

# L'agraphie en arabe chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer

## *Agraphia in Arabic in patients with Alzheimer's Disease*

Mohamed Taiebine<sup>1</sup>, Mustapha El Alaoui Faris<sup>2,3</sup>, Maria Benabdeljlil<sup>2,3</sup>, Khadija Al Zemmouri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Euro-Méditerranéenne de Fès (UEMF), Fès, Maroc

<sup>2</sup> Faculté de Médecine et de pharmacie, Université Mohammed V. Rabat. Maroc

<sup>3</sup> Centre Alzheimer d'Accueil de Jour de Rabat, Maroc

L'agraphie est un symptôme fréquent de la maladie d'Alzheimer (MA). Elle a été largement étudiée dans diverses langues occidentales, mais à notre connaissance aucune étude neuropsycholinguistique n'a été rapportée en langue arabe. Nous avons étudié les échantillons d'écriture manuscrite de 7 patients atteints de la maladie d'Alzheimer modérée à sévère recrutés au niveau du Centre d'Accueil de Jour Alzheimer de Rabat. L'âge moyen est de 69 ans (ET : 6,4 ; 61-77). Le nombre moyen d'années d'études est de 13 ans (ET : 2,7 ; 9-15), tandis que la durée moyenne de la maladie est de 5 ans (ET 1,9 ; 3-8). Des échantillons d'écriture ont été analysés à partir de l'écriture de phrases du test MMSE et du sous-test d'écriture du Mini Linguistic State Examination (MLSE). Les paragraphes ont été analysés selon la méthodologie proposée par Caramazza et al, (1987) et Catricalà et al (2017). L'analyse des paragraphes chez nos patients a montré que les erreurs les plus fréquentes sont les omissions littérales avec signes diacritiques manquants (36%), suivies des erreurs graphomotrices (30%), puis des erreurs allographiques (10%). Les erreurs allographiques sont principalement des simplifications graphémiques qui partagent une similarité visuo-spatiale avec les lettres cibles en arabe. Le pattern des troubles graphémiques retrouvés chez nos patients est cohérent avec une éventuelle altération des mécanismes d'écriture périphériques : graphémique, graphomoteur et allographique (El Alaoui Faris et al, 2004 ; McCloskey et al 2018 ; Taiebine et al, 2021). De plus, l'omission des signes diacritiques est une caractéristique visuo-spatiale typique de l'écriture arabe qui explique ces paragraphes .

*Mots-clés* : écriture, arabe, agraphie, neuropsychologie, maladie d'Alzheimer

Agraphia is a frequent symptom in Alzheimer's disease (AD). It has been widely studied in various western languages, but to our knowledge no neuropsychological study has been reported in Arabic language. We studied the handwriting's sample of 7 patients with moderate to severe Alzheimer's disease recruited through the Alzheimer's Day Care Center in Rabat. The average age is 69 years (SD: 6.4; 61-77). The average number of years of education is 13 (SD: 2.7; 9-15), while the mean duration of the disease is 5 years (SD 1.9; 3-8). Writing samples have been analyzed from MMSE sentence writing and MLSE writing's sub-test. The paragraphs have been analyzed according to the methodology suggested by Caramazza et al, (1987) and Catricalà et al (2017). The analysis of paragraphs in our patients showed that the most frequent errors are literal omissions with missing diacritics (36%), followed by graphomotor errors (30%), then allographic errors (10%). The allographic errors are mainly graphemic simplifications that shared a visuo-spatial similarity with the target letters. The pattern of the graphemic disorders found in our patients is consistent with an eventual impairment of the peripheral writing buffers: graphemic graphomotor and allographic (El Alaoui Faris et al, 2004; McCloskey et al 2018 Taiebine et al, 2021). Moreover, the omission of diacritics is a typical visuo-spatial feature of the Arabic writing which explained these paragraphs .

*Keywords*: Arabic script, agraphia, neuropsychology, Alzheimer's diseases

### Introduction

Cet article aborde une caractérisation neuropsycholinguistiques de l'agraphie chez une série de cas arabophones atteints de la maladie d'Alzheimer. Le but de cet article est de démontrer l'importance de l'analyse cognitive dans la description des erreurs paragraphiques afin de proposer un cadre théorico-clinique respectant les particularités de l'écriture en

Arabe. Une discussion sera abordée par rapport aux différents mécanismes linguistiques et extralinguistiques impliqués dans l'écriture en Arabe afin de mieux comprendre lesdites erreurs.

### Historique de l'agraphie

L'agraphie, qui consiste en une perte de l'écriture due à une lésion cérébrale dans l'aire d'Exner ou le gyrus frontal moyen (1881), a été étudiée dans le livre d'Exner sur les lésions cérébrales des patients agraphiques (n° 141 et 150). Il a été observé une zone lésionnelle commune située dans la partie postérieure

La correspondance concernant cet article doit être adressée à /  
Correspondence concerning this article should be addressed to:  
Mohamed Taiebine, Route Fès-Meknès, 30000, Fès, Maroc. Courriel/e-mail: taiebinemohamed@gmail.com ; ORCID: 0000-0002-3227-8491

du gyrus frontal inférieur, mais il convient de noter que cette étude est plus statistique que clinique. Les théories de ce dernier étaient basées sur l'analyse de la littérature. Cependant, l'agraphie n'était pas pure (Roux et al, 2010). Au cours de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, l'intérêt pour l'agraphie a augmenté, en particulier les conceptions françaises de Jean-Martin Charcot sur les mécanismes de l'écriture (1893). Plus tard, au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, la conception de Nielsen (1948) de l'existence d'un centre d'écriture ou zone d'Exner.

L'agraphie est un symptôme fréquent dans la maladie d'Alzheimer (MA). Les descriptions originales d'Alois Alzheimer documentaient cet aspect (Alzheimer, 1907). Son deuxième patient, un homme de 56 ans, n'a pas utilisé un crayon, mais a plutôt pris des allumettes pour écrire son nom sans arriver à s'autocorriger (Alzheimer, 1911).

La présence d'un trouble de l'écriture chez les patients atteints de MA n'implique pas nécessairement que les perturbations aphasiques sont les principaux déterminants de l'agraphie. Les troubles praxiques, visuo-constructifs et linguistiques sont tous communs à la MA au stade intermédiaire dénotant un syndrome aphaso-apraxo-agnosique (McKhann et al, 2011).

A partir de ces constats, la MA offre un défi non seulement pour délimiter l'agraphie dans une maladie neurodégénérative, mais aussi la possibilité de discerner comment la déafférentation néocorticale généralisée affecte les performances lors d'un processus cognitif complexe tel que l'écriture manuscrite. Il est à noter que l'agraphie dans la MA diffère de façon substantielle de celle observée chez des patients aphasiques avec des lésions focales dans les zones linguistiques de l'hémisphère cérébral gauche. Ces études ont été menées à plusieurs niveaux d'analyse : littéral, lexical et phrastique (Macoir et al, 2014).

Il est à noter que l'évolution théorico-clinique a permis d'approcher les troubles d'écriture dans un contexte à la fois transdisciplinaire (neuropsychologie, neurologie, linguistique et informatique) (Plonka et al, 2021), translinguistique en explorant les scripts alphabétiques et non-alphabétiques (Weeks, 2012) ; et transculturel entre les patients âgés agraphiques au Japon et au Brésil (Akanuma et al, 2010) ou en chinois (Tee et al, 2022 ; Snowden et Cappa, 2022).

### Les agraphies centrales

On qualifie d'agraphies centrales les troubles de l'écriture relevant de difficultés à écrire selon le modèle à double voie « Dual Route Model i.e. voie lexicale et voie phonologique » (Colheart et al, 2001).

L'écriture sous-dictée par voie phonologique (voie directe ou sous-lexicale qui consiste à découper le mot

entendu en graphème puis de faire correspondre les graphèmes aux lettres ou groupes de lettres) est mieux préservée que la dénomination écrite dans la MA. Alors que les patients ont des difficultés à épeler des mots peu familiers, certains chercheurs suggèrent que ces patients, au moins dans les stades légers à modérés de la maladie, ont l'agraphie lexicale. (Croisile et al., 1996 ; Lambert et al., 1996 ; Macoir et al, 2014)

En passant aux troubles de la voie lexico-sémantique, l'agraphie sémantique a été proposée pour décrire les patients qui ont une incapacité à donner un sens aux mots qu'ils écrivent, sans produire de paraphrasie lexicale ou encore phonologique (Roeltgen et al., 1986). Cette déconnexion entre l'orthographe et le sens des mots entraîne par exemple des difficultés à choisir l'orthographe du mot cohérent dans le contexte d'une phrase si celle-ci possède plusieurs homophones. La localisation anatomique des lésions pouvant conduire à une paraphrasie sémantique inclue les aires frontales et temporo-pariétales gauches, préservant généralement les régions périsylviennes (Rapcsak et Rubens, 1990). Dans certains cas, le système sémantique est tout de même préservé, mais c'est l'accès aux représentations orthographiques à partir du système sémantique qui est affecté (Hillis et al., 1999). On parlera ainsi plutôt d'agraphie lexicale avec paraphrasies sémantiques. (Seron et Van der Linden, 2014)

Globalement, il s'est avéré que les données clinico-théoriques concernant les types d'agraphies produites par les patients atteints de MA ont été hétérogènes. Glosser et Kaplan (1989) ont également noté que la majorité des paraphrasies des patients avec MA étaient phonologiquement plausibles, mais ce pattern était également présent pour les sujets témoins. Cependant, les patients avec MA et les sujets contrôles ne diffèrent pas dans la distribution de régularisation ou d'autres formes de paraphrasies (Glosser et al., 1999).

### Les agraphies périphériques

Jusqu'à présent, nous nous sommes focalisés sur les déficits dans les composants centraux du langage qui peuvent contribuer à l'agraphie dans la MA. Étant donné que cette maladie n'est pas exclusivement un trouble du langage, il est important aussi de considérer le rôle éventuel des déficits dans les processus cognitifs périphériques requis pour l'écriture.

Les agraphies périphériques concernent principalement les perturbations des aspects sensori-moteurs de l'écriture. Ceux-ci peuvent être spécifiquement atteints dans l'agraphie apraxique qui a été décrite comme une « perte des programmes moteurs pour former les graphèmes » (Roeltgen et Heilman, 1983). On la qualifie souvent d'agraphie

«pure». Les patients présentant ce trouble sont généralement capables d'épeler ou de taper au clavier, mais, lors de l'écriture manuscrite, produisent des lettres très déformées, voire illisibles (Heilman et al., 1973; Heilman et al., 1974).

L'étape allographique (i.e., sélection de la forme à donner aux lettres) découle notamment de l'observation de la performance de patients présentant des praxies et des capacités visuo-spatiales normales, produisant des lettres formées correctement mais avec des erreurs de casse fréquentes (e.g., écriture perturbée uniquement sur les majuscules, mélange de lettres majuscules et minuscules dans un même mot (Black et al., 1989; De Bastiani et Barry, 1989).

D'une part, l'hypothèse de l'existence d'une aire « graphémique », où les programmes moteurs et visuo-kinesthésiques spécifiques des lettres seraient stockés, a été proposée suite à l'observation de patients agraphe conservant certaines praxies (comme la capacité à manipuler le stylo). On parle d'agraphie apraxique sans apraxie, parfois d'« agraphie idéationnelle » (Baxter et Warrington, 1986). Dans certains cas, l'écriture de lettres est affectée, mais l'écriture de chiffres est préservée (Anderson et al., 1990).

Quant aux perturbations du buffer graphémique, elles engendrent la production de paragraphes de type (omissions, substitutions, insertions, déplacements de lettres), quel que soit la modalité d'épreuve (écriture sous-dictée, en dénomination, en copie différée ou en épellation orale) et pour l'écriture de mots et pseudo-mots (Caramazza et al., 1987; Hillis et Caramazza, 1989). Ces erreurs ne sont généralement pas affectées par des facteurs lexicaux comme la fréquence du mot, mais leur probabilité augmente avec le nombre de lettres composant le mot « effet de longueur ». La localisation précise des lésions conduisant à ce type de syndrome reste imprécise, mais concerne la région fronto- pariétale gauche (Hillis et Caramazza, 1989 ; Krajenbrink et al, 2021).

Enfin, d'autres chercheurs suggèrent que, chez au moins certains patients avec MA de type sévère, l'écriture est altérée à la suite d'une perturbation d'accès ou de production des formes physiques réelles des lettres. Les perturbations graphomotrices donnant lieu à une forme de mots illisibles, de distorsions de lettres, de fausses affectations de lettres, de persévérations (De Lucia et al, 2015 ; Delazer et al, 2021) et de difficultés de maintien de la lettre qui ont été décrits dans des séries de cas de patients avec MA (Neils-Strunjas et al, 1998; Platel et al., 1993 ; Delazer et al, 2021). Lambert et al (1996) décrivaient des erreurs graphomotrices importantes chez une plus petite proportion de patients. Contrairement aux formes centrales d'agraphie évoquées ci-dessus, les

types d'erreurs graphomotrices périphériques de l'agraphie apraxique, sont particulièrement évidents dans les stades plus avancés de la démence (Platel et al., 1993)

### **Les agraphies par atteinte des autres mécanismes périphériques : attentionnels, exécutifs et praxiques**

Outre les processus langagiers, la production écrite nécessite la mise en œuvre de processus praxiques, attentionnels, exécutifs et mnésiques (mémoire sémantique, mémoire à court terme et de travail). En ce qui concerne les fonctions exécutives, elles contribuent de manière importante dans l'expression écrite.

Le modèle de mémoire de travail le plus couramment utilisé en neuropsychologie, qui prend en compte la rétention d'informations à court terme, est celui proposé par Baddeley et Hitch (1974). Les auteurs envisagent la mémoire de travail comme un système cognitif à capacité limitée, responsable du traitement et du maintien temporaire des informations dans un format facilement accessible lors de l'exécution de diverses tâches cognitives. Selon ce modèle, la mémoire de travail se compose de deux sous-systèmes satellites de stockage (la boucle phonologique et le calepin visuospatial), qui sont coordonnés et supervisés par une composante attentionnelle (l'administrateur central). (Baddeley et Hitch, 1974, Baddeley, 2003)

Il est à noter que l'attention dans toutes ses modalités (focalisée, divisée et soutenue), la mémoire de travail (boucle phonologique, calepin visuo-spatial et systèmes de buffers graphémiques), l'inhibition, la planification sont des composantes exécutives cruciales dans l'acte d'écrire. La coordination entre ces différentes composantes fonctionnelles nécessite la supervision de l'administrateur central qui assure le transfert des informations entre la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial d'un côté et de l'autre côté les processus cognitifs attentionnels et mnésiques comme la mémoire sémantique. (Baddeley, 2003 ; Kellogg et al, 2013)

Au-delà des fonctions exécutives et attentionnelles, plusieurs études ont établi des liens entre les praxies, les capacités visuo-constructives, visuo-spatiales et les agraphies (Edwards et al, 1991 ; Fukui et Lee, 2008 ; Macoir et al 2011 ; Stamenova et al, 2014). Sur le plan neurocognitif, la commande motrice nécessaire pour écrire implique non seulement le mouvement du bras et des mains mais aussi les compétences praxiques (au niveau de l'idéation et la coordination des séquences motrices précises et fines des doigts) à l'aide d'un antagonisme harmonieux entre les muscles fléchisseurs et non-fléchisseurs. (Chen et al, 2019, 2023). En ce qui concerne les fonctions visuo-spatiales et visuo-constructives, elle implique une orientation visuelle de la main et des doigts dans la formation des graphèmes dans l'espace tridimensionnel en écriture spontanée,

copiée, sous-dictée ou dactylographiée. Une atteinte sélective ou concomitante de l'une de ces composantes périphériques comme c'est le cas du stade aphaso-apraxy-agnosique de la MA pourrait expliquer certaines erreurs produites par les patients agraphiques.

### L'écriture Arabe

Pour Meletis, (2019) le graphème semble être un concept central et universel en grapho-linguistique. Une conception universelle du graphème comprenant tous les types de systèmes d'écriture permettrait une description uniforme et translinguistique. L'écriture de l'arabe peut être étudiée, soit en tant que système graphique, soit au point de vue des modalités techniques de cette écriture. L'arabe s'écrit de droite à gauche avec des signes diacritiques au-dessous ou en dessus des consonnes. Les diacritiques arabes se répartissent en deux catégories dans l'écriture arabe : le pointage consonantique (i'jām/إِجَام) et les diacritiques supplémentaires (tashkīl/تَشْكِيل). Le pointage des consonnes permet de différencier les lettres entre elles, tandis que tashkīl fournit des informations phonétiques sur la façon dont un mot doit être prononcé. Il existe six types de tashkīl en arabe : Fatha ; Damma ; Kasra ; Madda ; Sukūn ; Shadda ; Tanwīn ; Waṣla. Ce système graphique est inclus dans les trois niveaux de langues correspondants à l'arabe classique, à l'arabe standard moderne dit aussi arabe littéraire, et aux différentes variantes de l'arabe dialectal. (Meletis, 2019)

Il est à noter qu'une lettre en arabe peut prendre différentes formes graphiques selon le style graphique (écriture en lettres d'imprimerie ou cursive). Le rôle du niveau allographique (ou « code physique des lettres » selon Margolin, 1984) est donc d'attribuer une forme spécifique à la représentation de chaque lettre. Les traitements allographiques vont déterminer les caractéristiques géométriques et la composition cinétique des traits visuo-spatiaux (position et séquence de réalisation des diacritiques en arabe) de chaque lettre au moment de la mise en mouvement de l'écriture.

Un autre élément distinctif du script arabe est la variation allographique (lettre isolée, en position initiale, médiane et finale) qui transmet des informations importantes sur l'ordre des lettres au sein d'un mot et donc sur l'identité du mot. Les traitements allographiques vont déterminer les caractéristiques géométriques et la composition cinétique des traits visuo-spatiaux (position et séquence de réalisation des diacritiques en arabe) de chaque lettre au moment de la mise en mouvement de l'écriture. Par conséquent, les lecteurs arabes doivent avoir accès à une représentation codant simultanément des informations

d'ordre, d'identité et allographiques. (Boudelaa et al, 2019 ; 2020).

### L'évaluation de l'agraphie et application à l'arabe

Lorsque l'agraphie est évidente, une évaluation minutieuse doit être effectuée pour déterminer l'intégrité fonctionnelle des différents processus de traitement impliqués dans l'écriture. Tout comme pour les outils et les recherches portant sur l'évaluation de l'aphasie en arabe, on observe un constat similaire en ce qui concerne l'évaluation de l'agraphie, qui reste encore largement méconnue et peu explorée. Les études pionnières dans ce domaine en arabe, relèvent de la neurologie comportementale avec une étude neuropsychologique de cas d'agraphie pure détaillant un pattern de dissociation spécifique entre les voyelles et les consonnes (El Alaoui Faris et al, 2004), et un autre cas d'alexie sans agraphie (El Alaoui Faris et al, 1994). La batterie d'évaluation d'agraphie en arabe a été constituée sur base d'un corpus de 331 mots ainsi que des listes de pseudo-mots et de non-mots et ensuite elle a été abrégée en 112 mots (Taiebina et al, 2017 ; Taiebina et El Alaoui Faris, 2019). C'est l'équivalent de la batterie américaine The Johns Hopkins University Dyslexia and Dysgraphia Battery. Les deux batteries ont été réservées à la recherche clinique. Aldera et al (2014) les ont utilisés ainsi que le test du Psycholinguistic Assessments of Language Processing in Aphasia (PALPA; Kay et al. , 1992). Plus récemment, Aldera et Balasubramanian (2019), ont décrit une série de patients agraphiques en post-AVC selon le modèle classique de DRM « Dual Route Model » baptisé par Colheart et al (2001). Cependant, il existe de nombreux tests qui sont utilisés pour évaluer et diagnostiquer les troubles d'écriture dans un cadre neurodéveloppemental aussi bien dans les langues occidentales qu'en arabe (Abu-Rabia et Taha, 2004).

Dans notre étude, nous utiliserons le modèle de McCloskey et al (2018) et celui de Roeltgen et al., (2003) afin d'expliquer les atteintes du buffer graphémique et post-graphémique (atteinte des mécanismes périphériques) chez nos patients. Notre modélisation suivra la même architecture neurocognitive en prenant en considération des variables spécifiques à l'écriture arabe. Sur la base de ces modèles, nous avons formulé les hypothèses suivantes peuvent être faites concernant la performance de nos patients arabophones à la suite d'un syndrome du buffer post-graphémique au niveau des processus : allographique et graphomoteurs. Nous supposons que chez nos patients avec une MA, une atteinte dans ces processus se traduit par des substitutions de lettres spatialement similaires, des tracés désorganisés, des lettres incomplètes (Margolin, 1984 ; Ellis, 1988).

Dans les parties suivantes, nous présentons la description du matériel, de la méthode d'analyse et des participants ayant une agraphe dans le cadre d'une MA. Ensuite, les résultats des différents échantillons d'écriture sera présenté en termes d'erreurs et à la fin une discussion sera réalisée à la lumière des résultats obtenus tout en les comparant avec les données de la littérature dans une perspective translinguistique.

**Méthodologie**

**Les patients**

Les sept patients avec MA modérée à sévère de notre étude ont été sélectionnés au niveau du centre d'accueil de jour des patients atteints de la maladie d'Alzheimer et maladies apparentées à Hay Ennahda à Rabat. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique du centre. Ces patients répondent aux critères cliniques de la MA (McKhann, 2011) dont le diagnostic repose sur l'installation progressive de trouble de la mémoire et d'autres fonctions cognitives sans trouble moteur, sensitif ou de la coordination, du moins au début de la maladie. Les explorations de type biologique et en neuroimagerie ne permettent pas d'étayer ce diagnostic mais simplement d'exclure d'autres causes de démence. Les patients présentent des troubles du langage écrit dans le cadre d'une maladie d'Alzheimer typique à début amnésique (n=7). (Tableau 1 et 2)

**Méthodologie d'analyse de la production écrite**

Nous avons utilisé deux épreuves différentes pour explorer les patterns d'agraphie dans les échantillons

d'écriture : le sous-test d'écriture spontanée de phrase dans le MMSE (Folstein et al, 1975 ; version Marocaine par El Alaoui Faris et al, 2003) et l'épreuve d'écriture narrative avec consigne verbale dans le Mini Linguistic State Examination ou MLSE (Patel, 2020). Le MLSE comporte 11 sous-tests, qui correspondent aux quatre domaines linguistiques classiquement décrits dans l'aphasie primaire progressive (la verbo-motricité, la sémantique, la phonologie et la syntaxe) (Gorno-Tempini et al., 2011).

Dans le sous-test d'écriture du MLSE, le sujet est invité à décrire comment se brosser les dents. Pour cette épreuve, deux scores différents ont été développés. Pour le premier niveau, nous avons sélectionné les six unités d'information les plus fréquemment produites (UI ou unités d'informations) sur la base des performances de 20 sujets patients marocains (Taiebine et al, 2021a). Le score varie de 0 à 6. Un point est donné pour chaque unité d'information correctement identifiée. Pour le deuxième niveau de notation, nous avons sélectionné 5 caractéristiques (nombre de mots, nombre de noms / nombre total de mots; nombre de verbes / nombre total mots; nombre de structures syntaxiques correctes / nombre total des structures syntaxiques; nombre d'erreurs orthographiques).

Dans l'épreuve de l'écriture de phrase du MMSE, le sujet est invité à écrire une phrase signifiante de type SVC (sujet-verbe-complément) de son choix. Cette épreuve peut être utilisée pour évaluer la production textuelle du patient et peut aider à mesurer l'impact du dysfonctionnement cognitif global sur la production écrite (Francesco et al, 2019). De plus, la présence de

<b>Nombre de patients</b>	7
<b>Sexe (hommes/femmes)</b>	6/1
<b>Latéralité (nombre de patients)</b>	Droitier à 100% : 7/7
<b>Sévérité de la maladie</b>	-7 malades (6 H vs 1 F) : MMSE score entre 10 et 16 = MA modérée à sévère
<b>Moyenne d'âge (ans) (DS ; min--max)</b>	69 ans (SD: 6.4; 61-77)
<b>Troubles inauguraux</b>	Mémoire :6 Mémoire/langage :1
<b>Éducation (années) Moyenne (ET ;min-max)</b>	13 ans (SD: 2.7; 9-15)
<b>Durée moyenne de la maladie (années) (DS ; min-max)</b>	5 ans (SD 1.9; 3-8)

**Tableau 1:** Caractéristiques démographiques et cliniques des patients avec MA

**Tableau 2 :** Caractéristiques démographiques et cliniques des patients avec MA dans notre étude

Patients	Sexe	Age de début	Nombre Années Études	Score MMSE /30	Sévérité de la MA	Durée Évolution	Troubles inauguraux	IRM	IADL
Z.S	M	62 ans	15	13	Modérée	5 ans	Mém	Anomalies lacunaires de type vasculaire avec une légère atteinte hippocampique gauche	6/8
A.F	F	67 ans	14	11	Modérée	4 ans	Mém/lang	Anomalies de signal de la SB sous-corticale et péri-ventriculaire – leucoencéphalopathie vasculaire et hippocampe d'allure anormale	6/8
B.M	M	75 ans	15	11	Modérée	3 ans	Mém	Atrophie hippocampique	6/8
R.J	M	67 ans	9	16	Modérée	3 ans	Mém	Atrophie hippocampique	8/8
H.M	M	61 ans	14	10	Modérée	8 ans	Mém	Atrophie hippocampique bilatérale	4/8
M.M	M	74 ans	9	13	Modérée	7 ans	Mém	Atrophie hippocampique	6/8
MMH	M	77 ans	15	16	Modérée	5 ans	Mém	Atrophie hippocampique et corticale temporo-pariétale bilatérale + leucoencéphalopathie modérée	6/8

modifications ou d'erreurs (allographiques, micrographiques, tremblements, dystonie, erreurs orthographiques, sémantiques et grammaticales / syntaxiques) doit également être signalée.

En ce qui concerne la classification des erreurs dysgraphiques chez les patients avec MA modérée, nous nous sommes référés à la méthode de Caramazza et al, (1987) et Catricalà et al (2017) qui proposent une classification en termes d'erreurs simples, multiples ou mixtes :

- Les paragraphes littérales pour l'occurrence d'une seule erreur (une substitution) ;
- Les erreurs multiples pour l'occurrence de plusieurs erreurs du même type (deux substitutions)
- Les erreurs mixtes quand plusieurs types d'erreurs sont observées dans un même mot (substitution + ajout)
- Les erreurs non phonologiquement plausibles (ou phonologiquement incorrectes) correspondent à des productions déviantes par rapport à l'item cible qui ne respectent ni sa forme orthographique ni sa phonologie. Il peut s'agir de substitutions, d'omissions, d'additions ou de déplacements de lettres.
- Le néologisme est utilisé lorsque les erreurs sont telles que le mot cible n'est plus identifiable.
- Les erreurs phonologiquement plausibles (ou phonologiquement correctes, ou encore erreurs de régularisation) respectent la phonologie du mot alors que l'orthographe est perturbée. Les erreurs

consistent en la substitution de graphèmes ayant même valeur phonologique.

Des erreurs lexicales concernent les substitutions du mot cible par un mot du lexique qui sont différenciées de la façon suivante :

- Les erreurs morphologiques dérivationnelles ou flexionnelles montrent l'addition de morphèmes à l'intérieur d'une unité lexicale
- Les erreurs verbales n'ont aucun lien de forme ni de sens avec le mot cible .
- Les erreurs allographiques correspondent à la production du graphème cible dans un répertoire différent de celui qui est approprié ou demandé. Les allographes constituent les différentes formes possibles d'une lettre et varient suivant le type d'écriture utilisé ou suivant des variations individuelles.
- Les erreurs visuelles désignent en lecture les substitutions qui sont liées au mot cible par une importante proximité visuelle et qui résultent par la substitution, l'ajout ou l'omission d'une ou plusieurs lettres ou même de la partie initiale ou finale d'un mot
- Erreurs graphomotrices de type simplification ou complexification dans la réalisation des patterns graphomoteurs des lettres en arabe (trait → ensemble de traits → lettre → ensemble de lettres) avec mise en place visuospatiale des diacritiques.

**Résultats**

**Type d'erreurs dans le sous-test d'écriture du MMSE/MLSE**

Dans notre série de cas, les échantillons en épreuve d'écriture du MMSE et du MLSE ont montré

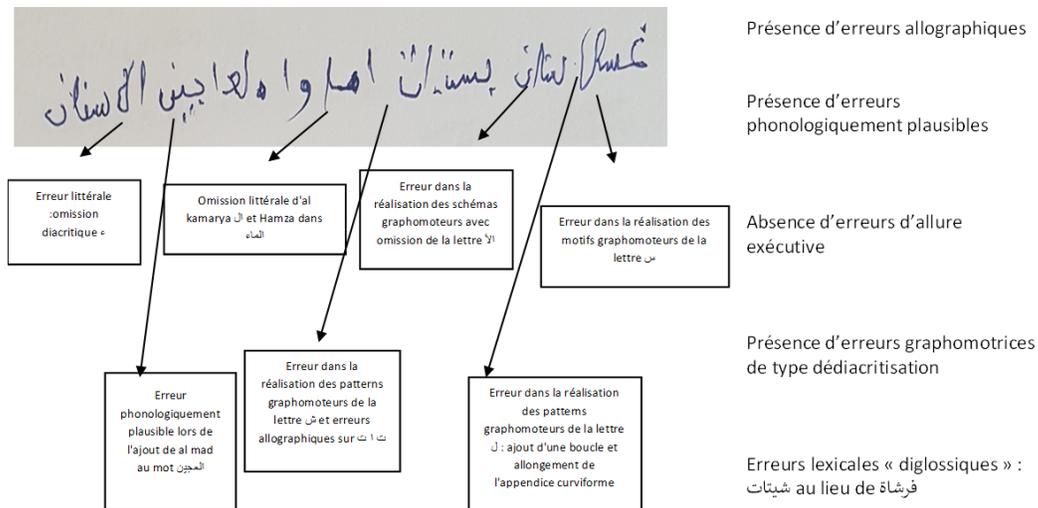
différents profils chez les patients avec MA modérée. Le nombre d'erreur produit par ce groupe de patients est de 49. Le type d'erreur le plus fréquent est de type omissions de type graphèmes ou paragraphies littérales (18/49), erreurs graphomotrices (15/49), les erreurs allographiques (5/49) et les erreurs de type substitution (4/49). (figure 1 et 2)

Parmi les différentes erreurs de type substitutions qui ont été produites en épreuve d'écriture de phrase (MMSE), il s'est avéré que les lettres les plus sujettes à de tels transformations sont : ( د ; ح ) 2 fois ; une seule fois ( ب ; ف ) ( ب ; س ) ( ث ; ع ) ( خ ; ن ) ( ب ; ن ) ( ت ; ن ) ( و ; ن ) ( ن ; م ) ( م ; ح ) ( ر ) .

Cependant, dans l'épreuve d'écriture de phrase (MLSE), il s'est avéré que les lettres les plus sujettes à de tels transformations sont : ( ن ; ف ) ( ظ ; ض ) 3 fois ; ( ب ; ي ) ( و ; ر ) ( ر ; د ) ( غ ; ع ) 2 fois ; une seule fois ( ب ; ص ) ( ط ; ش ) ( س ; د ) ( س ; ش ) ( ت ; ح ) ( ص ; ج ) ( ت ; ذ ) ( ن ; د ) ( و ; ي ) ( و ; م ) ( ل ; د ) ( ف ; ض ) ( ن ; ت ) ( غ ; ف ) ( س ; م ) ( غ ; ك ) ( ف ; ع ) ( غ ; ف ) (Tableau 3).

**Discussion**

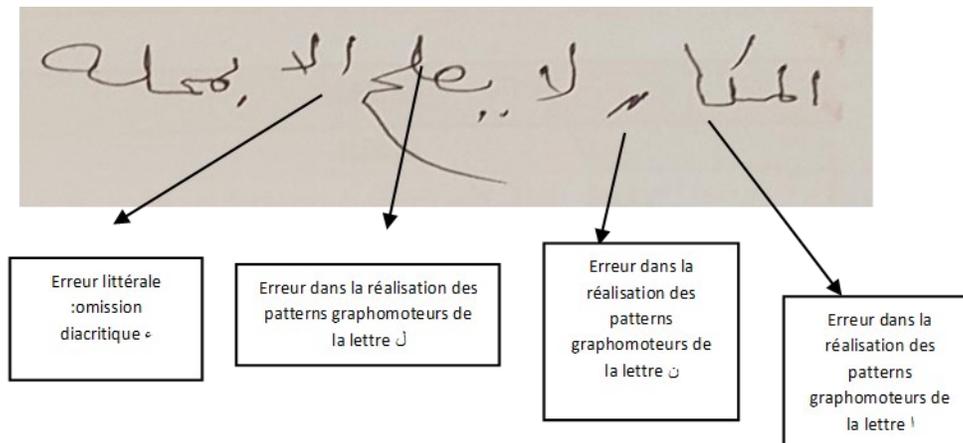
L'analyse des paragraphies chez nos patients a montré que les erreurs les plus fréquentes sont des omissions littérales avec signes diacritiques manquants (36%), suivies des erreurs graphomotrices (30%), puis des erreurs allographiques (10%). Ce pattern des troubles confirme ce qui a été montré dans d'autres langues avec une altération prototypique des mécanismes d'écriture périphériques chez les patients avec MA. De plus l'analyse de l'agraphie périphérique des patients arabophone avec MA permet d'avancer l'hypothèse d'une atteinte graphémique, sub graphémique (appuyée par les erreurs portant sur les diacritiques) et post-graphémique (avec la présence d'erreurs allographiques). Nous allons discuter ces différents patterns d'agraphie périphérique à la lumière des



**Figure 1:** Type d'erreurs produites par les patients en sous-test d'écriture en MLSE

Patient	Type d'erreurs	Exemple
AF	Ajouts simples (n=1)	Dédoublage de consonnes في dans تغيير
AF	Substitutions simples (n=1)	Erreurs transdiacritiques: substitution du 3ème point sur ش par l'accent circonflexe ^
AF	Erreurs dans les patterns graphomoteurs (n=2)	- Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs des lettres غ س pour le mot غسل - Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs au début du mot avec fusion des lettres م ب
BM	Omissions simples (n=1)	Omission de Hamza sur Alif dans اسناني
BM	Erreurs allographiques (n=3)	- Erreur allographique dans l'utilisation de ة au lieu de ت dans نضفة - Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs des lettres ظ (présence du point diacritique sans le trait vertical) - Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs des lettres ظ (présence du point diacritique sans le trait vertical) dans نضيفة
RJ	Omissions simples (n=1)	Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs de type espacement des signes diacritique au-dessus de ش
HM	Omissions simples (n=1)	Absence du point diacritique dans ن (أن)
HM	Erreurs dans les patterns graphomoteurs (n=1)	La réalisation des traits kinétiques de عى dans على
MM	Omissions simples (n=2 / erreurs allographique (n=1) s/ graphomotrices (n=3)	Omission de lettre finale ن dans الاسنان Omission de Hamza sur Alif dans الاسنان
MMH	Erreurs dans les patterns graphomoteurs (n=3)	- Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs de type placement de diacritique « double fatha » sur غ - Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs de la lettre س - Erreur de réalisation des patterns graphomoteurs de la lettre س
MM	Jargonographie massive	

**Tableau 3:** Type d'erreurs produites par patients en sous-test d'écriture en MLSE

**Figure 2:** Type d'erreurs produites par les patients en sous-test d'écriture en MMSE

différentes études sur les buffers susmentionnés ainsi que les autres fonctions cognitives extralinguistiques à savoir les fonctions praxiques, visuo-spatiales, visuo-constructives, attentionnelles et exécutives.

### Patterns d'agraphie dans les sous-tests de l'écriture

Selon notre hypothèse, les erreurs du buffer graphémique et post-graphémique ont été produites simultanément par les patients avec MA modérée. Il est à rappeler que le buffer graphémique étant situé après le traitement lexical, les variables lexicales, telles que la fréquence et la classe grammaticale, ne devraient pas avoir d'influences sur les performances du patient.

Si nous considérons que les erreurs graphémiques et post-graphémiques observées chez nos patients sont dues à des altérations tant inter-buffers qu'intra-buffers, nos observations suggèrent que, en plus du buffer graphémique en arabe, il existe un buffer post-graphémique au niveau allographique et graphomoteur chez ces patients (El Alaoui Faris et al, 2004). Dans ce contexte, il serait surprenant que l'information morpho-syntaxique ou lexicale exerce une influence marquée dans ce pattern d'erreur graphémique (ce qui explique l'absence d'erreurs dérivationnelles et/ou lexicales). En effet, on peut supposer que la sélection syntaxique d'éléments lexicaux précède l'encodage graphémique et ne doit pas interférer avec les erreurs potentielles sur ce niveau de traitement plus périphérique. En effet, en Arabe, de nombreux mots sont morphologiquement composés d'affixes et de suffixes (Béland et Mimouni, 2001), ce qui pourrait entraîner des erreurs dérivationnelles qui ont été absentes dans la description écrite de nos patients dans les sous-tests du MMSE et du MLSE.

Cependant, des études antérieures ont révélé des conclusions divergentes (Hughes et al, 1997 ; McCarthy et al, 2004). Francesco et al (2019) ont

examiné les caractéristiques de l'écriture du sous-test du MMSE et ont trouvé une relation significative entre le contenu, la structure de la phrase et le score global MMSE. Ces résultats suggèrent que la progression du MCI (Mild cognitive impairment) vers la démence pourrait engendrer une perte progressive d'AT « la pensée abstraite ou abstract thinking », et à une tendance vers le CT « pensée concrète ou concrete thinking » en expression écrite. Une autre étude a montré que la mémoire, la capacité visuo-constructive et la pensée abstraite étaient particulièrement altérées chez les patients avec MCI comparés aux sujets contrôles. Comme le montre l'analyse intra-groupe, des corrélations significatives ont été rapportées entre : la note globale en MMSE et le nombre de mots écrits dans la phrase chez les patients avec DFT et ceux avec une démence vasculaire.

### Patterns d'agraphie périphérique dans l'écriture: le niveau du buffer graphémique

Le syndrome du buffer graphémique dont l'atteinte va retentir de façon identique sur les mots et non mots a été décrit par Caramazza et al (1987). En raison de sa fonction de mémoire de travail, une dégradation du buffer graphémique entraîne un effet de longueur et vu que nos patients avec MA ont présenté des déficits en MDT, nous supposons qu'un déficit au niveau de ce processus, nous oriente vers une atteinte du buffer graphémique. Les erreurs commises sont toutes des erreurs non phonologiquement plausibles, à type de substitutions, omissions, additions et transpositions. Cependant, nous n'avons pas testé chez nos patients l'effet de longueur de mots en écriture (copiée et sous-dictée) car le MLSE n'évalue que l'écriture spontanée. Une autre caractéristique d'une atteinte du buffer graphémique est la distribution des erreurs par rapport à la position du graphème dans le mot qui prédomine généralement toutes les positions de mots.

### **Patterns d'agraphie périphérique dans l'écriture : Atteinte du buffer graphémique vs statut des consonnes et les diacritiques**

Le fait que nos patients ont présenté un pattern d'écriture par une atteinte des consonnes et des diacritiques, nous fait penser à un mécanisme neural diffus sous-jacent à la lecture et/ou à l'écriture comme cela a été rapporté dans des études de neuro-imagerie en arabe (Bourisly et al, 2013) ou en hébreu (Weiss et al, 2015) . La dédiacritisation et les erreurs dans l'agencement et le pointage des signes diacritiques nous incite à réfléchir sur la présence d'un système neurocognitif encodant ces aspects typiques du script arabe. Des travaux antérieurs ont montré que, contrairement aux patients ayant subi des dommages limités au buffer graphémique (Buchwald et Rapp, 2006), les substitutions de lettres dans l'agraphie littérale ne respectent souvent pas le statut de consonne-voyelle (Destreri et al., 2000; Rapp et Caramazza, 1997).

### **Patterns d'agraphie périphérique dans l'écriture : Atteinte du buffer allographique**

Au niveau de l'architecture fonctionnelle de l'écriture, les allographes activent les patterns graphomoteurs, qui sont des représentations apprises spécifiant les mouvements (c'est-à-dire la séquence des traits d'écriture) nécessaires pour écrire la lettre sous la forme choisie. Les plans moteurs sont supposés être indépendants et aspécifique par rapport à des muscles ou des articulations spécifiques. Par conséquent, le plan graphomoteur pour l'écriture de la lettre (ب), pourrait assurer l'écriture de la lettre avec la main droite, la main gauche, le pied gauche, etc.

Il paraît difficile dans l'état actuel des recherches de parler de syndrome du buffer allographique dans la MA étant donné le peu d'observations publiées et leur diversité sémiologique (Cadola et al, 2019). Toutefois nous pouvons rassembler un certain nombre de spéculations liées à la perturbation d'un tel processus en relation avec les patterns neurolinguistiques de la langue arabe à la lumière des productions écrites de nos patients et les recherches actuelles en neurolinguistique.

Il est important de noter que nos patients avec MA ont montré un pattern d'agraphie en fonction de la position allographique de la lettre en arabe dans le mot. De telles erreurs allographiques étaient principalement des substitutions de lettre affectées par la position relative à l'intérieur du mot de la lettre cible ainsi que la similitude visuospatiale entre la lettre cible et la lettre de substitution. La présence d'effet de similitude graphomotrice ou visuospatiale sur les erreurs allographiques peut s'expliquer en partie l'hypothèse stipulée par Margolin, (1984) et El

Alaoui Faris et al (2004) à propos de la présence de systèmes parallèles et concomitants en écriture en arabe. Nous supposons que le choix des allographes pourrait être supervisé par « le buffer allographique » et que sa dissolution progressive dans l'écriture en Arabe des patients avec MA comme c'est le cas dans notre série, nous oriente vers une investigation éventuelle de la trajectoire de tels déficits sur le plan longitudinal pour appuyer cette hypothèse de « perte de connaissance allographique ». Cependant, le manque en termes d'études abordant ces processus périphériques en écriture en arabe ne permet pas d'étayer l'hypothèse actuelle vu qu'une partie de la recherche actuelle se focalise sur les agraphies centrales (Boumaraf et al, 2022) ou bien développementales (Khoury-Metanis et al, 2018).

### **Patterns d'agraphie périphérique dans l'écriture : Atteinte du buffer graphomoteur**

Les patients dans notre série ont présenté typiquement les patterns d'une atteinte post-graphémique au niveau allographique produisant des erreurs d'écriture qui affectent la forme de la lettre et sont caractérisées par des confusions de lettres ou l'omission dans les traits constituants d'une lettre ou encore l'aspect visuo-spatial, ainsi qu'au niveau graphomoteur.

D'une part, en approchant le buffer graphomoteur, bien que l'hypothèse d'une traduction des identités de lettre abstraites aux allographes en plans graphiques moteurs soit courante, certains théoriciens ont plutôt proposé de présenter directement les représentations de lettres abstraites sur des plans graphomoteurs (Menichelli et al., 2008). D'autre part, McCloskey et al (2018) stipulent que les processus post-graphémiques en écriture transforment les représentations de lettres abstraites en représentations « cinétiques » de mouvements d'écriture. Ils ont décrit le patient NGN ayant un déficit acquis en écriture post-graphémique. La plupart des erreurs impliquant des substitutions de lettres. Le déficit de NGN a des effets sur les plans graphomoteurs, qui spécifient les traits d'écriture pour la production de lettres.

### **Modélisation cognitive des agraphies en Arabe**

La plupart des modèles en écriture ont été élaborés à partir d'études psycholinguistiques, neuropsychologiques, neuroanatomiques et clinico-pathologiques (Macoir et al, 2021, Chen et al, 2023). Les premiers modèles de la production écrite ont été élaborés à partir d'erreurs produites par des patients agraphiques qui ont mis en évidence des doubles dissociations entre des troubles liés à la préparation du message (aux niveaux sémantiques, syntaxiques, phonologiques, orthographiques) et ceux de nature motrice (allographiques, kinesthésiques, voire visuo-attentionnels). Cela a conduit la plupart auteurs à

aborder la production écrite selon une approche dichotomique en distinguant les processus centraux et périphériques (Margolin, 1984). La modélisation des processus centraux a été réalisée sur la base des erreurs en écriture des patients alors que celle des processus périphériques a porté sur des erreurs de traitement moteur qui se traduisaient par des déformations spatiales lors de la production du tracé.

Les échantillons de chaque patient de notre série ont été détaillés et calculés en termes d'erreurs selon la méthodologie qui a été précédemment décrite par Caramazza et al, (1987) et Catricalà et al (2017), tout en appliquant un modèle d'architecture de l'écriture en arabe à partir des travaux de Roeltgen et al., (2003) et McCloskey et al (2018). Sur la base de ces modèles, nous avons estimé l'atteinte fonctionnelle dans l'architecture du système écrit chez nos patients (figure 3). L'écriture manuscrite peut se produire via des processus lexicaux ou sublexicaux. Nous suggérons que la commande arrive au niveau du buffer graphémique qui est décomposable en multiples sous-buffers : Identités abstraites de lettres en arabe ; diacritiques ; voyelles et ordre CV. La forme du mot est conservée dans le buffer graphémique tandis qu'au niveau post-graphémique les allographes requis (c'est-à-dire les formes de lettres) et les patterns graphomoteurs associés sont sélectionnés, arrangés et produits au niveau de chaque sous-buffers (paramétrisation musculaire, paramétrisation spatio-temporelle). Ensuite, la commande arrive au niveau de l'aire graphémique pour la programmation graphique de sortie et l'exécution musculaire.

### **Agraphies périphériques vs atteintes praxiques**

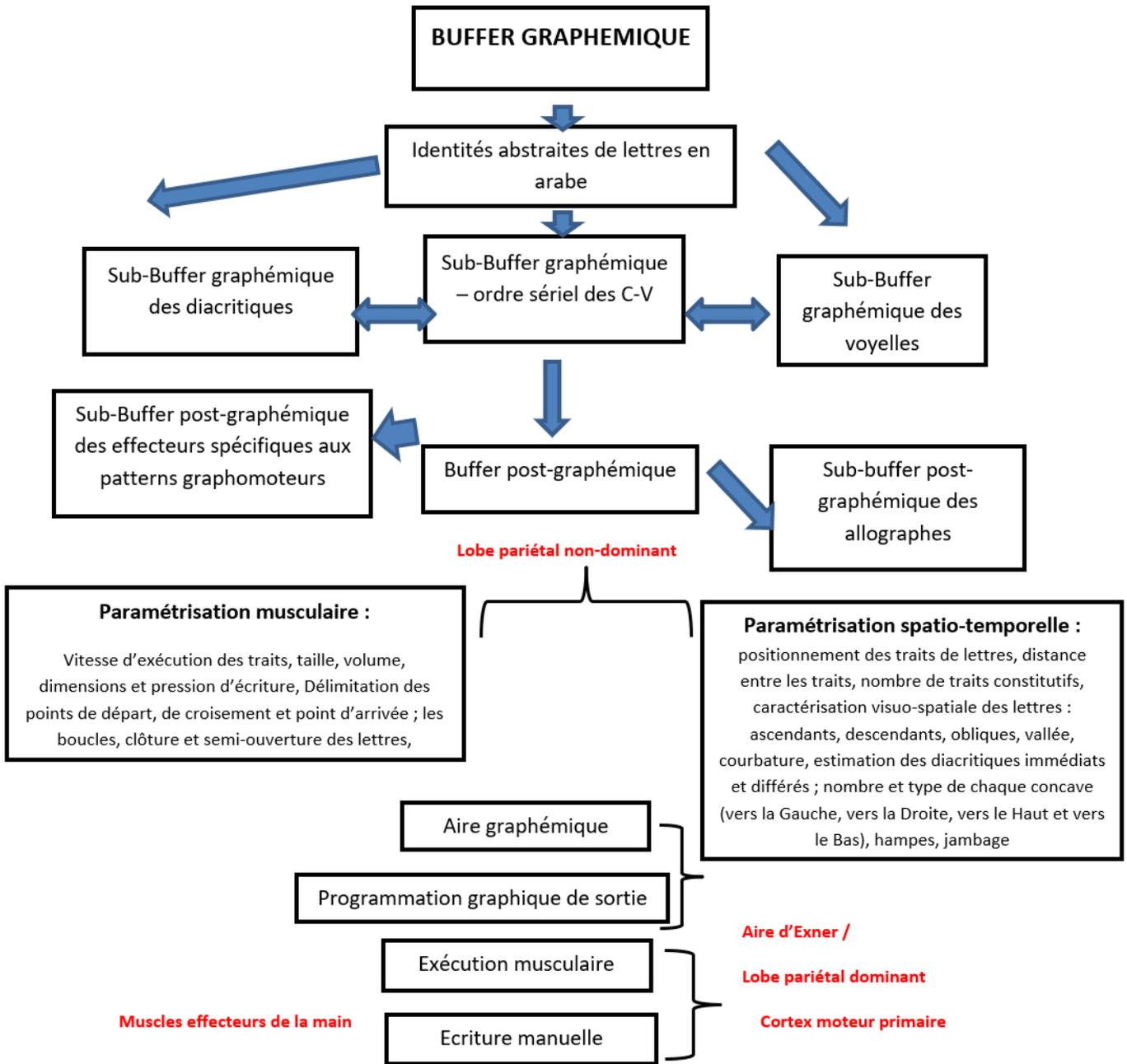
L'apraxie est cliniquement séparable par rapport à d'autres dysfonctionnements cognitifs, cependant elle a le potentiel d'interférer avec les différentes fonctions linguistiques y compris l'écriture en tant qu'interface où se croise les mécanismes idéatoires, idéomoteurs, visuo-perceptifs, visuo-spatiaux et visuo-constructifs. Fukui et Lee (2008) ont décrit 3 patients présentant une agraphie progressive inaugurale en Kanji (morphogrammes japonais) associée à des troubles dans l'écriture du Kana (syllabogrammes japonais). L'agraphie était compatible avec une atteinte des mécanismes périphériques, basé sur des déficits à l'interface entre la sélection centrale des lettres et l'exécution graphomotrice (Patient 1) ou également au stade de la sélection centrale des lettres (Patients 2 et 3). L'émergence concomitante ou ultérieure d'une aphasia non fluente, d'une apraxie idéomotrice, d'un dysfonctionnement exécutif et d'un syndrome asymétrique akinétique-rigide chez deux patients suggérait des processus dégénératifs impliquant les régions pariéto-occipito-temporales, les noyaux gris centraux et les projections striato-frontales. Les

auteurs ont proposé que l'agraphie progressive puisse être l'un des premiers symptômes de la démence neurodégénérative telle que la dégénérescence corticobasale.

Quant à la corrélation entre l'agraphie, l'apraxie idéomotrice et les troubles visuo-constructifs, Macoir et al (2011) ont rapporté IV qui présentait également une démence cortico-basale avec une apraxie idéomotrice et constructive sévère ainsi que des difficultés d'écriture plus marquées pour les lettres et les mots que pour les chiffres. Pour l'écriture alphabétique, ces difficultés étaient moins marquées en copie par rapport à l'écriture sous-dictée. En revanche, pour les chiffres, les productions graphiques de IV étaient meilleures pour la dictée que pour la copie. Les analyses de la production graphique de IV en fonction du nombre de traits suggèrent que la complexité graphomotrice a influencé les performances du patient en écriture alphabétique. Comme l'ont souligné Anderson et al. (1990), les lettres et les chiffres diffèrent en ce qui concerne la séquence précise des traits. Selon ces auteurs, la dissociation entre les lettres et les chiffres pourrait être interprétée comme un déficit visuo-constructif affectant uniquement le domaine de l'écriture alphabétique. Même si une telle interprétation pourrait être avancée pour le patient d'Anderson qui ne présentait pas d'apraxie associée, elle ne pourrait pas être proposée en IV car il présentait une apraxie idéomotrice et visuo-constructive sévère.

D'une part, la prépondérance des erreurs idéomotrices chez les patients avec MA a été rapportée par Edwards et al (1991) qui ont étudié sa prévalence et sa gravité à chaque stade de la MA (n=142) et chez les sujets sains (n=113). 35% des patients avec MA légère, 58% avec une MA modérée, et 98% des sujets avec une MA sévère ont eu différents patterns d'apraxie. L'apraxie idéomotrice était apparente dans la MA légère, tandis que l'apraxie idéatoire a été trouvée seulement dans la MA modérée et sévère. Les auteurs ont suggéré que l'apraxie idéomotrice explique probablement la perte de l'indépendance fonctionnelle dans la MA.

D'autre part, en ce qui concerne l'apraxie motrice et idéomotrice qui se caractérisent par une incapacité à réaliser les pantomimes et/ou à imiter les gestes, Stamenova et al (2014) ont décrit de manière exhaustive les apraxies observées chez les patients ayant une MA (n=30) et ont corrélé ces déficits à l'efficacité cognitive globale, aux tests de l'activité quotidienne et à d'autres tests neuropsychologiques. Les patients avec MA ont été altérés dans différentes épreuves de production de gestes : l'imitation des gestes a été très altérée, par opposition à la pantomime, qui a été particulièrement prononcée quand les patients imitaient avec un retard. La



**Figure 3:** Modèle neuropsychologique proposé du traitement de l'écriture en langue Arabe au niveau du buffer graphémique et post-graphémique ainsi que ses sous

performance d'imitation a été mieux prédite par des tests du traitement visuospatial, tandis que l'imitation différée a été mieux prédite par des tests de la mémoire de travail. En outre, la pantomime en réponse à des images d'outils était moins précise que la pantomime sur commande verbale et la tenue de l'outil pendant la réalisation du geste n'a pas diminué les déficits des patients, tandis que l'introduction d'un signal verbal pendant l'imitation a augmenté la sévérité des déficits. Il s'est avéré que la nature des déficits praxiques des membres observés dans la MA peut être assez hétérogène et que des dissociations existent entre le système conceptuel et le système de production.

En dehors des troubles neurodégénératifs, Zettin et al (2007) ont rapporté le cas A.G qui présentait une agraphie apraxique secondaire à une encéphalite. Ce déficit sélectif d'écriture manuscrite en absence de troubles des fonctions intellectuelles, linguistiques et visuo-constructives. La plupart des paragraphes consistaient en des lettres incomplètes et mal formées ainsi que des substitutions de lettres. La copie de mots était aussi altérée que l'écriture sous dictée. Selon les modèles cognitifs d'écriture, le pattern des erreurs d'A.G. est cohérent avec une atteinte spécifique du buffer graphomoteur. Les auteurs ont qualifié ce déficit en tant qu'agraperie « apraxique idéomotrice » par opposition à l'agraperie « apraxique idéationnelle » qui consiste en un déficit dans l'écriture de lettres simples avec préservation de l'écriture en copie.

#### **Agraphies périphériques vs atteintes attentionnelles et exécutives**

Dans le cadre des associations possibles entre les agraphies périphériques et les autres fonctions extralinguistiques, les fonctions exécutives y jouent un rôle crucial en termes de maintien en mémoire de travail (MDT) des séquences de lettres en vue de les écrire dans les différentes modalités (copie, écriture spontanée et sous-dictée). Dans ce contexte, Ardilla et Surloff (2009) ont rapporté 3 cas de patients avec une nouvelle entité nosologique appelée agraperie dysexécutive. Un tel trouble se manifeste par des aspects complexes de l'écriture, tels que la planification, la cohérence narrative et le maintien de l'attention, soient considérablement perturbés en cas de déficiences des fonctions exécutives.

Un autre pattern qui est conforme avec les données de la littérature, concerne le déficit en mémoire à court terme se produit dans les premiers stades de la MA. Ces déficits sont clairement associés à la MDT et peuvent être articulés avec la notion d'administrateur central telle que proposée par Baddeley (2003). Ainsi, la plupart des chercheurs ont conclu que les déficits verbaux en mémoire de travail dans la MA sont liés au dysfonctionnement de l'administrateur central (Morris et Baddeley, 1988), de ce fait, ils ont attribué la

réduction de la durée de mémoire pour les items verbaux au dysfonctionnement de la boucle phonologique (White et Murphy, 1998).

D'autres chercheurs comme Belleville et al (1996), ont examiné les composants phonologiques et attentionnels de la mémoire de travail chez les sujets avec MA, qui ont montré un empan réduit alors qu'ils étaient sensibles à la longueur de mot. Cependant, l'effet de la similitude phonologique sur le rappel immédiat était très réduit. Il y avait également un déficit significatif dans une épreuve qui a évalué la composante attentionnelle en mémoire de travail.

Cependant, d'autres études indiquent que ce déficit en MDT est initialement faible et implique principalement la perturbation de l'administrateur central avec une relative préservation en mémoire immédiate. Ce n'est qu'au stade avancé de la MA que tous les aspects du système de mémoire de travail sont compromis (Baddeley et al., 1991; Collette et al. 1999). Conformément à ce modèle, les patients atteints de MA au stade léger sont souvent confrontés à des tâches d'attention complexes qui dépendent de l'allocation efficace des ressources attentionnelles (p. ex., double tâche ou multitâche) ou qui nécessitent un désengagement efficace et un transfert d'attention (Perry et Hodges, 1999). En revanche, la capacité de se concentrer et de maintenir l'attention n'est habituellement affectée qu'aux stades avancés de la maladie.

Dans une autre perspective, l'un des modèles neuropsychologiques qui a réussi à expliquer un certain nombre de caractéristiques communes, dans les domaines du langage écrit et de la mémoire de travail, est celui de mise en file d'attente concurrentielle (CQ= Competitive Queuing) (Glasspool et al, 2006). Les auteurs ont conceptualisé ce modèle pour expliquer de nombreux effets sur l'écriture des patients agraphiques qui sont attribués à la perturbation du « buffer graphémique de sortie= Graphemic output buffer ». Cependant, la localisation d'une telle composante dans le système orthographique soulève la question de savoir ce qui se passe lorsque l'entrée dans le buffer (par exemple à partir d'un système sémantique) est altérée alors que le buffer reste intact.

Dans le cadre des explorations des fonctions exécutives, le test de l'horloge (CDT ou Clock Drawing Test) a été proposé comme instrument de dépistage neuropsychologique utile pour la MA en raison de sa sensibilité aux déficits visuo-constructifs, visuo-perceptifs et conceptuels (Tuokko et al. 1992 ; Cahn et al, 1996), qui sont couramment observés dans la MA. Dans cette dernière, le déficit constaté dans les épreuves de mémoire sémantique serait causé par l'implication probable des systèmes de contrôle attentionnel et exécutif. Par conséquent, les épreuves de

fluence qui permettent d'évaluer l'intégrité de la mémoire sémantique tout en minimisant l'influence de ces systèmes peuvent nous éclairer sur l'existence de domaines amodaux ou spécifiques à une représentation en mémoire sémantique. Les performances des patients avec MA peuvent être attribuées à des perturbations dans le traitement et/ou l'organisation de la mémoire sémantique (Martin et Fedio, 1983).

Les tests de fluence : littérale appelés aussi « phonémique » et catégorielle « sémantique ou lexicale », sont associés à de multiples processus cognitifs, y compris la recherche en mémoire sémantique, la sélection de la représentation sémantique, l'accès à la représentation phonémique correspondante, la planification motrice, l'articulation des mots sélectionnés (Henry et al., 2004), la mémoire et l'inhibition des mots précédemment dénommés (Davis et al., 2010). Les fluences sémantiques et phonologiques ont été déterminées comme un signe de détérioration sémantique aux premiers stades de la MA et du MCI (Laws, Duncan et Gale, 2010). La performance en fluence sémantique était inférieure dans la MA, par rapport à la fluence phonologique (Taler et Phillips, 2008). L'explication possible est que la fluence sémantique exige plus l'intégrité du réseau sémantique, même si les deux mesures sont équivalentes dans la sensibilité des processus exécutifs et de l'effort en récupération (Henry et al., 2004).

### Limites de notre étude

Bien que la présente étude a permis d'avoir des résultats préliminaires, il a été difficile de recruter des patients du sexe féminin en raison de leur statut d'analphabète en majorité. Il y a également une limitation pour généraliser les résultats en raison de la taille réduite de l'échantillon. En outre, les résultats de la présente étude ne peuvent pas être généralisés à une population plus large de patients avec MA malgré l'utilisation du paradigme des séries de cas. Cependant, le complexe neuropsycholinguistique dans la MA est une condition extrêmement hétérogène et un continuum dont chaque patient se présente avec différents symptômes et des niveaux de détérioration au niveau de l'écriture.

Pourtant dans une série de cas, on a le potentiel de comprendre cette hétérogénéité pour faire avancer la théorie. C'est ce défi qui a été relevé dans notre étude et qui confirme encore une fois que l'apport de la neuropsychologie cognitive dans la compréhension et l'interprétation des déficits chez nos patients arabophones nous a révélé des associations intéressantes en dépit de l'hétérogénéité des profils.

L'écriture nécessite non seulement des processus langagiers mais également la mise en œuvre de processus praxiques, perceptivo-moteurs, visuo-

constructifs, attentionnels, exécutifs et mnésiques. Actuellement, il manque des modèles théoriques intégrant tous ces processus. Dans notre travail, nous n'avons pas pu les intégrer dans un seul modèle explicatif de l'écriture en arabe. Cependant la mémoire de travail a été considérée car elle est impliquée dans le traitement des différents buffers périphériques qui nous intéressent pour expliquer les patterns des paragrahies dans cette série de cas.

Il sera utile dans une étude ultérieure de recruter plus de patients des deux sexes ainsi que de les comparer à des participants normaux et d'autres présentant une agraphie en post-AVC. Sur le plan psycholinguistique, l'utilisation des sous-tests du MMSE et du MLSE ne permettent pas d'avoir une idée plus précise sur l'effet de longueur graphémique, de la fréquence lexicales et de la complexité orthographiques afin de confirmer davantage l'hypothèse d'une atteinte éventuelle de la mémoire verbale ainsi que le buffer graphémique. Une évaluation avec des échelles composites sur des sujets contrôles permettent une étude plus approfondie des mécanismes à la fois centraux et périphériques de l'écriture en Arabe.

### Conclusion

Conformément à nos hypothèses, la contribution des mécanismes périphériques dans l'écriture avec une atteinte de plusieurs buffers au niveau graphémique, sub-graphémique (appuyée par les erreurs portant sur les diacritiques) et post-graphémiques (avec la présence d'erreurs allographiques) a été objectivé aussi bien dans cette série de cas que dans d'autres études sur l'agraphie par atteinte de ces mécanismes (El Alaoui Faris et al, 2004 ; McCloskey et al 2018 ; Taiebne et al, 2021b). De plus, l'omission des signes diacritiques est une caractéristique visuo-spatiale typique de l'écriture arabe qui explique ces paragrahies d'allure allographiques.

Malgré les limitations dans le sous-test d'écriture de phrase du MMSE et de la description écrite induite dans le MLSE, la présente étude a montré que patients marocains atteints de MA modérée, qui ont participé à l'étude, avaient des patterns d'agraphie qui sont semblables à ceux rapportés dans les langues avec un système de correspondance opaque entre des phonèmes-graphèmes comme l'anglais, ainsi que ceux avec un système de conversion transparent comme l'italien.

Il reste à noter que les troubles d'écriture dans la MA devrait être appréhendés d'une façon intégrative et holistique en explorant aussi bien les fonctions linguistiques qu'extralinguistiques (fonctions exécutives, attentionnelles, mnésiques, praxiques, visuo-spatiales et visuo-constructives). De telles associations permettront d'étudier les mécanismes sous-jacents dans les différentes variantes typiques et atypiques de la MA.

En conclusion, nous espérons que cette étude encouragera d'autres recherches dans le domaine de l'agraphie dans les maladies neurodégénératives en langue arabe, dans le but de développer une meilleure compréhension des relations entre le système linguistique typique de la langue arabe et les différents patterns dans les modalités extralinguistiques avec une approche basée sur la neuropsychologie cognitive et spécifiquement adaptée à la langue arabe. Une telle évaluation sera bénéfique pour mettre en place une revalidation centrée sur les déficits spécifiques de chaque patient arabophone et non-pas sur la pathologie d'une façon non-spécifique et « universelle ».

### Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en rapport avec cet article.

### Remerciements

Les auteurs remercient les patients qui ont participé à cette étude .

### Références

- Abu-Rabia, S., & Taha, H. (2004). Reading and spelling error analysis of native. *Reading and Writing*, 17(7), 651-690.
- Akanuma, K., Meguro, K., Meguro, M., Chubaci, R. Y. S., Caramelli, P., & Nitrini, R. (2010). Kanji and Kana agraphia in mild cognitive impairment and dementia: A trans-cultural comparison of elderly Japanese subjects living in Japan and Brazil. *Dementia & Neuropsychologia*, 4(4), 300.
- Aldera M and Balasubramanian V (2019). Acquired Dysgraphia in Arabic Orthography: A Case-Series Analyses. Conference Abstract: Academy of Aphasia 55th Annual Meeting.
- Aldera M, Bredin E and Balasubramanian V (2014). Crossed Dysgraphia: A case Report. Front. Psychol. Conference Abstract: Academy of Aphasia -- 52nd Annual Meeting.
- Alzheimer, A. (1907). On a peculiar disease of the cerebral cortex. *Centralblatt für Nervenheilkunde Psychiatrie*, 30(1), 177-179.
- Alzheimer, A. (1911). Über eigenartige Krankheitsfälle des späteren Alters. *Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie*, 4(1), 356-385.
- Anderson, S. W., Damasio, A. R., & Damasio, H. (1990). Troubled letters but not numbers: Domain specific cognitive impairments following focal damage in frontal cortex. *Brain*, 113(3), 749-766.
- Ardila, A., & Surloff, C. (2006). Dysexecutive agraphia: a major executive dysfunction sign. *International Journal of Neuroscience*, 116(5), 653-663.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* Vol. 8 (pp. 47-89). New York: Academic Press
- Baddeley, A. D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R., & Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease: A longitudinal study. *Brain*, 114(6), 2521-2542.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews neuroscience*, 4 (10), 829.
- Baxter, D. M., & Warrington, E. K. (1986). Ideational agraphia: a single case study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 49(4), 369-374.
- Béland, R., & Mimouni, Z. (2001). Deep dyslexia in the two languages of an Arabic/French bilingual patient. *Cognition*, 82(2), 77-126.
- Belleville, S., Peretz, I., & Malenfant, D. (1996). Examination of the working memory components in normal aging and in dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychologia*, 34(3), 195-207.
- Black, S. E., Behrmann, M., Bass, K., & Hacker, P. (1989). Selective writing impairment: Beyond the allographic code. *Aphasiology*, 3(3), 265-277.
- Boudelaa, S., Norris, D., Mahfoudhi, A., & Kinoshita, S. (2019). Transposed letter priming effects and allographic variation in Arabic: Insights from lexical decision and the same-different task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 45(6), 729.
- Boudelaa, S., Perea, M., & Carreiras, M. (2020). Matrices of the frequency and similarity of Arabic letters and allographs. *Behavior Research Methods*, 1 -13.
- Boumaraf, A., Bekal, S., & Macoir, J. (2022). The Orthographic Ambiguity of the Arabic Graphic System: Evidence from a Case of Central Agraphia Affecting the Two Routes of Spelling. *Behavioural Neurology*, 2022.
- Bourisly, A. K., Haynes, C., Bourisly, N., & Mody, M. (2013). Neural correlates of diacritics in Arabic: An fMRI study. *Journal of Neurolinguistics*, 26(1), 195-206.
- Buchwald, A., & Rapp, B. (2006). Consonants and vowels in orthographic representations. *Cognitive Neuropsychology*, 23(2), 308-337.
- Cadola, L., Marquis, R., & Champod, C. (2019). Le processus d'écriture et la maladie d'Alzheimer: Un état de l'art. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 52(2), 53-77.
- Cahn, D. A., Salmon, D. P., Monsch, A. U., Butters, N., Wiederholt, W. C., Corey-Bloom, J., & Barrett-Connor, E. (1996). Screening for dementia of the Alzheimer type in the community: the utility of the Clock Drawing Test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 11(6), 529-539.

- Caramazza, A., Miceli, G., Villa, G., & Romani, C. (1987). The role of the graphemic buffer in spelling: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Cognition*, 26(1), 59-85.
- Catricalà, E., Gobbi, E., Battista, P., Miozzo, A., Polito, C., Boschi, V., ... & Cappa, S. F. (2017). SAND: a Screening for Aphasia in NeuroDegeneration. Development and normative data. *Neurological Sciences*, 38(8), 1469-1483.
- Charcot, J. B., & Dutil, A. (1893). Sur un cas d'agraphie motrice suivi d'autopsie. *Comptes rendus de la société biologique (Paris)*, 9, 129-133.
- Chen, H., Pan, X., Bickerton, W. L., Lau, J. K., Zhou, J., Zhou, B., ... & Rotshtein, P. (2019). Delineating the cognitive-neural substrates of writing: a large scale behavioral and voxel based morphometry study. *Scientific Reports*, 9(1), 18881.
- Chen, H., Yu, S., Pan, X., Chen, Y., Zhang, T., Li, Z., ... & Rotshtein, P. (2023). The Cognitive Makeup of Writing: Multivariate Analysis of Writing Impairments Following Stroke. *Cognitive Computation*, 15(1), 220-237.
- Collette, F., Van der Linden, M., Bechet, S., & Salmon, E. (1999). Phonological loop and central executive functioning in Alzheimers disease. *Neuropsychologia*, 37(8), 905-918.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological review*, 108(1), 204.
- Croisile, B., Ska, B., Brabant, M. J., Duchene, A., Lepage, Y., Aimard, G., & Trillet, M. (1996). Comparative study of oral and written picture description in patients with Alzheimer's disease. *Brain and language*, 53(1), 1-19.
- Davis, C., Heidler-Gary, J., Gottesman, R. F., Crinion, J., Newhart, M., Moghekar, A., ... & Hillis, A. E. (2010). Action versus animal naming fluency in subcortical dementia, frontal dementias, and Alzheimer's disease. *Neurocase*, 16(3), 259-266.
- De Bastiani, P., & Barry, C. (1989). A cognitive analysis of an acquired dysgraphic patient with an "allographic" writing disorder. *Cognitive Neuropsychology*, 6(1), 25-41.
- De Lucia, N., Grossi, D., & Trojano, L. (2015). The genesis of graphic perseverations in Alzheimer's disease and vascular dementia. *The Clinical Neuropsychologist*, 29(7), 924-937.
- Delazer, M., Zamarian, L., & Djamshidian, A. (2021). Handwriting in Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 82(2), 727-735.
- Destreri, N. D. G., Farina, E., Alberoni, M., Pomati, S., Nichelli, P., & Mariani, C. (2000). Selective uppercase dysgraphia with loss of visual imagery of letter forms: A window on the organization of graphomotor patterns. *Brain and Language*, 71(3), 353-372.
- Edwards, D. F., Baum, C. M., & Deuel, R. K. (1991). Constructional apraxia in Alzheimer's disease: Contributions to functional loss. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, 9(3-4), 53-68.
- El Alaoui-Faris, M., Benbelaid, F., Alaoui, C., Tahiri, L., Jiddane, M., Amarti, A., & Chkili, T. (1994). Alexia without agraphia in the Arabic language. Neurolinguistic and MRI study. *Revue neurologique*, 150(11), 771-775.
- El Alaoui, F.M., Benabdljlil, M., Boutazout, M., Mouji, F., Agoulmame, M., Rahmani, M., Berremdane, M., Ait Benhaddou, H., Ettahiri, L. and Chkili, T. (2003) Adaptation et validation du Mini-Mental State Examination (MMSE) en Arabe. *Revue de Neurologie*, 159, 146.
- El Alaoui-Faris., Benbelaid, F., Ettahiri, L., Jiddane, M., & Chkili, T. (2004). Agraphie pure en arabe: dissociation entre voyelles et consonnes syndrome du buffer graphémique. *Revue Neurologique*, 160 (10), 964.
- Ellis A.W. (1988), Normal writing processes and peripheral acquired dysgraphias, *Language and Cognitive Processes*. 3, 99-127.
- Exner, S. (1881). Untersuchungen über die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen. Braumüller.
- 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.
- Francesco, C., Angela, M., Lilla, B., Federica, I., Viviana, L. B., Antonella, A., ... & Silvia, M. (2019). "Sentence Writing" in the Mini Mental State Examination: A Possible Marker for Progression of Mild Cognitive Impairment to Dementia. *Neuropsychiatry*, 9(3), 2353-2358.
- Fukui, T., & Lee, E. (2008). Progressive agraphia can be a harbinger of degenerative dementia. *Brain and language*, 104(3), 201-210.
- Glasspool, D. W., Shallice, T., & Cipolotti, L. (2006). Towards a unified process model for graphemic buffer disorder and deep dysgraphia. *Cognitive Neuropsychology*, 23(3), 479-512.
- Glosser, G., & Kaplan, E. (1989). Linguistic and nonlinguistic impairments in writing: A comparison of patients with focal and multifocal CNS disorders. *Brain and Language*, 37(3), 357-380.
- Glosser, G., Kohn, S. E., Sands, L., Grugan, P. K., & Friedman, R. B. (1999). Impaired spelling in Alzheimers disease: a linguistic deficit?. *Neuropsychologia*, 37(7), 807-815.
- Gorno-Tempini, M. L., Hillis, A. E., Weintraub, S., Kertesz, A., Mendez, M., Cappa, S. F., Ogar, J. M., Rohrer, J. D., Black, S., Boeve, B. F., Manes, F., Dronkers, N. F., Vandenberghe, R., Rascovsky, K., Patterson, K., Miller, B. L., Knopman, D. S.,

- Hodges, J. R., Mesulam, M. M., & Grossman, M. (2011). Classification of primary progressive aphasia and its variants. *Neurology*, 76(11), 1006–1014.
- Heilman, K. M., Coyle, J. M., Gonyea, E. F., & Geschwind, N. (1973). Apraxia and agraphia in a left-hander. *Brain*, 96(1), 21–28.
- Heilman, K. M., Gonyea, E. F., & Geschwind, N. (1974). Apraxia and agraphia in a right-hander. *Cortex*, 10(3), 284–288.
- Henry, J. D., Crawford, J. R., & Phillips, L. H. (2004). Verbal fluency performance in dementia of the Alzheimer's type: a meta-analysis. *Neuropsychologia*, 42(9), 1212–1222.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1989). The graphemic buffer and attentional mechanisms. *Brain and language*, 36(2), 208–235.
- Hillis, A. E., Rapp, B. C., & Caramazza, A. (1999). When a rose is a rose in speech but a tulip in writing. *Cortex*, 35(3), 337–356.
- Hughes, J. C., Graham, N., Patterson, K., & Hodges, J. R. (1997). Dysgraphia in mild dementia of Alzheimer's type. *Neuropsychologia*, 35(4), 533–545.
- Indefrey, P., & Levelt, W. J. (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 92(1–2), 101–144.
- Kay, J., Lesser, R., & Coltheart, M. (1992). PALPA: Psycholinguistic Assessments of Language Processing in Aphasia. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kellogg, R. T., Whiteford, A. P., Turner, C. E., Cahill, M., & Mertens, A. (2013). Working memory in written composition: An evaluation of the 1996 model. *Journal of Writing Research*, 5(2), 159–190.
- Khoury-Metanis, A., Asadi, I. A., & Khateb, A. (2018). The contribution of basic linguistic skills to handwriting among fifth-grade Arabic-speaking children. *Writing Systems Research*, 10(2), 95–110.
- Krajenbrink, T., Nickels, L., & Kohnen, S. (2021). Serial position effects in graphemic buffer impairment: An insight into components of orthographic working memory. *Cognitive Neuropsychology*, 38(2), 153–177.
- Lambert, J., Eustache, F., Viader, F., Dary, M., Rioux, P., Lechevalier, B., & Traverre, J. M. (1996). Agraphia in Alzheimer's disease: An independent lexical impairment. *Brain and Language*, 53(2), 222–233.
- Laws, K. R., Duncan, A., & Gale, T. M. (2010). 'Normal' semantic–phonemic fluency discrepancy in Alzheimer's disease? A meta-analytic study. *Cortex*, 46(5), 595–601.
- Macoir, J., Plante, V., Bier, N., & Routhier, S. (2011). The specificity of notation codes in apraxic agraphia: dissociation between Arabic and alphabetical scripts in a patient with severe ideomotor and visuoconstructional apraxia. *Neurocase*, 17(1), 11–23.
- Macoir, J., Monetta, L., & Wilson, M. (2014). Les troubles du langage dans les principales formes de démence et dans les aphasies primaires progressives: mise à jour à la lumière des nouveaux critères diagnostiques. *Gériatrie et psychologie neuropsychiatrie du vieillissement*, 12(2), 199–208.
- Macoir, J., Légaré, A., & Lavoie, M. (2021). Contribution of the cognitive approach to language assessment to the differential diagnosis of primary progressive aphasia. *Brain sciences*, 11(6), 815.
- Margolin, D. I. (1984). The neuropsychology of writing and spelling: Semantic, phonological, motor, and perceptual processes. *The quarterly journal of experimental psychology*, 36(3), 459–489.
- Martin, A., & Fedio, P. (1983). Word production and comprehension in Alzheimer's disease: The breakdown of semantic knowledge. *Brain and language*, 19(1), 124–141.
- McCarthy, F., Kennedy, F., Duggan, J., Sheehan, J., & Power, D. (2004). A retrospective analysis of the sentence writing component of Folstein's MMSE. *Irish journal of psychological medicine*, 21(4), 125–127.
- McCloskey, M., Reilhac, C., & Schubert, T. (2018). A deficit in post-graphemic writing processes: Evidence for a graphomotor buffer. *Cognitive neuropsychology*, 35(8), 430–457.
- McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack, C. R., Jr, 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*, 7(3), 263–269.
- Meletis, D. (2019). The grapheme as a universal basic unit of writing. *Writing Systems Research*, 11(1), 26–49.
- Menichelli, A., Rapp, B., & Semenza, C. (2008). Allographic agraphia: a case study. *Cortex*, 44(7), 861–868.
- Morris, R. G., & Baddeley, A. D. (1988). Primary and working memory functioning in Alzheimer-type dementia. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 10(2), 279–296.
- Neils-Strunjas, J., Shuren, J., Roeltgen, D., & Brown, C. (1998). Perseverative writing errors in a patient with Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 63(3), 303–320.
- Nielsen, J. M. (1948) *Agnosia, Apraxia, Aphasia*, Hafner, New York
- Patel, N., Peterson, K. A., Ralph, M. L., Rowe, J. B., Patterson, K., Cappa, S., Ingram R., & Garrard, P. (2020). The Mini Linguistic State Examination (MLSE): A standardised tool to classify and monitor

- primary progressive aphasia: Neuropsychology/ Early detection of cognitive decline with neuropsychological tests. *Alzheimer's & Dementia*, 16, e040853.
- Perry, R. J., & Hodges, J. R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease: A critical review. *Brain*, 122(3), 383-404.
- Platel, H., Lambert, J., Eustache, F., Cadet, B., Dary, M., Viader, F., & Lechevalier, B. (1993). Characteristics and evolution of writing impairment in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 31(11), 1147-1158.
- Rapcsak, S. Z., & Rubens, A. B. (1990). Disruption of semantic influence on writing following a left prefrontal lesion. *Brain and language*, 38(2), 334-344.
- Rapp, B., & Caramazza, A. (1997). From graphemes to abstract letter shapes: levels of representation in written spelling. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 23(4), 1130.
- Roeltgen, D. P., & Heilman, K. M. (1983). Apractic agraphia in a patient with normal praxis. *Brain and Language*, 18(1), 35-46.
- Roeltgen, D. P., Rothi, L. G., & Heilman, K. M. (1986). Linguistic semantic agraphia: A dissociation of the lexical spelling system from semantics. *Brain and Language*, 27(2), 257-280.
- Roeltgen, D. P. (2003). Agraphia. In K. M. Heilman & E. Valenstein (Eds.), *Clinical. Page 18. Reading and Spelling. 17 neuropsychology* (4th ed., pp. 126-145)
- Roux, F. E., Draper, L., Köpke, B., & Démonet, J. F. (2010). Who actually read Exner? Returning to the source of the frontal "writing centre" hypothesis. *Cortex*, 46(9), 1204-1210.
- Seron, X., & Van der Linden, M. (2014). *Traité de neuropsychologie clinique. Tome 1. De Boeck*.
- Snowden, J. S., & Cappa, S. F. (2022). Chinese Writing and Primary Progressive Aphasia: A Window Into Brain and Cognition. *Neurology*, 98(22), 915-916.
- Stamenova, V., Roy, E. A., & Black, S. E. (2014). A model-based approach to limb apraxia in Alzheimer's disease. *Journal of neuropsychology*, 8(2), 246-268.
- Taiebine, M., & El Alaoui Faris, M. (2019). Neurolinguistic and acoustic study of logopenic primary progressive aphasia in Arabic. *Acta Neuropsychologica*, 17(4).
- Taiebine, M., Aidi, S., Benabdeljlil, M., & El Alaoui Faris M. (2017). Neurolinguistic Analysis of a Case of Crossed Apraxia of Speech in Arabic. *International Journal of Brain and Cognitive Sciences*, 6(2), 21-25.
- Taiebine, M., El Alaoui Faris, M. (2019). Neurolinguistic analysis of a case of phonological alexia in Arabic language. *Clinical Archives of Communication Disorders*, 4(2), 128-136.
- Taiebine, M., Diouny, S., Faris, M. E. A., Benabdeljlil, M., & Al Zemmouri, K. (2021a). Use of the Moroccan Arabic version of mini-linguistic state examination (MLSE) to study language disorders in patients with Alzheimer's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 429, 118992.
- Taiebine, M., Faris, M. E. A., Benabdeljlil, M., & Al Zemmouri, K. (2021b). A neuropsychological study of agraphia in Arabic in patients with Alzheimer's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 429.
- Taler, V., & Phillips, N. A. (2008). Language performance in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: a comparative review. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 30(5), 501-556.
- Tee, B. L., Kwan-Chen, L. Y. L., Chen, T. F., Yan, C. T., Tsoh, J., Chan, A. L. T., ... & Gorno-Tempini, M. L. (2022). Dysgraphia phenotypes in native Chinese speakers with primary progressive aphasia. *Neurology*, 98(22), e2245-e2257.
- Tuokko, H., Hadjistavropoulos, T., Miller, J. A., & Beattie, B. L. (1992). The Clock Test: a sensitive measure to differentiate normal elderly from those with Alzheimer disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 40(6), 579-584.
- Weeks, B. (2012). Acquired dyslexia and dysgraphia across scripts. *Behavioural Neurology*, 25, 159-163.
- Weiss, Y., Katzir, T., & Bitan, T. (2015). Many ways to read your vowels—Neural processing of diacritics and vowel letters in Hebrew. *NeuroImage*, 121, 10-19.
- White, D. A., & Murphy, C. F. (1998). Working memory for nonverbal auditory information in dementia of the Alzheimer type. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13(4), 339-347.
- Zettin, M., Cubelli, R., Perino, C., & Rago, R. (1995). Impairment of letter formation: The case of 'ideomotor' apraxic agraphia. *Aphasiology*, 9(3), 283-294.

---

Reçu le 25 aout 2022  
Révisés 05 fev 23 - 08 mars 2024  
Accepté le 24 mars 2024 ■