trouvent au niveau des collections non figurales. Ce niveau est atteint entre 5 et 9 ans au cours du développement normal de l'enfant (Legeay et al., 2009). Cette tranche d'âge couvre la fin

Licence CC BY-NC-ND 3.0

du stade préopératoire et le début du stade opératoire concret (Dolle, 2005). Les performances des cinq autres participants relèvent du niveau des collections figurales, atteint par les enfants à partir de 2 ans (Legeay et al., 2009). Cela correspond au stade préopératoire (Dolle, 2005).

Au regard de ces résultats, nous considérons que **l'hypothèse 1b est validée** dans le cadre de notre étude.

Hypothèse opérationnelle 1c

Les scores de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à des tests d'évaluation du niveau cognitif sont corrélés avec leurs scores à des tests d'évaluation des activités numériques de la vie quotidienne.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons calculé le coefficient de Spearman entre les scores obtenus au MMS et à la BENQ (scores totaux et scores par domaines). Aucun de ces coefficients n'est supérieur à 0,4 ou inférieur à -0,4, ce qui peut être considéré comme faible.

Au regard de ces résultats, nous considérons que **l'hypothèse 1c est invalidée** dans le cadre de notre étude.

Hypothèse opérationnelle 1d

Les scores de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer à des tests d'évaluation du niveau cognitif sont corrélés avec leurs scores à des tests d'évaluation du raisonnement.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons calculé le coefficient de Spearman entre les scores obtenus au MMS et à l'ERLA. Aucun de ces coefficients n'est supérieur à 0,3 ou inférieur à -0,3, ce qui peut être considéré comme faible.

Au regard de ces résultats, nous considérons que **l'hypothèse 1d est invalidée** dans le cadre de notre étude.

Hypothèse générale 1

Le niveau cognitif général de la personne atteinte de la maladie d'Alzheimer est prédictif de ses performances dans les activités numériques de la vie quotidienne et de son niveau de raisonnement.

Dans cette étude, nous relevons une altération des capacités à utiliser le nombre dans la vie quotidienne et à raisonner. Néanmoins, nous ne relevons aucune corrélation entre les résultats aux épreuves évaluant le niveau cognitif et les résultats aux épreuves numériques et de raisonnement. Le niveau cognitif général de la personne n'est donc pas prédictif de ses performances dans les activités numériques de la vie quotidienne et de son niveau de raisonnement. **L'hypothèse générale 1 est invalidée** dans le cadre de cette étude.

1.1.2. Interprétation des résultats et comparaison avec les données de la littérature

A la suite de ces résultats, nous retenons plusieurs éléments :

1. Les personnes ayant participé à notre étude présentent une altération de l'utilisation des nombres au quotidien dans leur grande majorité.
2. Toutes les personnes ayant participé à notre étude présentent une altération du raisonnement.
3. Notre étude n'établit pas de parallèle entre un déclin de l'utilisation des nombres et du raisonnement d'une part et le déclin cognitif plus global d'autre part.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

1. 91,66 % des personnes composant notre échantillon obtiennent un score pathologique à la BENQ. Ce taux est à considérer avec précaution étant donné la faible taille de notre échantillon. Néanmoins, ce résultat est très proche de celui obtenu par Carlomagno et ses collaborateurs (1999) : dans leur étude, 91,11 % des sujets français avec maladie d'Alzheimer obtiennent un score pathologique à l'EC 301. Il est à noter que la moyenne des scores au MMS dans leur étude (20,8 points pour les sujets français) et dans la nôtre (20,75 points) sont également proches.

Deux éléments peuvent contribuer à expliquer le seul score non pathologique de l'échantillon, obtenu par FB. Tout d'abord, FB obtient un score de 27 au MMS, ce qui, au regard de son niveau socio-culturel, n'est pas pathologique. De surcroît, FB occupe une activité bénévole : il aide ses enfants dans leur commerce de vente au détail de fruits et légumes en tenant la caisse. Dans sa vie quotidienne, FB manipule donc les nombres sans arrêt. On peut donc considérer FB comme surentraîné à des tâches ressemblant aux épreuves de la BENQ.

Les Z scores calculés à partir de l'étalonnage de la BENQ montrent des difficultés plus accentuées dans le domaine du transcodage. Il convient toutefois de nuancer ces résultats. En effet, les épreuves faisant intervenir le transcodage de façon prédominante sont les suivantes :

- La lecture de l'heure
- Le paiement en espèce d'une somme exacte
- La vérification d'un montant total à la calculatrice
- Le paiement par chèque d'une somme dont la valeur est fournie à l'oral
- Le repérage d'une date et d'une heure sur un agenda
- L'écriture sous dictée de coordonnées
- Donner ses propres coordonnées
- La composition d'un code
- La lecture de coordonnées
- La lecture de phrases

Plusieurs de ces épreuves peuvent être considérées comme multidéterminées (Prévost-Tarabon & Villain, 2014). Par exemple, la lecture de l'heure en mode analogique suppose non seulement de lire des nombres, mais aussi de connaître des règles propres à la lecture de l'heure sur un cadran. De même, l'épreuve de vérification d'un montant à la calculatrice implique de savoir se servir de cet instrument. Dans ces épreuves, ce sont donc aussi bien l'utilisation d'outils de la vie quotidienne que les transcodages qui sont évalués.

Par ailleurs, l'étalonnage de la BENQ ne permet pas de situer les performances des participants aux épreuves de calcul par rapport aux performances de la population générale. Nous notons toutefois que mis à part FB, aucun participant n'obtient plus de 4/9 aux épreuves impliquant le calcul. L'étalonnage laisse à penser que le niveau de ces épreuves est trop élevé. Toutefois, les calculs demandés correspondent à des tâches régulièrement effectuées dans la vie courante : calculer un prix réduit de 10%, calculer des durées ou encore vérifier un rendu de monnaie. Ne pas être en mesure d'accomplir ces activités constitue un frein évident à l'autonomie.

Si l'on ne considère pas l'étalonnage des épreuves de calcul mais que l'on s'appuie sur les scores bruts uniquement, ces résultats semblent donc concorder avec l'étude de Martini et ses collaborateurs (2003). D'après cette étude, les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer rencontrent des difficultés dans les tâches numériques de la vie quotidienne faisant intervenir

Licence CC BY-NC-ND 3.0

les transcodages et le calcul. Les performances à ces tâches sont significativement plus basses que celles des sujets témoins pour lesquels une saturation des épreuves est observée (Martini et al., 2003).

2. Les résultats de notre étude mettent en évidence une altération du raisonnement chez tous les participants. Rappelons que les scores et conduites à l'épreuve des dichotomies de l'ERLA témoignent d'une dégradation du raisonnement, certaines performances relevant même du stade préopératoire. En ce sens, nos résultats sont donc cohérents avec les travaux portant sur la dégradation du raisonnement dans la maladie d'Alzheimer (McGregor Thornbury, 1993). Nos résultats montrent que la dégradation du raisonnement est même plus précoce et plus sévère que ce qui est avancé dans la littérature (Matteson et al., 1996b).

3. Les coefficients de Spearman entre les résultats aux épreuves du MMS, de la BENQ et de l'ERLA demeurent faibles. Dans notre étude, nous ne retrouvons pas de corrélation entre le niveau cognitif global de la personne, son niveau de raisonnement et ses performances dans les tâches numériques de la vie quotidienne. En ce sens, ces résultats diffèrent de ceux obtenus dans les travaux qui s'inscrivent dans le cadre théorique de la rétrogénèse (Matteson et al., 1996a, 1996b ; Reisberg, 1984 ; Reisberg et al., 2002). En effet, chez les personnes ayant participé à notre étude, même si une dégradation du raisonnement et des capacités d'utilisation des nombres est observée, le rythme auquel progresse ce déclin semble variable d'un individu à l'autre et n'est pas corrélé à la dégradation du niveau cognitif global.

1.2. Hypothèse générale 2

1.2.1. Confrontation de l'hypothèse générale 2 aux résultats de l'expérimentation

Hypothèse opérationnelle 2a

Il existe des dissociations dans les résultats aux tests d'évaluation du niveau cognitif, du nombre et du raisonnement de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré.

Nos résultats mettent en évidence des dissociations entre les résultats au MMS, à la BENQ et à l'ERLA. Pour illustrer cette affirmation, nous pouvons citer quelques exemples.

FC obtient un score de 27 au MMS. Ce score n'est pas considéré comme pathologique au regard de son niveau socio-culturel. Pourtant, elle ne produit aucun classement à l'ERLA mais des collections figurales, malgré les procédures d'aide. Ainsi, elle obtient un score de 0 point à cette épreuve. Son niveau de raisonnement relève donc du stade préopératoire. Ces résultats témoignent d'une **dissociation entre le niveau cognitif global et le niveau de raisonnement**.

En outre, FC obtient un score de 25 à la BENQ. Cela équivaut à -1.95 DS, la performance de FC à la BENQ est donc pathologique. Ces résultats attestent d'une **dissociation entre le niveau cognitif et l'aptitude à utiliser le nombre au quotidien**.

Enfin, FB obtient un score de 35.5 à la BENQ, soit +0.61 DS. Les analyses quantitatives et qualitatives de sa passation nous amènent à situer son niveau de raisonnement au début du stade opératoire concret. Nous relevons donc une **dissociation entre le niveau de raisonnement et l'aptitude à utiliser le nombre au quotidien.**

L'hypothèse opérationnelle 2a est donc validée.

Hypothèse opérationnelle 2b

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Les résultats permettent de distinguer, parmi des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré, certaines personnes avec acalculie primaire, certaines personnes avec acalculie et déficit cognitif et certaines personnes avec acalculie et déficit logique.

L'ACP n°2 distingue deux groupes dans notre échantillon. Les personnes du groupe 1 obtiennent un score logique supérieur à la moyenne du groupe tandis que leur score au MMS était inférieur. A l'inverse, les personnes du groupe 2 obtiennent un score logique inférieur à la moyenne du groupe tandis que leur score au MMS est proche de moyenne du groupe. Dans ces deux groupes, les scores à la BENQ sont pathologiques.

Deux tendances semblent donc se dessiner : l'un avec troubles numériques et déficit cognitif plus marqué et l'autre avec troubles numériques et déficit logique plus marqué.

Le traitement en ACP n°3 vise à déterminer, parmi les domaines évalués au moyen du MMS, si des profils peuvent être mis en évidence. L'ACP n°3 fait ressortir plusieurs profils de déficits associés à l'acalculie :

- Un profil avec déficit aux épreuves d'attention et de calcul.
- Un profil avec déficit aux épreuves d'orientation et de rappel.
- Un profil avec déficit aux épreuves de langage.

Enfin, tous les participants qui obtiennent un score pathologique à la BENQ obtiennent également des scores pathologiques au MMS et / ou à l'ERLA. Nos résultats ne nous permettent donc pas de déceler d'acalculie primaire.

L'hypothèse opérationnelle 2b est donc partiellement validée dans le cadre de notre étude.

Hypothèse générale 2

Il existe différents profils d'acalculie dans la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré.

Les dissociations observées au cours de notre étude nous permettent de distinguer plusieurs tendances parmi les personnes présentant une altération de l'utilisation du nombre au quotidien. Dans certains cas, cette altération est accompagnée d'un déficit cognitif plus marqué tandis que dans d'autres cas, c'est l'atteinte du raisonnement qui est au premier plan.

Cependant, il convient de nuancer ces conclusions. Aucun des participants ne présente de niveau de raisonnement relevant du stade opératoire formel. Cela signifie que même dans le groupe 1 où prédomine l'altération cognitive globale, la composante logique ne peut être écartée. A l'inverse, dans le groupe 2, les performances de raisonnement sont certes basses, mais le niveau cognitif global est pathologique pour certaines personnes, même s'il reste en moyenne plus élevé que celui de l'autre groupe. Les groupes révélés par le traitement en ACP doivent être analysés avec précaution : leur construction s'appuie davantage sur des tendances observées dans l'échantillon que sur des différences nettes.

En définitive, nous mettons en évidence des dissociations suite aux performances de certains participants. Nous pouvons également distinguer des tendances parmi les résultats des patients aux différentes épreuves. Ainsi, **nos données vont dans le sens d'une validation de notre hypothèse générale 2 mais la taille de notre échantillon ne nous permet pas d'affirmer que ces résultats sont significatifs**.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

1.2.2. Interprétation des résultats et comparaison avec les données de la littérature

A partir de ces résultats, nous retenons plusieurs éléments :

1. L'étude met en évidence des dissociations entre les perfomances dans les trois domaines évalués.
2. Deux tendances ressortent des performances des participants et nous amènent à dissocier deux groupes :
   - Un groupe avec déficit dans l'utilisation des nombres au quotidien associé à une altération du raisonnement prédominante ;
   - Un groupe avec déficit de l'utilisation des nombres au quotidien associé à une altération du niveau cognitif global prédominante.
3. Trois types de déficit des fonctions cognitives peuvent être distingués : un déficit aux épreuves d'attention et de calcul, un déficit aux épreuves d'orientation et de rappel et un déficit aux épreuves de langage.

1. Les dissociations observées dans l'échantillon vont dans le sens d'une séparation des processus impliqués dans les tâches du MMS, de la BENQ et de l'ERLA. Néanmoins, il convient de modérer cette affirmation. En effet, aucune double dissociation n'est relevée : les participants présentent tous un déficit dans le domaine du raisonnement et, mis à part un participant, tous obtiennent un score pathologique à la BENQ. Ainsi, aucun participant ne présente un niveau cognitif global pathologique associé à un score non pathologique à la BENQ ou à l'ERLA. En revanche, ces résultats montrent qu'au sein de notre échantillon, les épreuves de la BENQ et de l'ERLA se révèlent plus sensibles à la pathologie que le MMS. Cette observation concorde avec les travaux ayant conclu à un déficit précoce en matière d'acalculie (Deloche et al., 1995, Carlomagno et al., 1999, Mendez, 2019), d'utilisation du nombre au quotidien (Martini et al., 2003), ou de raisonnement (Matteson et al., 1996b) dans la maladie d'Alzheimer.

La dissociation rencontrée chez FB peut paraître surprenante. En effet, FB obtient un score non pathologique à la BENQ, alors que ses performances à l'ERLA témoignent d'une altération du raisonnement. Rappelons que selon l'approche constructiviste, l'enfant, au cours de son développement, s'appuie sur ses structures de pensées pour accéder au nombre et pour pouvoir l'utiliser comme outil. La dissociation observée chez FB pose la question de la conservation de capacités numériques tout à fait fonctionnelles en dépit d'un niveau de raisonnement déficitaire. On peut en effet s'interroger sur l'importance des autres fonctions cognitives qui sous-tendent l'utilisation du nombre à l'âge adulte, telles que la mémoire, l'attention, les fonctions exécutives ou le traitement visuo-spatial (Houdé et al., 2002).

Nous savons que dans la maladie d'Alzheimer, la mémoire procédurale reste préservée plus longtemps que d'autres fonctions cognitives. Or la BENQ vise à évaluer des activités du quotidien, c'est-à-dire des tâches régulièrement accomplies et certainement acquises et automatisées de longue date. Nous avons signalé que FB était surentraîné à manipuler le nombre en raison de son activité bénévole. Il est donc possible que cet entraînement ait concouru à maintenir en mémoire procédurale les stratégies pour résoudre le type de tâches proposées par la BENQ.

2. Il n'existe pas de consensus parmi les études visant à déterminer les processus sous-jacents à l'acalculie. Partant de ce constat, nous avons émis l'hypothèse que plusieurs profils pouvaient co-exister. Les résultats de notre étude vont dans ce sens, puisque deux tendances semblent émerger parmi les participants. Notre protocole met en évidence des altérations du

Licence CC BY-NC-ND 3.0

niveau cognitif global et du raisonnement en plus du trouble numérique. Néanmoins, notre étude ne permet pas d'asseoir un lien de causalité entre les différentes altérations.

Tous les participants qui obtiennent un score pathologique à la BENQ obtiennent également un score pathologique au MMS et / ou à l'ERLA. Notre échantillon ne comporte donc pas de profil d'acalculie primaire.

3. Les groupes révélés par le traitement en ACP n°3 semblent confirmer l'existence de différents profils d'acalculie en fonction des domaines cognitifs évalués. Cependant, il convient à nouveau de nuancer ce résultat.

En premier lieu, les épreuves d'attention et calcul du MMS font appel au nombre. C'est pourquoi nous ne pouvons pas considérer qu'un faible score à ces épreuves témoigne d'un déficit attentionnel pur, d'autant que le faible score à la BENQ confirme la forte probabilité d'acalculie chez les participants à notre étude. En deuxième lieu, le MMS n'évalue pas toutes les fonctions cognitives. Ainsi il est impossible de vérifier l'existence d'un profil avec déficit exécutif. En troisième lieu, l'ACP n°3, comme les autres ACP, affiche des tendances au sein de l'échantillon et non par rapport à la population générale. Par exemple, l'ACP n°3 place FC et MG assez haut sur l'axe du score à la BENQ. Pourtant, ces deux participants obtiennent des scores pathologiques. Leurs performances à cette batterie sont simplement meilleures que celles des autres participants.

L'ACP n°3 fait ressortir un profil singulier avec altération du langage : MF. Rappelons que MF fait partie du groupe avec déficit logique prédominant. MF présenterait des troubles dans trois domaines : le raisonnement, le langage et la cognition numérique. Ce profil fait écho aux travaux portant sur le lien entre dégradation du raisonnement et aphasie dans la maladie d'Alzheimer (Coleiro & Demailly, 2012 ; Gendre-Grenier & Vaillandet, 2013 ; Mawas, 2016).

En définitive, les différents traitements en ACP mettent en évidence des tendances au sein de notre échantillon. Ces résultats vont dans le sens de l'existence de différents profils associant un trouble de l'utilisation du nombre au quotidien avec un autre trouble :

- Altération du raisonnement prédominante
- Altération du niveau cognitif prédominante :
  - Avec déficit aux épreuves d'attention et de calcul
  - Avec déficit aux épreuves d'orientation et de rappel

2. Biais méthodologiques et limites de l'étude

Lors de la conception de notre protocole et au cours de sa mise en œuvre, nous nous sommes efforcée d'adopter un regard critique sur notre méthodologie afin de déceler les biais et limites et d'en tenir compte lors de l'interprétation des résultats.

2.1. Biais et limites liées à l'échantillon

2.1.1. Recrutement de l'échantillon

Une des premières difficultés concerne le recrutement des participants à l'étude. Nous avons envoyé plusieurs demandes en Haute-Vienne, en Région Parisienne et en Région Auvergne-Rhône-Alpes et, malgré nos relances, beaucoup sont restées sans réponse. Finalement, les services ayant accepté de nous accueillir sont les services dans lesquels nous avions des contacts professionnels avant de commencer l'étude.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

En raison de ces difficultés, nous n'avons pu procéder à un échantillonnage aléatoire et le nombre de personnes incluses dans l'étude reste faible. Ceci constitue une limite à notre travail dont les résultats ne peuvent être généralisés.

2.1.2. Caractéristiques de l'échantillon

Un des principaux biais de notre étude concerne la fiabilité du diagnostic de maladie d'Alzheimer. Les diagnostics posés par le CMRR suivent les recommandations de la HAS. Les patients du CMRR avec diagnostic de maladie d'Alzheimer remplissent donc les critères des phénotypes biologique, topographique et clinique. En revanche, la fiabilité du diagnostic est moins bonne pour les personnes recrutées à l'EHPAD. En effet, pour ces personnes, le diagnostic est avant tout clinique. La probabilité pour que le trouble neurocognitif soit imputable à la maladie d'Alzheimer est donc moins forte.

Les caractéristiques socio-démographiques de notre échantillon constituent un autre biais en raison de l'homogénéité du niveau socio-culturel et de l'origine géographique limitée au seul département de la Haute-Vienne. Néanmoins, il n'est pas primordial d'obtenir un échantillon comparable à la population générale puisque nous ne pouvons pas généraliser nos résultats. De plus, le fait que l'échantillon soit relativement homogène sur le plan socio-culturel permet de limiter l'influence de cette variable sur les résultats, c'est pourquoi nous ne la traitons pas. Enfin, nous pouvons utiliser les normes des niveaux socio-culturels les plus bas pour le traitement des résultats au MMS et à la BENQ.

Le lieu de vie des participants constitue une autre limite à notre étude. Nous souhaitions plutôt recruter des personnes vivant encore à domicile et non en EHPAD, considérant qu'une personne vivant en institution a moins d'occasions d'accomplir des activités faisant appel au nombre. Une étude portant sur l'utilisation des nombres au quotidien devrait donc s'adresser à des personnes vivant à domicile et viser à maintenir de telles activités le plus longtemps possible. C'est pourquoi nous avons souhaité réaliser au moins une partie de notre expérimentation dans un CMRR. Or, nous n'avons pu recruter que trois personnes vivant encore à domicile. Ce résultat provient de plusieurs facteurs. Tout d'abord, les contraintes temporelles liées à notre expérimentation et à notre cursus universitaire ont limité le nombre de jours d'expérimentation au CMRR. De plus, il était difficilement possible d'inclure plus de deux à trois patients par jour de présence au CMRR étant donné la fréquentation journalière de ce service. Enfin, certains patients du CMRR évalués dans le cadre de notre protocole étaient en attente de diagnostic et n'ont pu finalement être inclus, soit parce que le diagnostic de maladie d'Alzheimer n'était pas certain, soit parce qu'un diagnostic différentiel a été posé par la suite. Ces difficultés expliquent la faible proportion de personnes vivant à domicile au sein de notre échantillon.

Enfin, nous n'avons pas tenu compte de l'entraînement des patients à manipuler les nombres au moment de leur inclusion dans l'échantillon de l'étude. Or, parmi les participants, nous constatons une grande diversité dans les modes de vie et l'utilisation du nombre, même si aucun d'entre eux ne bénéficie de prise en soin orthophonique. Il aurait été intéressant d'estimer l'usage que chaque patient fait du nombre au quotidien afin de pouvoir contrôler son incidence sur les résultats à la BENQ. Ceci aurait pu être effectué au moyen d'un questionnaire. Cependant, malgré ce biais, l'analyse des résultats reste intéressante puisque nous avons pu constater qu'à niveau cognitif égal, un entraînement quotidien à utiliser le nombre semblait améliorer considérablement les performances de la personne dans ce domaine.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

2.2. Biais et limites liés au protocole

Lorsque nous avons conçu notre protocole, la rapidité de passation a constitué un des critères de sélection des outils d'évaluation. En nous référant aux livrets de consigne de passation et aux articles consacrés à la validation des différentes épreuves, nous espérions que la passation totale de notre protocole n'excèderait pas 30 à 40 minutes, même pour des personnes ralenties en raison du trouble neurocognitif. Dès les premières passations, nous nous sommes aperçue que le protocole était beaucoup plus long que prévu. En moyenne, la passation de la BENQ et de l'ERLA durait 51 minutes. Lorsque le MMS n'avait pas été réalisé récemment, la passation était encore plus longue.

Cette durée est beaucoup trop longue pour des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. En effet, ces personnes sont fatigables et leurs capacités attentionnelles sont réduites. L'évaluation du raisonnement survenant en fin de protocole, il est fort possible que les résultats soient biaisés pour cette raison. Plusieurs participants ont d'ailleurs fait part de leur lassitude et ont demandé à arrêter l'épreuve. Dans ce cas, les scores ne reflètent pas les capacités réelles de la personne. Il est donc primordial de nuancer les résultats quantitatifs par l'analyse qualitative.

2.3. Biais et limites liés au matériel

2.3.1. MMS

Nous avons évalué le niveau cognitif global de la personne au moyen du MMS. Cet outil reste une référence utilisée dans la grande majorité des travaux que nous avons consultés dans le cadre de cette étude. De plus, le MMS présente de bonnes qualités psychométriques et sa passation est rapide. Cependant, en choisissant le MMS, nous connaissions les limites de cet outil. D'une part, il s'agit d'un outil de dépistage indiquant un niveau cognitif global. Il ne permet pas de d'évaluer finement les capacités mnésiques et attentionnelles. De surcroît, aucun item n'est consacré aux fonctions exécutives. Or, les fonctions exécutives sont sollicitées aussi bien dans les tâches de calcul que pour réguler les systèmes de raisonnement. Il aurait été intéressant de comparer le fonctionnement exécutif des patients tant avec leurs capacités de raisonnement qu'avec leurs capacités à utiliser le nombre au quotidien. Le choix de cet outil constitue donc une limite à notre étude.

2.3.2. BENQ

A notre sens, il est pertinent d'évaluer les répercussions fonctionnelles de l'acalculie au quotidien. La BENQ est corrélée au TLC2, à l'EC301 et à l'ECAN. C'est pourquoi nous avons choisi cet outil plutôt qu'une batterie analytique. Néanmoins, la BENQ n'a pas vocation à diagnostiquer une acalculie et à déterminer précisément les processus impliqués dans ce déficit. Même si les épreuves sont regroupées par domaine pour analyser le profil de performance du patient, beaucoup de tâches restent multidéterminées. La BENQ est davantage conçue comme un outil de dépistage pour décider de la pertinence d'un bilan d'acalculie plus complet (Pizzala-Tonnele & Richtarch, 2012).

En outre, les auteurs de la BENQ indiquent qu'il est fréquent de retrouver des patterns de performances différents entre évaluations écologiques et analytiques, car ces deux types d'outils n'impliquent pas strictement les mêmes fonctions cognitives. Ainsi, les batteries écologiques seraient plus exigeantes du point de vue attentionnel et exécutif mais le caractère plus routinier de certaines tâches pourrait aider le patient (Villain, 2018).

Licence CC BY-NC-ND 3.0

En conséquence, notre protocole peut mettre en évidence un déficit d'utilisation du nombre au quotidien mais il ne nous permet pas de diagnostiquer et de qualifier une acalculie chez les personnes rencontrées. Cependant, nous avons choisi de ne pas ajouter de batterie analytique au protocole afin de ne pas allonger le temps de passation.

Par ailleurs, lors de la passation, il nous est apparu que certaines épreuves n'étaient pas adaptées aux participants. Ainsi, un grand nombre d'entre eux nous ont indiqué ne jamais utiliser de calculatrice ou d'agenda. Au cours d'un bilan orthophonique, il est pertinent d'évaluer l'utilisation de ces outils qui peuvent servir de moyen de compensation. En revanche, dans le cadre de notre étude, nous avons constaté que beaucoup de participants perdaient des points sur ces épreuves, non en raison d'un déficit de transcodage, mais plutôt à cause d'une incapacité à utiliser ces outils.

Enfin, au cours de l'analyse des résultats, nous n'avons pas pu situer le niveau de calcul des participants par rapport à la population générale, un total de 0 points aux épreuves de calcul n'entraînant pas un Z score supérieur au seuil pathologique.

2.3.3. ERLA

Une des limites de cette étude provient de l'utilisation d'une épreuve issue du matériel de bilan ERLA. Tout d'abord, ce matériel est conçu pour des enfants et adolescents. Les auteurs indiquent qu'il peut être utilisé avec des patients adultes (Legeay et al., 2013), néanmoins, les consignes de passation et les repères permettant d'analyser les conduites du patient au cours des épreuves ont été conçus pour des enfants ou des adolescents.

Rappelons que l'étalonnage de l'épreuve des dichotomies s'arrêtant au niveau scolaire de 5ème, nous avons postulé que le niveau de raisonnement d'un adulte est au moins égal à celui d'un adolescent de 12 ans. Toutefois, à notre connaissance, il n'existe pas de donnée dans la littérature venant confirmer cette affirmation. Utiliser cet étalonnage constitue donc un biais. Connaissant cette difficulté par avance, nous nous sommes attachée à compléter l'analyse quantitative par une analyse qualitative.

De surcroît, il arrive que des adultes, censés avoir atteint le niveau opératoire formel, échouent à certaines épreuves, parmi lesquelles celle des dichotomies (Gendre-Grenier & Vaillandet, 2013). L'ERLA s'appuie sur la théorie constructiviste et ne vise pas à rendre compte des différents systèmes de raisonnement tels que décrits par Houdé (Houdé, 2014). Les échecs des adultes sont peut-être le reflet de biais de raisonnement, dus à l'utilisation du système intuitif au lieu du système logique.

Dès lors, trois facteurs pourraient expliquer les faibles performances des participants à l'épreuve des dichotomies :

- Le déclin du niveau de raisonnement du fait de la maladie d'Alzheimer ;
- Un faible niveau de raisonnement antérieur, non imputable à la maladie d'Alzheimer ;
- La défaillance du système exécutif responsable d'une mauvaise gestion des systèmes intuitif et logique de raisonnement.

Notre étude ne permet pas de déterminer quel facteur a majoritairement influencé les résultats.

Par ailleurs, une partie de notre analyse qualitative repose sur les conduites langagières des patients. Or les troubles du langage font partie de la sémiologie de la maladie d'Alzheimer. Le manque du mot en est une des premières manifestations. C'est pourquoi l'analyse des conduites langagières a pu être biaisée, en mesurant davantage les troubles phasiques que

Licence CC BY-NC-ND 3.0

logiques. Pour déterminer les niveaux de classification des participants, nous avons donc considéré cette partie de l'analyse avec précaution en croisant ce critère avec le type de production, la manipulation et la flexibilité.

3. Intérêts de l'étude

3.1. Perspectives pour la pratique clinique

Parmi les douze participants à notre étude, onze ont montré d'importantes difficultés pour réaliser des tâches de la vie quotidienne faisant appel au nombre. Etant donné l'omniprésence des nombres dans notre quotidien, il est certain que cette incapacité constitue un frein à l'autonomie. Certains des participants ont obtenu un score proche, voire supérieur, au seuil pathologique au MMS. Cela confirme l'intérêt d'une intervention précoce sur les troubles de la cognition numérique dans le cadre de la maladie d'Alzheimer.

Le seul participant à ne pas souffrir d'un tel déficit utilisait le nombre de manière quotidienne dans le cadre d'une activité bénévole. Ce résultat encourageant donne des pistes, tant sur la forme que sur le contenu, pour la mise en œuvre d'une remédiation portant sur l'acalculie avec des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. En premier lieu, l'approche écologique paraît tout à fait pertinente : comme pour les prises en soin du langage et de la communication, une intervention autour de l'acalculie doit viser avant tout le maintien des capacités du patient à utiliser le nombre au cours d'activités quotidiennes. Une telle approche est susceptible de prolonger la qualité de vie et l'autonomie du patient et est conforme aux recommandations de la HAS (Haute Autorité de Santé, 2011). En second lieu, il semble qu'un entraînement régulier sur des tâches quotidiennes est susceptible de favoriser le maintien les capacités numériques des patients au stade léger. Cet effet pourrait reposer sur la relative préservation de la mémoire procédurale aux premiers stades de la maladie.

Par ailleurs, l'absence de corrélation entre les résultats au MMS, à la BENQ et à l'ERLA implique que les résultats à une épreuve ne sont pas prédictifs des performances dans les autres domaines. Il semble donc nécessaire d'évaluer aussi bien le niveau cognitif que l'utilisation du nombre et le raisonnement.

En particulier, les résultats des participants à l'ERLA confirment l'importance d'évaluer le raisonnement au cours d'un bilan d'acalculie dans le cadre de la maladie d'Alzheimer. En effet, nous avons observé un déficit logique chez tous les participants à cette étude, même chez ceux dont le niveau cognitif global était relativement préservé. Nous n'avons pas pu déterminer si cette altération était à l'origine de l'acalculie ou si elle était un simple trouble associé. Quoi qu'il en soit, il semble qu'une prise en soin visant à maintenir les capacités logiques du patient serait intéressante à plus d'un titre : elle pourrait prolonger la mobilité de pensée du patient, ses capacités d'anticipation et de rétroaction, mais aussi servir d'appui à une intervention visant à stimuler les fonctions langagières et numériques. En ce sens, nous rejoignons les conclusions de Gendre-Grenier et Vaillandet (2013) selon lesquelles travailler selon l'approche constructiviste auprès de patients cérébrolésés peut permettre de réorganiser la fonction linguistique.

3.2. Perspectives de recherche

Cette étude visait à interroger l'existence de différents profils d'acalculie dans la maladie d'Alzheimer en fonction du déficit cognitif global et de l'altération du raisonnement. Ce travail soulève de nouvelles interrogations.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Tout d'abord, notre approche est restée assez globale. Cela présente l'avantage de considérer la personne atteinte de la maladie d'Alzheimer dans son ensemble et met en avant les répercussions fonctionnelles des déficits. Cependant, cette approche généraliste ne nous a pas permis de déterminer précisément quelles fonctions cognitives étaient en jeu lors de tâches numériques de la vie quotidienne. Il serait intéressant de poursuivre ce travail en interrogeant plus en détails le rôle de l'attention, de la mémoire procédurale ou encore des fonctions exécutives. En particulier, la mise en œuvre d'un protocole de stimulation de la mémoire procédurale et l'évaluation de son efficacité sur les capacités numériques pourraient faire l'objet d'une étude de cas intéressante.

Par ailleurs, les résultats des participants à l'évaluation du raisonnement confirment que ce domaine, encore peu exploré dans le cadre de la maladie d'Alzheimer, constitue un axe de recherche fondé. Notamment, il pourrait être intéressant d'étudier les répercussions de l'altération du raisonnement sur les activités de la vie quotidienne et l'autonomie.

Enfin, nous n'avons pas pu examiner le rôle joué par les fonctions exécutives sur les capacités logiques, alors que, selon la théorie des systèmes de Houdé, le système exécutif paraît jouer un rôle majeur dans la régulation du raisonnement (Houdé, 2014). L'étude de cette relation dans le cadre de la maladie d'Alzheimer permettrait certainement de mieux cerner l'articulation entre logique et fonctions exécutives.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Conclusion

Cette étude a tenté d'identifier des profils de performance dans l'utilisation du nombre au quotidien en fonction du niveau cognitif et du niveau de raisonnement dans la maladie d'Alzheimer. Pour cela, nous avons évalué ces trois domaines chez douze personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré.

Nous avons pu confirmer le caractère fréquent de l'incapacité à accomplir des activités sollicitant le nombre et de l'altération du raisonnement dans la maladie d'Alzheimer dès le stade léger.

Nous n'avons pas retrouvé de corrélation entre les résultats aux différentes épreuves. Au contraire, nous avons relevé des dissociations qui nous ont permis d'identifier des tendances au sein du groupe. Ainsi, les participants avec déficit dans l'utilisation du nombre au quotidien présentaient soit une dégradation prédominante du niveau cognitif, soit une détérioration plus marquée du raisonnement.

Une des personnes incluses dans l'étude ne souffrait pas d'acalculie en dépit d'une altération du raisonnement. Cela indique peut-être que la détérioration des capacités numériques ne suit pas le même processus que leur acquisition chez l'enfant. De surcroît, cette personne, en raison d'une activité bénévole, manipulait le nombre tous les jours. C'est pourquoi nous envisageons la possibilité de l'implication de la mémoire procédurale dans l'accomplissement de tâches numériques du quotidien.

Nous nous heurtons cependant à plusieurs limites pour répondre à notre question de recherche. Non seulement la taille de notre échantillon est trop petite pour que nos résultats soient généralisables, mais les tendances relevées à partir des résultats ne sont pas assez marquées pour conclure à l'existence de profils distincts. Pour illustrer ces limites, il suffit de rappeler la présence d'un déficit logique chez tous les participants.

Nos conclusions ouvrent la voie à d'autres axes de recherche portant sur la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de protocoles visant à stimuler ou compenser le déclin de la cognition numérique et du raisonnement dans la maladie d'Alzheimer. Il serait également utile de créer un outil d'évaluation du raisonnement dédié à un public adulte cérébrolésé. Enfin, interroger plus en détails l'implication de la mémoire procédurale et des fonctions exécutives dans ces processus permettrait de concevoir de nouvelles pistes de prise en soin.

Nous espérons que ce travail incitera les orthophonistes à évaluer et prendre en soin l'acalculie et le raisonnement au cours du suivi de patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Tout d'abord, les outils que nous avons employés pour évaluer le nombre au quotidien et le raisonnement se sont avérés plus sensibles à la pathologie que le MMS pour plusieurs participants. De plus, l'absence de corrélation entre les trois épreuves de notre protocole montre que la seule évaluation du niveau cognitif n'est pas suffisante pour prédire les capacités numériques et logiques de la personne et préciser son profil et ses difficultés. Par ailleurs, une intervention à visée fonctionnelle peut compenser de réelles difficultés au quotidien et participer à l'amélioration de la qualité de vie du patient. Enfin, une telle prise en soin peut s'appuyer sur des capacités procédurales préservées, élément en faveur d'un effet positif du traitement.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Références bibliographiques

Allen, P. A., Bucur, B., Lemaire, P., Duverne, S., Ogrocki, P. K., & Sanders, R. E. (2005). Influence of Probable Alzheimer's Disease on Multiplication Verification and Production Abstract. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *12*(1), 1-31. https://doi.org/10.1080/13825580490521322

Allot, A., & Sornein, M. (2013). *Les troubles du calcul et des connaissances sémantiques des nombres dans la maladie d'Alzheimer* [Mémoire d'orthophonie, Université Paris IV Pierre et Marie Curie]. https://pdfs.semanticscholar.org/97b5/7dabf789201c18bb7e113f5cef5b2adf5e3d.pdf?_ga=2.20152188.593991681.1585253132-1702960446.1585253132

Alzheimer's Association. (2019). *2019 Alzheimer's disease facts and figures* (p. 321-387). Alzheimer's Association. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1552526019300317

American Psychiatric Association. (2016). *Mini DSM-5 Critères Diagnostiques*. Elsevier Masson.

Amieva, H., Belliard, S., & Salmon, E. (2014). *Les démences. Aspects cliniques, neuropsychologiques, physiopathologiques et thérapeutiques* (De Boeck Supérieur). De Boeck - Solal.

Amieva, H., Jacqmin-Gadda, H., Orgogozo, J.-M., Le Carret, N., Helmer, C., Letenneur, L., Barberger-Gateau, P., Fabrigoule, C., & Dartigues, J.-F. (2005). The 9 year cognitive decline before dementia of the Alzheimer type : A prospective population-based study. *Brain: A Journal of Neurology*, *128*(Pt 5), 1093-1101. https://doi.org/10.1093/brain/awh451

Arcara, G., Burgio, F., Benavides-Varela, S., Toffano, R., Gindri, P., Tonini, E., Meneghello, F., & Semenza, C. (2017). Numerical Activities of Daily Living - Financial (NADL-F) :

Licence CC BY-NC-ND 3.0

A tool for the assessment of financial capacities. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1-23. https://doi.org/10.1080/09602011.2017.1359188

Ardila, A., Matute, E., & Inozemtseva, O. V. (2003). Progressive agraphia, acalculia, and anomia : A single case report. *Applied neuropsychology*, *10*(4), 205-214. https://doi.org/10.1207/s15324826an1004_2

Arendt, T., Stieler, J., & Ueberham, U. (2017). Is sporadic Alzheimer's disease a developmental disorder? *Journal of Neurochemistry*, *143*(4), 396-408. https://doi.org/10.1111/jnc.14036

Arsalidou, M., & Taylor, M. J. (2011). Is 2+2=4? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations. *NeuroImage*, *54*(3), 2382-2393. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.009

Ashcraft, M. H., & Guillaume, M. M. (2009). Mathematical Cognition and the Problem Size Effect. In *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 51, p. 121-151). Elsevier Academic Press. https://www.researchgate.net/publication/222200076_Chapter_4_Mathematical_Cognition_and_the_Problem_Size_Effect

Atri, A. (2019). The Alzheimer's Disease Clinical Spectrum : Diagnosis and Management. *The Medical Clinics of North America*, *103*(2), 263-293. https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.10.009

Auzou, P., Driollet, C., Ferrandon, A., & Ozsancak, C. (2013). L'acalculie chez les patients cérébrolésés : Normalisation et validation d'un outil d'évaluation (ECAN). */data/revues/18770657/v56sS1/S187706571300208X/*. https://www.em-consulte.com/en/article/834144

Barberger-Gateau, P., Dartigues, J. F., & Letenneur, L. (1993). Four Instrumental Activities of Daily Living Score as a predictor of one-year incident dementia. *Age and Ageing*, *22*(6), 457-463. https://doi.org/10.1093/ageing/22.6.457

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Bellot, B., & Trinquesse, C. (2013). Observation de l'adolescent : Apport de l'analyse des conduites langagières. *Rééducation Orthophonique*, *255*, 141-161.

Bideaud, J., Lehalle, H., & Vilette, B. (2004). *La Conquête du nombre et ses chemins chez l'enfant*. Presses Univ. Septentrion.

Boissonade, M., & Dziewa, P. (2015). *Elaboration et normalisation d'une épreuve évaluant la mémoire de travail dans le cadre de la maladie d'Alzheimer* [Mémoire d'orthophonie]. Université Claude Bernard Lyon 1.

Bougrine, S., & Angles, A. (2013). *Acalculie dans la maladie d'Alzheimer : Troubles de la numérosité et du transcodage* [Mémoire d'orthophonie, Université Paris IV Pierre et Marie Curie]. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00868668/document

Bourin, M. (2015). Comment diagnostiquer une maladie d'Alzheimer ? *PSN*, *Volume 13*(1), 43-50.

Bout-Forestier, N., & Depoorter, H. (2008). *Test Lillois de Calcul 2*. Ortho Edition.

Brand, M., Kalbe, E., Fujiwara, E., Huber, M., & Markowitsch, H. J. (2003). Cognitive estimation in patients with probable Alzheimer's disease and alcoholic Korsakoff patients. *Neuropsychologia*, *41*(5), 575-584.

Brin, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Dictionnaire d'orthophonie* (4e édition). Ortho Edition.

Brissiaud, R. (2005). *Comment les enfants apprennent à calculer : Le rôle du langage, des représentations figurées et du calcul dans la conceptualisation des nombres* (Nouvelle édition augmentée d'un essai introductif). Retz / SEJER.

Butterworth, B., Gallistel, C. R., & Vallortigara, G. (2018). Introduction : The origins of numerical abilities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *373*(1740). https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0507

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Capdeboscq, S. (2018). *Adaptation française et étude des qualités psychométriques du Numerical Activities of Daily Living (NADL)* [Mémoire d'orthophonie]. Université de Bordeaux.

Cappelletti, M., Butterworth, B., & Kopelman, M. (2012). Numeracy skills in patients with degenerative disorders and focal brain lesions : A neuropsychological investigation. *Neuropsychology*, *26*(1), 1-19. https://doi.org/10.1037/a0026328

Carlomagno, S., Lavarone, A., Nolfe, G., Bourène, G., Martin, C., & Deloche, G. (1999). Dyscalculia in the early stages of Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, *99*(3), 166-174. https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1999.tb07339.x

Cartier, A.-S. (2013). *Profils de troubles numériques et arithmétiques chez des patients atteints de démence de type Alzheimer* [Mémoire d'orthophonie, Université Paris IV Pierre et Marie Curie]. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00868473/document

Chalon-Blanc, A. (2005). *Inventer, compter, classer [Texte imprimé] : De Piaget aux débats actuels*. Armand Colin.

Cipolotti, L. (1995). Multiple routes for reading words, why not numbers? Evidence from a case of arabic numeral dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, *12*(3), 313-342. https://doi.org/10.1080/02643299508252001

Coleiro, C., & Demailly, F. (2012). *Intérêt d'un travail des classifications avec 3 adultes atteints de Démence de Type Alzheimer : Observation de leurs conduites logiques et langagières* [Mémoire d'orthophonie, Université de Lorraine Faculté de médecine de Nancy Ecole d'orthophonie de Lorraine]. https://petale.univ-lorraine.fr/notice/view/univ-lorraine-ori-18489

Combes, L., & Vieux, M. (2016). *Automatisation des procédures arithmétiques dans la dyscalculie* [Mémoire d'orthophonie]. Université Claude Bernard Lyon 1.

Croisile, B., Auriacombe, S., Etcharry-Bouyx, F., & Vercelletto, M. (2012). Les nouvelles recommandations 2011 du National Institute on Aging et de l'Alzheimer's Association

Licence CC BY-NC-ND 3.0

sur le diagnostic de la maladie d'Alzheimer : Stades précliniques, mild cognitive impairment et démence. */data/revues/00353787/v168i6-7/S0035378712007254/*. https://www.em-consulte.com/en/article/734192

de Ajuriaguerra, J., Bellet-Muller, M. R., & Tissot, R. (1964). À Propos de Quelques Problèmes Posés Par Le Déficit Opératoire de Vieillards Atteints de Démence Dégénérative en Début D'évolution. *Cortex*, *1*(2), 232-256. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(64)80025-3

Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation : Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *33*(2), 219-250.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*(1-2), 1-42. https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-n

Dehaene, S. (2003). *La bosse des maths*. O. Jacob.

Dehaene, S., Izard, V., Spelke, E., & Pica, P. (2008). Log or Linear ? Distinct Intuitions of the Number Scale in Western and Amazonian Indigene Cultures. *Science*, *320*(5880), 1217-1220. https://doi.org/10.1126/science.1156540

Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L., & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, *14*(2), 218-224. https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.03.008

Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3), 487-506. https://doi.org/10.1080/02643290244000239

Delazer, M., Karner, E., Proell, S., & Benke, T. (2006). Counting complex dot patterns in Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *28*(5), 721-731. https://doi.org/10.1080/13803390591000819

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Della Sala, S., Gentileschi, V., Gray, C., & Spinnler, H. (2000). Intrusion errors in numerical transcoding by Alzheimer patients. *Neuropsychologia*, *38*(6), 768-777.

Deloche, G., Dellatolas, G., Vendrell, J., & Bergego, C. (1996). Calculation and number processing : Neuropsychological assessment and daily life difficulties. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, *2*(2), 177-180.

Deloche, G., Hannequin, D., Carlomagno, S., Agniel, A., Dordain, M., Pasquier, F., Pellat, J., Denis, P., Desi, M., & Beauchamp, D. (1995). Calculation and number processing in mild Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *17*(4), 634-639. https://doi.org/10.1080/01688639508405151

Deloche, G., & Seron, X. (1982a). From one to 1 : An analysis of a transcoding process by means of neuropsychological data. *Cognition*, *12*(2), 119-149. https://doi.org/10.1016/0010-0277(82)90009-9

Deloche, G., & Seron, X. (1982b). From three to 3 : A differential analysis of skills in transcoding quantities between patients with Broca's and Wernicke's aphasia. *Brain*, *105*(4), 719-733. https://doi.org/10.1093/brain/105.4.719

Deloche, G., & Seron, X. (1991). EC301 : Batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'adulte. *Glossa*, *27*, 40-42.

Derouesné, C., Poitreneau, J., Hugonot, L., Kalafat, M., Dubois, B., & Laurent, B. (1999). *Le Mini-Mental State Examination (MMSE) : Un outil pratique pour l'évaluation de l'état cognitif des patients par le clinicien*. 8.

Dolle, J.-M. (2005). *Pour comprendre Jean Piaget* (3e édition entièrement revue et augmentée). Dunod.

Dolle, J.-M. (2013). La notion d'apprentissage dans la perspective de l'épistémologie génétique. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, *Vol. XIX*(47), 81-104.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Elias, M. F., Beiser, A., Wolf, P. A., Au, R., White, R. F., & D'Agostino, R. B. (2000). The preclinical phase of alzheimer disease : A 22-year prospective study of the Framingham Cohort. *Archives of Neurology*, *57*(6), 808-813. https://doi.org/10.1001/archneur.57.6.808

Fanget, M. (2010). *Les stratégies de résolution d'opérations arithmétiques simples : Un nouveau paradigme* [Mémoire d'orthophonie]. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II.

Fayol, M. (2018). *L'acquisition du nombre* (BU Lettres 370 FAYO). Paris : Presses universitaires de France / Humensis. DL 2018.

Fischer, J.-P. (2013). L'abstraction réfléchissante : Une spécificité des mathématiques ? *Rééducation Orthophonique*, *255*, 7-18.

Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). « Mini-mental state ». A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*(3), 189-198.

Gendre-Grenier, L., & Vaillandet, C. (2013). *Approche logico-mathématique chez les adultes cérébrolésés : Une perspective complémentaire*. *255*, 203-224.

Girelli, L., & Delazer, M. (2001). Numerical abilities in dementia. *Aphasiology*, *15*(7), 681-694. https://doi.org/10.1080/02687040143000122

Gonzales Monge, L. F. (2015). *Perturbations de la fonction symbolique dans la maladie d'Alzheimer et leurs conséquences cognitives et affectives.* Lyon 2 Lumière.

Grafman, J., Kampen, D., Rosenberg, J., Salazar, A. M., & Boller, F. (1989). The progressive breakdown of number processing and calculation ability : A case study. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *25*(1), 121-133.

Guichart Gomez, E., & Hahn, V. (2016). *Guide de diagnostic neuropsychologique* (1ère édition). De Boeck Supérieur.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Halpern, C., McMillan, C., Moore, P., Dennis, K., & Grossman, M. (2003). Calculation impairment in neurodegenerative diseases. *Journal of the Neurological Sciences*, *208*(1-2), 31-38.

Haute Autorité de Santé. (2009). *Maladie d'Alzheimer et maladies apparentées : Prise en charge des troubles du comportement perturbateurs* (p. 44). Haute Autorité de Santé. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-07/maladie_dalzheimer-troubles_du_comportement_perturbateurs-recommandations.pdf

Haute Autorité de Santé. (2011). *Recommandations de bonne pratique—Maladie d'Alzheimer et maladies apparentées : Diagnostic et prise en charge*. Haute Autorité de Santé.

Haute Autorité de Santé. (2018a). *Guide parcours de soins des patients présentant un trouble neurocognitif associé à la maladie d'Alzheimer ou à une maladie apparentée* (p. 35). Haute Autorité de Santé. https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2018-05/parcours_de_soins_alzheimer.pdf

Haute Autorité de Santé. (2018b). *Parcours de soins des patients présentant un trouble neurocognitif associé à la maladie d'Alzheimer ou à une maladie apparentée—11—Comprendre le handicap dû aux MA* (p. 4). Haute Autorité de Santé. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-05/fiche_11_comprendre_handicap_ma.pdf

Hirono, N., Mori, E., Ishii, K., Imamura, T., Shimomura, T., Tanimukai, S., Kazui, H., Hashimoto, M., Yamashita, H., & Sasaki, M. (1998). Regional metabolism : Associations with dyscalculia in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *65*(6), 913-916. https://doi.org/10.1136/jnnp.65.6.913

Houdé, O. (2014). *Le raisonnement*. Presses Universitaires de France. http://www.cairn.info/le-raisonnement--9782130803898.htm

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Houdé, O. (2017). *La psychologie de l'enfant: Vol. 8e éd.* http://www.cairn.info/la-psychologie-de-l-enfant--9782130789505-page-53.htm

Houdé, O., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2002). *Cerveau et psychologie : Introduction à l'imagerie cérébrale, anatomique et fonctionnelle*. Presses universitaires de France.

Hugonot-Diener, L., Barbeau, E., Michel, B. F., Thomas-Antérion, C., & Robert, P. (2008). *GRÉMOIRE : tests et échelles de la maladie d'Alzheimer et des syndromes apparentés* (BU Lettres 612 GREM). Marseille : Solal. impr. 2008.

Insee − Institut national de la statistique et des études économiques. (2020, février 24). https://www.insee.fr/fr/accueil

Jack, C. R., Bennett, D. A., Blennow, K., Carrillo, M. C., Dunn, B., Haeberlein, S. B., Holtzman, D. M., Jagust, W., Jessen, F., Karlawish, J., Liu, E., Molinuevo, J. L., Montine, T., Phelps, C., Rankin, K. P., Rowe, C. C., Scheltens, P., Siemers, E., Snyder, H. M., … Silverberg, N. (2018). NIA-AA Research Framework : Toward a biological definition of Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, *14*(4), 535-562. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.02.018

Jutten, R. J., Dicks, E., Vermaat, L., Barkhof, F., Scheltens, P., Tijms, B. M., & Sikkes, S. A. M. (2019). Impairment in complex activities of daily living is related to neurodegeneration in Alzheimer's disease–specific regions. *Neurobiology of Aging*, *75*, 109-116. https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2018.11.018

Jutten, R. J., Peeters, C. F. W., Leijdesdorff, S. M. J., Visser, P. J., Maier, A. B., Terwee, C. B., Scheltens, P., & Sikkes, S. A. M. (2017). Detecting functional decline from normal aging to dementia : Development and validation of a short version of the Amsterdam IADL Questionnaire. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, *8*, 26-35. https://doi.org/10.1016/j.dadm.2017.03.002

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du « Mini Mental State » (MMS) version GRÉCO. *Revue de Neuropsychologie*, *13*, 209-236.

Kalbe, E., Kessler, J., Brand, M., Mielke, R., & Heiss, W.-D. (2000). Acalculia in Alzheimer's disease and other dementias—Patterns of deterioration. *Neurobiology of Aging*, *21*(1), 231-231.

Katz, S., Ford, A. B., Moskowitz, R. W., Jackson, B. A., & Jaffe, M. W. (1963). Studies of illness in the aged. The index of ADL : A standardized measure of biological and psychosocial function. *JAMA*, *185*, 914-919. https://doi.org/10.1001/jama.1963.03060120024016

Kaufmann, L., Montanes, P., Jacquier, M., Matallana, D., Eibl, G., & Delazer, M. (2002). About the relationship between basic numerical processing and arithmetics in early Alzheimer's disease—A follow-up study. *Brain and Cognition*, *48*(2-3), 398-405.

Kennedy, A. M., Newman, S. K., Frackowiak, R. S., Cunningham, V. J., Roques, P., Stevens, J., Neary, D., Bruton, C. J., Warrington, E. K., & Rossor, M. N. (1995). Chromosome 14 linked familial Alzheimer's disease. A clinico-pathological study of a single pedigree. *Brain: A Journal of Neurology*, *118 (Pt 1)*, 185-205. https://doi.org/10.1093/brain/118.1.185

Kessler, J., & Kalbe, E. (1996). Written numeral transcoding in patients with Alzheimer's disease. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *32*(4), 755-761.

Lawton, M. P., & Brody, E. M. (1969). Assessment of older people : Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The Gerontologist*, *9*(3), 179-186.

Lefebvre, L., & Pruvost, C. (2010). Langage et nombre chez des sujets atteints de démence de type Alzheimer : Aspects syntaxiques et lexico-sémantiques. *Glossa*, *108*, 30-52.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Legeay, M.-P. (2013). L'épreuve des dichotomies : L'analyse du classer. *Rééducation Orthophonique*, *255*, 117-140.

Legeay, M.-P., Morel, L., & Voye, M. (2009). *ERLA Exploration du Raisonnement et du Langage Associé*. Cogilud.

Legeay, M.-P., Morel, L., & Voye, M. (2013). Le bilan ERLA : Exploration du Raisonnement et du Langage Associé. *Rééducation Orthophonique*, *255*, 75-86.

Lenouvel, E., Novak, L., Nef, T., & Klöppel, S. (2019). Advances in Sensor Monitoring Effectiveness and Applicability : A Systematic Review and Update. *The Gerontologist*. https://doi.org/10.1093/geront/gnz049

Macoir, J., Audet, T., Lecomte, S., & Delisle, J. (2002). From « Cinquante-Six » to « 5quante-Six » : The origin of intrusion errors in a patient with probable alzheimer disease. *Cognitive Neuropsychology*, *19*(7), 579-601. https://doi.org/10.1080/02643290244000059

Mahoney, A. E. J. (2003). Age-or stage-appropriate? Recreation and the relevance of Piaget's theory in dementia care. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementiasr*, *18*(1), 24-30. https://doi.org/10.1177/153331750301800102

Mantovan, M. C., Delazer, M., Ermani, M., & Denes, G. (1999). The breakdown of calculation procedures in Alzheimer's disease. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *35*(1), 21-38.

Marterer, A., Danielczyk, W., Simanyi, M., & Fischer, P. (1996). Calculation abilities in dementia of Alzheimer's type and in vascular dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *23*(2), 189-197.

Martini, L., Domahs, F., Benke, T., & Delazer, M. (2003). Everyday numerical abilities in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *9*(6), 871-878. https://doi.org/10.1017/S1355617703960073

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Matejko, A. A., & Ansari, D. (2015). Drawing connections between white matter and numerical and mathematical cognition : A literature review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *48*, 35-52. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.11.006

Matteson, M. A., Linton, A. D., & Barnes, S. J. (1996a). Cognitive Developmental Approach to Dementia. *Journal of Nursing Scholarship*, *28*(3), 233-240. https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.1996.tb00357.x

Matteson, M. A., Linton, A. D., Barnes, S. J., Cleary, B. L., & M. J. Lichtenstein. (1996b). The relationship between Piaget and cognitive levels in persons with Alzheimer's disease and related disorders. *Aging Clinical and Experimental Research*, *8*(1), 61-69. https://doi.org/10.1007/BF03340117

Mawas, E. (2016). *Langage et logique : Liens entre compétences logiques de sériation-classification et habiletés sémantico-pragmatiques—Etude comparative de trois groupes : Adultes jeunes, adultes âgés sains et adultes âgés atteints de Démence de Type Alzheimer* [Mémoire de Sciences du Langage, Université Paris Nanterre]. https://master-fldl.parisnanterre.fr/support-pedagogiques/diapason/langage-et-logique-liens-entre-competence-logiques-de-seriation-classification-et-habiletes-semantico-pragmatiques-857017.kjsp?RH=1532084715293

McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation : Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, *4*(2), 171-196.

McGlinchey-Berrot, R., Milberg, W. P., & Charness, N. (1989). Learning of a complex arithmetic skill in dementia : Further evidence for a dissociation between compilation and production. *Cortex*, *25*, 697-705.

McGregor Thornbury, J. (1993). The use of Piaget's theory in Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimers Disease and Other Dementias - AM J ALZHEIMERS DIS OTHER DEM*, *8*, 16-21. https://doi.org/10.1177/153331759300800404

Licence CC BY-NC-ND 3.0

McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack, C. R., Kawas, C. H., Klunk, W. E., Koroshetz, W. J., Manly, J. J., Mayeux, R., Mohs, R. C., Morris, J. C., Rossor, M. N., Scheltens, P., Carrillo, M. C., Thies, B., Weintraub, S., & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease : Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, *7*(3), 263-269. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.005

Mendez, M. F. (2019). Early-onset Alzheimer Disease and Its Variants. *Continuum (Minneapolis, Minn.)*, *25*(1), 34-51. https://doi.org/10.1212/CON.0000000000000687

Mendez, M. F., Moheb, N., Desarzant, R. E., & Teng, E. H. (2018). The Progressive Acalculia Presentation of Parietal Variant Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, *63*(3), 941-948. https://doi.org/10.3233/JAD-180024

Menon, V. (2016). Memory and cognitive control circuits in mathematical cognition and learning. *Progress in Brain Research*, *227*, 159-186. https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2016.04.026

Michalon, S., Serveaux, J.-P., & Allain, P. (2019). Les troubles neurocognitifs dans la maladie d'Alzheimer : Diagnostic et symptomatologie clinique. *Glossa*, *124*, 75-89.

Mijeon, O. (2013). Pertinence de la présence d'épreuves de logique en complément du bilan du langage écrit : Données de la littérature et cas d'enfant. *Rééducation Orthophonique*, *255*, 29-53.

Molin, P., & Rockwood, K. (2016). Les nouveaux critères de la Maladie d'Alzheimer – Perspective gériatrique*. *Canadian Geriatrics Journal*, *19*(2), 74-82. https://doi.org/10.5770/cgj.19.242

Noël, M.-P., Rousselle, L., Lépine, R., & Censabella, S. (2015). *La dyscalculie : Trouble du développement numérique de l'enfant*. Solal Editeurs.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Noelker, L. S., & Browdie, R. (2014). Sidney Katz, MD : A new paradigm for chronic illness and long-term care. *The Gerontologist*, *54*(1), 13-20. https://doi.org/10.1093/geront/gnt086

Parlato, V., Lopez, O. L., Panisset, M., Iavarone, A., Grafman, J., & Boller, F. (1992). Mental calculation in mild Alzheimer's disease : A pilot study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, *7*(8), 599-602. https://doi.org/10.1002/gps.930070810

Peters, L., & De Smedt, B. (2018). Arithmetic in the developing brain : A review of brain imaging studies. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *30*, 265-279. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.05.002

Piaget, J., & Szeminska, A. (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant* (7è édition). Delachaux et Niestlé.

Pizzala-Tonnele, J., & Richtarch, M. (2012). *Evaluation de l'utilisation écologique du nombre chez les personnes cérébrolésées : Étude de la Batterie D'évaluation Des Nombres Au Quotidien révisée (BENQ-r) en comparaison avec le Test Lillois De Calcul (TLC²)*. Université Montpellier I - Faculté de Médecine.

Prévost-Tarabon, C., & Villain, M. (2014). *Batterie d'Evaluation des Nombres au Quotidien*. Ortho Edition.

Reisberg, B. (1984). Alzheimer's disease. Stages of cognitive decline. *The American Journal of Nursing*, *84*(2), 225-228.

Reisberg, B., Borenstein, J., Salob, S. P., Ferris, S. H., Franssen, E., & Georgotas, A. (1987). Behavioral symptoms in Alzheimer's disease : Phenomenology and treatment. *The Journal of Clinical Psychiatry*, *48 Suppl*, 9-15.

Reisberg, B., Ferris, S. H., de Leon, M. J., & Crook, T. (1982). The Global Deterioration Scale for assessment of primary degenerative dementia. *The American Journal of Psychiatry*, *139*(9), 1136-1139. https://doi.org/10.1176/ajp.139.9.1136

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Reisberg, B. (1984). Stages of Cognitive Decline. *The American Journal of Nursing*, *84*(2), 225-228. https://doi.org/10.2307/3463315

Reisberg, B., Ferris, S. H., Anand, R., Leon, M. J. de, Schneck, M. K., Buttinger, C., & Borenstein, J. (1984). Functional Staging of Dementia of the Alzheimer Type. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *435*(1), 481-483. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb13859.x

Reisberg, B., Franssen, E. H., Souren, L. E. M., Auer, S. R., Akram, I., & Kenowsky, S. (2002). Evidence and mechanisms of retrogenesis in Alzheimer's and other dementias : Management and treatment import. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, *17*(4), 202-212. https://doi.org/10.1177/153331750201700411

Rosselli, M., Ardila, A., Arvizu, L., Kretzmer, T., Standish, V., & Liebermann, J. (1998). Arithmetical abilities in Alzheimer disease. *The International Journal of Neuroscience*, *96*(3-4), 141-148.

Rousseau, T. (2011). *Maladie d'Alzheimer et troubles de la communication [Ressource électronique] : Évaluation et prise en charge thérapeutique*. [Paris] : Elsevier Masson. 2011.

Rubial-Álvarez, S., de Sola, S., Machado, M.-C., Sintas, E., Böhm, P., Sánchez-Benavides, G., Langohr, K., Muñiz, R., & Peña-Casanova, J. (2013). The comparison of cognitive and functional performance in children and Alzheimer's disease supports the retrogenesis model. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, *33*(1), 191-203. https://doi.org/10.3233/JAD-2012-121123

Sabadell, V., Tcherniack, V., Michalon, S., Kristensen, N., & Renard, A. (2018). *Pathologies neurologiques : Bilans et interventions orthophoniques* (Deboeck Supérieur).

Semenza, C., Meneghello, F., Arcara, G., Burgio, F., Gnoato, F., Facchini, S., Benavides-Varela, S., Clementi, M., & Butterworth, B. (2014). A new clinical tool for assessing

Licence CC BY-NC-ND 3.0

numerical abilities in neurological diseases : Numerical activities of daily living. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *6*. https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00112

Seron, X., Deloche, G., Ferrand, I., Cornet, J. A., Frederix, M., & Hirsbrunner, T. (1991). Dot counting by brain damaged subjects. *Brain and Cognition*, *17*(2), 116-137. https://doi.org/10.1016/0278-2626(91)90072-G

Seron, X. (1995). *La neuropsychologie des troubles du calcul : Perspectives actuelles*. Presses Universitaires de France. http://www.cairn.info/des-animaux-et-des-hommes--9782130472278-page-157.htm

Seron, X. (2002). *La neuropsychologie cognitive*. Presses Universitaires de France. http://www.cairn.info/la-neuropsychologie-cognitive--9782130521921.htm

Seron, X. & Deloche, G. (1984). From 2 to Two : An analysis of a transcoding process by means of neuropsychological evidence. *Journal of Psycholinguistic Research*, *13*(3), 215-236. https://doi.org/10.1007/BF01068464

Shimada, M., Meguro, K., Inagaki, H., Ishizaki, J., & Yamadori, A. (2001). Global intellectual deterioration in Alzheimer's disease and a reverse model of intellectual development : An applicability of the Binet scale. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *55*(6), 559-563. https://doi.org/10.1046/j.1440-1819.2001.00906.x

Shoji, M., Fukushima, K., Wakayama, M., Shizuka-Ikeda, M., Ikeda, Y., Kawakami, A., Sakazume, Y., Ikeda, M., Harigaya, Y., Matsubara, E., Kawarabayashi, T., Murakami, T., Nagano, I., Manabe, Y., & Abe, K. (2002). Intellectual faculties in patients with Alzheimer's disease regress to the level of a 4–5-year-old child. *Geriatrics & Gerontology International*, *2*(3), 143-147. https://doi.org/10.1046/j.1444-1586.2002.00040.x

Steinberg, M., Sheppard, J.-M., Tschanz, J. T., Norton, M. C., Steffens, D. C., Breitner, J. C. S., & Lyketsos, C. G. (2003). The incidence of mental and behavioral disturbances in

Licence CC BY-NC-ND 3.0

dementia : The cache county study. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *15*(3), 340-345. https://doi.org/10.1176/jnp.15.3.340

Tegnér, R., & Nybäck, H. (1990). « To hundred and twenty4our » : A study of transcoding in dementia. *Acta Neurologica Scandinavica*, *81*(2), 177-178.

Thioux, M., Ivanoiu, A., Turconi, E., & Seron, X. (1999). Intrusion of the Verbal Code During the Production of Arabic Numerals : A Single Case Study in a Patient with Probable Alzheimer's Disease. *Cognitive Neuropsychology*, *16*(8), 749-773. https://doi.org/10.1080/026432999380636

Tombaugh, T. N., & McIntyre, N. J. (1992). The Mini-Mental State Examination : A Comprehensive Review. *Journal of the American Geriatrics Society*, *40*(9), 922-935. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1992.tb01992.x

Vanderheyden, J.-É., Kennes, B., Pepersack, T., & Moulias, R. (2017). *Démence et perte cognitive : Prise en charge du patient et de sa famille* (2e édition). De Boeck Supérieur.

Veitch, D. P., Weiner, M. W., Aisen, P. S., Beckett, L. A., Cairns, N. J., Green, R. C., Harvey, D., Jack, C. R., Jagust, W., Morris, J. C., Petersen, R. C., Saykin, A. J., Shaw, L. M., Toga, A. W., Trojanowski, J. Q., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2019). Understanding disease progression and improving Alzheimer's disease clinical trials : Recent highlights from the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, *15*(1), 106-152. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.08.005

Villain, M., Tarabon-Prevost, C., Bayen, E., Robert, H., Bernard, B., Hurteaux, E., & Pradat-Diehl, P. (2015). Ecological Assessment Battery for Numbers (EABN) for brain-damaged patients : Standardization and validity study. */data/revues/18770657/v58i5/S1877065715000494/*. https://www.em-consulte.com/en/article/1012239

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Villain, M. (2018). Théorie et évaluation de l'acalculie. *Rééducation Orthophonique*, *274*, 321-334.

Voye, M., Frey, E., & Guérin, M. (2013). Épreuves de sériations : Analyse du fonctionnement de pensée et orientation thérapeutique en orthophonie. *Rééducation Orthophonique*, *255*, 163-177.

Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, *358*(6389), 749-750. https://doi.org/10.1038/358749a0

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Annexes

Annexe I. L'architecture pour les nombres et le calcul de McCloskey (1985) 84
Annexe II. Modèle du triple code de Dehaene (1992) 85
Annexe III. Information aux patients 86
Annexe IV. Formulaire de recueil de consentement 87
Annexe V. Tableau récapitulatif des critères d'analyse qualitative par patient. 88

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Annexe I. L'architecture pour les nombres et le calcul de McCloskey (1985)

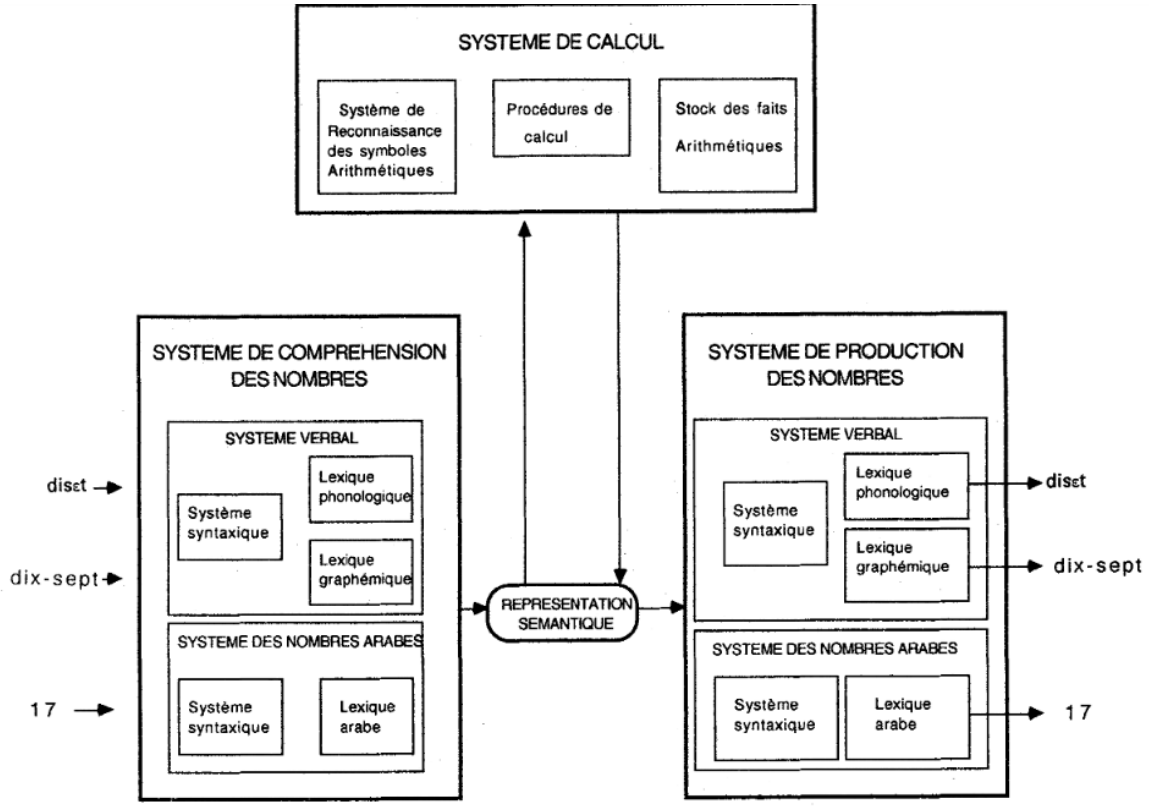


Figure 10 : Modèle de MacCloskey (1985)

Source : Seron, 2002

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Annexe II. Modèle du triple code de Dehaene (1992)

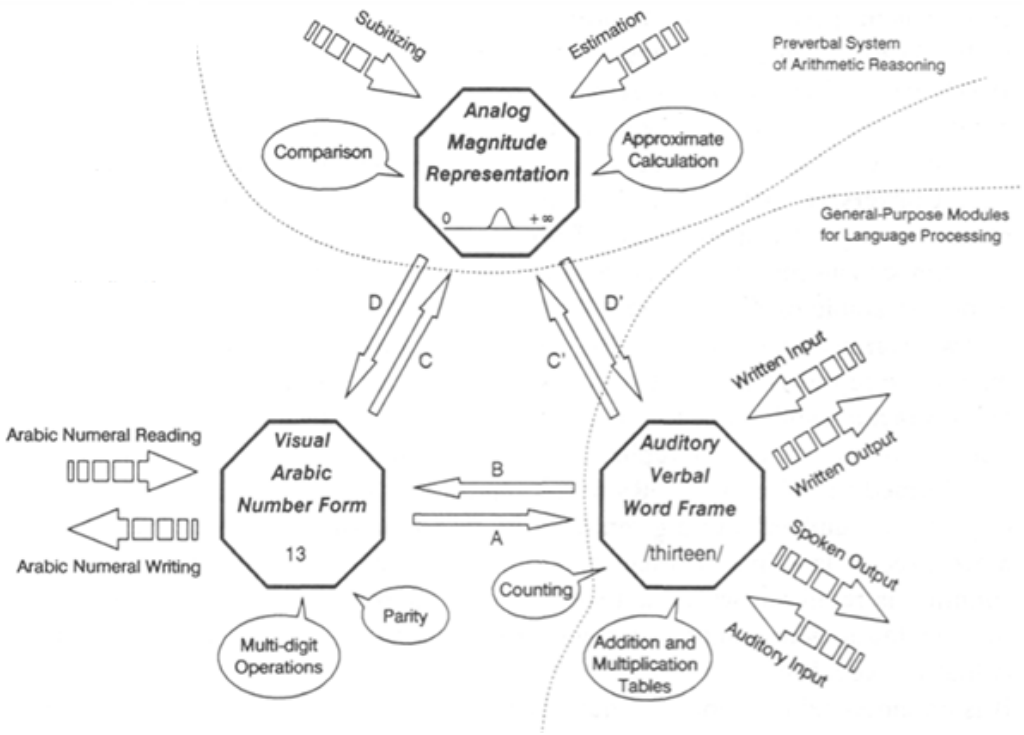


Figure 11 : Modèle du triple code de Dehaene (1992)

Source : Dehaene, 1992

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Annexe III. Information aux patients

Madame, Monsieur,

Je suis étudiante en orthophonie à l'Université de Limoges. Dans le cadre de mon cursus, il m'est demandé de réaliser un travail de recherche et de rédiger un mémoire de fin d'étude. J'ai choisi de travailler sur les troubles neurocognitifs et plus précisément sur les aptitudes à utiliser le nombre au quotidien et sur les capacités de raisonnement.

Pour mener à bien ce travail, je suis encadrée par Mme Audrey Pépin-Boutin, orthophoniste et enseignante à l'Institut Limousin de Formation aux Métiers de la Réadaptation (ILFOMER) à l'Université de Limoges.

Pour cela, je souhaite vous faire passer quelques épreuves visant à évaluer vos fonctions cognitives (Mini Mental State Evaluation), vos aptitudes à utiliser le nombre au quotidien (Batterie d'Evaluation du Nombre au Quotidien) et votre façon de raisonner (Epreuve des dichotomies issue de la batterie Evaluation du Raisonnement et du Langage Associé). L'évaluation durera environ 30 minutes.

Les données recueillies au cours de cette évaluation seront anonymisées : seule l'initiale de votre nom de famille sera citée dans les travaux issus de cette recherche.

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche, votre décision ne changera en rien vos relations avec le ou les soignants. Si vous le désirez, vous serez libre à tout moment d'arrêter votre participation. Vous pourrez à tout moment me demander toute information complémentaire.

Avant de vous faire passer les épreuves, je vais vous demander de prendre connaissance du formulaire de consentement, et, si vous êtes d'accord pour participer à ma recherche, de les remplir et les signer.

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Annexe IV. Formulaire de recueil de consentement

Consentement de participation à une étude clinique

De Madame, Monsieur (nom, prénom du patient) : .....

Dans le cadre de son mémoire d'orthophonie réalisé à l'université de Limoges, Mme Emilie Balas m'a proposé de participer à une étude dont l'objectif est d'évaluer mes aptitudes à utiliser le nombre au quotidien et à m'appuyer sur mes capacités de raisonnement.

J'ai reçu des informations précisant les modalités de déroulement de cette étude clinique et exposant notamment les éléments suivants :

- L'évaluation ne nécessite aucune mesure invasive.

- Elle se fera sur environ 30 minutes.

- On me fera passer des épreuves visant à évaluer mes fonctions cognitives (Mini Mental State Evaluation), mes aptitudes à utiliser le nombre au quotidien (Batterie d'Evaluation du Nombre au Quotidien) et ma façon de raisonner (Epreuve des dichotomies issue de la batterie Evaluation du Raisonnement et du Langage Associé)

- Toutes les données recueillies seront anonymisées.

Ma participation ne fera l'objet d'aucune rétribution.

On m'a précisé que je suis libre d'accepter ou de refuser, que ma décision ne changera en rien mes relations avec le ou les soignants.

Dans ces conditions, j'accepte de participer à cette évaluation dans les conditions précisées.

Si je le désire, je serai libre à tout moment d'arrêter ma participation.

Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire à l'examinateur.

Examinateur :

Fait à : ....., Le : ..... Nom prénom et Signature :

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Annexe V. Tableau récapitulatif des critères d'analyse qualitative par patient.

Initiales	Type de production	Langage			Manipulation	Changement de critère	Niveau de classification
		Propriétés	Critères	Noms			
FB	Collections et classements	Toutes les propriétés	Deux critères	Propriétés ≠ niveaux	Deux mains	Avec aide	Collections non figurales
FC	Collections figurales uniquement	Quelques propriétés	Deux critères	Propriétés + répétitions	Deux mains	Pas de changement	Collections figurales
P	Collections et classements	Propriétés erronées	Un critère	Propriétés ≠ niveaux	Une main	Pas de changement	Collections non figurales
AMP	Collections figurales uniquement	Aucune propriété	Aucun critère	Fantaisiste / absence	Une main	Pas de changement	Collections figurales
MG	Collections non figurales uniquement	Quelques propriétés	Deux critères	Propriétés + répétitions	Deux mains	Changement spontané	Collections non figurales
D	Collections et classements	Toutes les propriétés	Deux critères	Propriétés ≠ niveaux	Deux mains	Avec aide	Collections non figurales
MF	Collections figurales et non figurales	Toutes les propriétés	Un critère	Propriétés + répétitions	Deux mains	Pas de changement	Collections figurales
LP	Collections et classements	Quelques propriétés	Un critère	Propriétés ≠ niveaux	Une main	Avec aide	Collections non figurales
SD	Collections et classements	Propriétés erronées	Un critère	Toutes les propriétés	Deux mains	Pas de changement	Collections non figurales
AMD	Collections figurales et non figurales	Quelques propriétés	Aucun critère	Fantaisiste / absence	Une main	Pas de changement	Collections figurales
MB	Classements uniquement	Propriétés erronées	Deux critères	Propriétés + répétitions	Une main	Changement spontané	Collections non figurales
AC	Collections non figurales uniquement	Aucune propriété	Un critère	Fantaisiste / absence	Une main	Pas de changement	Collections figurales

Licence CC BY-NC-ND 3.0

Utilisation du nombre au quotidien dans la maladie d'Alzheimer, déclin cognitif et raisonnement : profils de performances

L'acalculie fait partie des troubles fréquemment observés dans la maladie d'Alzheimer. Ce déficit entraîne de nombreuses restrictions pour le patient dans la vie quotidienne, tant les nombres y sont omniprésents. Il n'existe pas de consensus quant aux mécanismes sous-jacents : certaines études estiment que l'acalculie est primaire tandis que d'autres affirment qu'elle est consécutive à l'altération des fonctions cognitives. Aucune recherche n'a étudié le lien entre le déclin du raisonnement et l'acalculie. Pourtant, quelques travaux ont mis en évidence une corrélation entre l'avancée dans la maladie et la dégradation du raisonnement. Nous avons donc interrogé l'existence de profils d'acalculie parmi des personnes présentant une maladie d'Alzheimer en fonction leur niveau cognitif et de leurs performances à une épreuve évaluant le raisonnement. Pour tenter de répondre à cette question, nous avons mis en œuvre une étude expérimentale. Nous avons évalué le niveau cognitif, les capacités numériques au quotidien et le niveau de raisonnement de douze personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer aux stades léger à modéré. Onze des douze personnes testées obtiennent un score pathologique à l'épreuve d'évaluation du nombre au quotidien et toutes présentent une altération du raisonnement. De plus, deux tendances se distinguent : l'une avec acalculie et déficit logique, l'autre avec acalculie et atteinte du niveau cognitif global. En définitive, la prise en soin de l'acalculie devrait être proposée de manière plus fréquente au patient atteint de la maladie d'Alzheimer. Menée selon une approche écologique, elle pourrait contribuer à prolonger sa qualité de vie et son autonomie. La prise en soin orthophonique devrait alors s'appuyer sur les caractéristiques cognitives et logiques du patient.

Mots-clés : **maladie d'Alzheimer, acalculie, activités numériques de la vie quotidienne, raisonnement, théorie constructiviste**

Daily Number Use in Alzheimer's Disease, Cognitive Decline and Reasoning: Performance Profiles

Acalculia is a frequent disorder in Alzheimer's disease. This deficit leads to many restrictions for the patient, as numbers are omnipresent in daily life. There is no consensus as to the underlying mechanisms: some studies believe that acalculia is primary, while others claim that it is the result of an impairment of other cognitive functions. No research has investigated the link between decline in reasoning and acalculia. However, a number of studies have shown a correlation between progress in the disease and the decline in reasoning. Therefore, we questioned the existence of acalculia profiles among people with Alzheimer's disease according to their cognitive level and their performance on a test evaluating reasoning.
To try to answer this question, we conducted an experimental study. We evaluated the cognitive level, daily numerical abilities and reasoning level of twelve people with mild to moderate Alzheimer's disease. Eleven of the twelve people tested had a pathological score on the daily number test, and all had impaired reasoning. In addition, two trends can be distinguished: one with acalculia and logical deficit, the other with acalculia and deterioration of the global cognitive level. Ultimately, acalculia care should be suggested more frequently to the patient with Alzheimer's disease. Carried out based on an ecological approach, it could contribute to prolonging his quality of life and autonomy. The speech and language therapy care should then be based on the patient's cognitive and logical characteristics.

Keywords : Alzheimer's disease, acalculia, numérical activities of daily living, reasoning, constructivist theory