

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Canadian Society of Forensic Science Journal

ISSN: 0008-5030 (Print) 2332-1660 (Online) Journal homepage: https://www.tandfonline.com/loi/tcsf20

Le processus d'écriture et la maladie d'Alzheimer: Un état de l'art

Cadola Liv, Marquis Raymond & Champod Christophe

To cite this article: Cadola Liv, Marquis Raymond & Champod Christophe (2019): Le processus d'écriture et la maladie d'Alzheimer: Un état de l'art, Canadian Society of Forensic Science Journal, DOI: 10.1080/00085030.2019.1573792

To link to this article: https://doi.org/10.1080/00085030.2019.1573792

Published online: 04 Mar 2019.

Submit your article to this journal

Article views: 20

View Crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tcsf20

CANADIAN SOCIETY OF FORENSIC SCIENCE JOURNAL
https://doi.org/10.1080/00085030.2019.1573792

Check for updates

Le processus d'écriture et la maladie d'Alzheimer: Un état de l'art

Cadola Liv[a,b,c], Marquis Raymond[a] and Champod Christophe[a]

[a]Ecole des Sciences Criminelles, Faculté de droit, de sciences criminelles et d'administration publique, Université de Lausanne, Suisse; [b]Département de chimie, biochimie et physique, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada; [c]Laboratoire de recherche en criminalistique, Trois-Rivières, Canada

ABSTRACT

A document expert is often asked to evaluate the authenticity of writings. In a normal situation, the evaluation of the similarities and the discordances observed between a questioned sample and the reference material allows to support or infirm the hypothesis of authorship. However, when dealing with writing from aged people or people affected by a disease, the examination is more complex and natural variation can sometimes be confused with simulation's characteristics. It is the case with Alzheimer Disease (AD), a pathology that often develops in elderly and can change considerably, sometimes in a really short period of time, a person's handwriting. In those cases the expert can benefit from specific literature on the subject. Unfortunately, most of the papers are relevant to the medical fields and the impact of the disease on the writing process is presented in relation to a disruption at a particular writing process' level. In order to better understand the influence of AD on handwriting it is therefore fundamental to first understand the normal, healthy, process of text production. Once all the steps reviewed, it will be possible to decipher the impact of a deficit on a particular level on the resulting handwriting. This review aims at offering an overview of the influence of AD on handwriting by analyzing medical papers from a forensic point of view. This article is meant to help the document expert in cases where the questioned writing sample has been produced by a person affected by AD.

RÉSUMÉ

En présence d'une mention manuscrite contestée, qu'il s'agisse d'écriture ou de signature, l'expert en documents peut être sollicité pour se prononcer sur son authenticité. Dans les situations habituelles, une analyse du dynamisme, une recherche de signes de spontanéité ainsi qu'une évaluation des concordances et discordances observées entre une mention manuscrite contestée et du matériel de référence permettent de soutenir, ou non, cette hypothèse. Toutefois, dans le cadre d'écrits provenant de personnes âgées ou malades, l'opération se révèle plus difficile, les variations naturelles pouvant être confondues avec des signes d'imitation. C'est le cas de la maladie d'Alzheimer qui se développe souvent chez les personnes âgées et qui peut changer

MOTS-CLéS:
Processus d'écriture; Maladie d'Alzheimer; Médicaments; Expertise en écritures et signatures

KEY WORDS
writing process; Alzheimer disease; drugs; handwriting and signature examination

CONTACT Cadola Liv liv.cadola@uqtr.ca

© 2019 Canadian Society of Forensic Science

considérablement l'écriture d'une personne dans un laps de temps parfois court. Dans ces cas, l'expert bénéficie de la consultation de publications spécifiques. Toutefois, ces articles viennent souvent du domaine médical et l'impact de la pathologie sur le processus d'écriture est présenté en se référant à une perturbation à un niveau précis du processus d'écriture. Afin de comprendre au mieux l'influence de la maladie d'Alzheimer sur l'écriture, il est donc fondamental de comprendre le processus normal, sain, de production d'un texte. En effet, une fois les étapes décortiquées, il sera possible de comprendre l'impact sur le résultat écrit d'un déficit à un niveau précis du processus. Le but de cet état de l'art est celui de fournir un aperçu de l'influence de la maladie d'Alzheimer sur l'écriture à partir de résultats présentés par des articles médicaux discutés d'un point de vue de leur utilité forensique. Cet article se veut un soutien à l'expert en documents dans les cas où le matériel contesté a été produit par une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer.

Introduction

Allant de pair avec le vieillissement démographique, de nombreuses personnes atteignent un âge qui implique souvent la présence de pathologies. Cela ne manque pas de se réfléchir sur les cas traités par les experts en documents qui se trouvent de plus en plus confrontés à des expertises d'écritures de personnes âgées et/ou malades. Parmi les pathologies les plus fréquentes, on retrouve en tête de liste la maladie d'Alzheimer qui touche au Canada environ 564 000 personnes [1]. Selon cette même source, le problème ne fera que s'accentuer: on parle de 937 000 cas dans 15 ans.

Si la question de l'authenticité d'un document ne varie pas pour autant, des difficultés peuvent se rajouter suite à la pathologie. En effet, dans ces situations, les experts sont souvent portés à confronter du matériel en question datant d'après la maladie avec du matériel de référence antérieur et donc inadéquat. Cela est notamment dÛ au fait que les conditions psycho-physiques de la personne réduisent drastiquement la production de textes de par les difficultés et la douleur que l'acte d'écrire impliquent. Dans ces cas, il est important de connaître le degré de variation naturelle apporté par la maladie afin de le différencier des signes d'imitations. Le mécanisme naturel de production de l'écriture ainsi que l'effet de la pathologie doivent donc être étudiés avec une attention particulière dans ces cas.

Dans les paragraphes qui suivent le processus de production d'un texte par un scripteur non atteint par la maladie est présenté. Ensuite, l'article se concentre sur la maladie d'Alzheimer ainsi que son effet sur l'écriture et la signature du malade. Finalement les traitements disponibles pour pallier aux effets de la maladie et leur impact sur le graphisme sont présentés.

Le processus d'écriture naturel

Différentes études liées aux neurosciences se sont occupées, durant les dernières années, de caractériser les relations entre les grandes fonctions cognitives, parmi lesquelles figurent le langage et l'écriture. Leur méthode d'investigation repose, pour la majorité, sur l'observation et l'expérimentation réalisées sur des patients porteurs de

lésions cérébrales. Si, en principe, les études ont porté sur le langage oral, en considérant le langage écrit comme une conséquence du premier, ces dernières années l'attention s'est aussi portée sur l'écriture.

Ces études ont permis de mettre en évidence l'existence de différents mécanismes pour la production écrite des mots. Dans leur étude, Beauvois et Dérouesné [2], ont présenté un patient atteint au niveau cérébral qui comporte un déficit au niveau écrit non retrouvé au niveau oral. Son écriture de mots familiers contient de nombreuses erreurs, alors que des pseudo-mots[1] peuvent être écrits sans difficultés sous dictée. Depuis, d'autres études ont pu confirmer ce diagnostic [3–7]. La situation inverse a aussi été présentée par différentes études [8–10]. Ces constatations ont amené les chercheurs à proposer deux voies de production des mots qui seront par la suite définies en tant que: *voie lexicale et voie phonologique*. Ces deux voies sont rassemblées pour former *les processus centraux ou linguistiques* [11–13].

Les *processus centraux* englobent toute démarche cognitive impliquée dans la génération de l'orthographe d'un mot, peu importe la modalité de sortie: que ce soit de l'écriture, du langage oral ou une autre modalité [14–16]. A la suite des processus centraux, les différents modèles cognitifs introduisent aujourd'hui les *processus périphériques*, qui sont eux spécifiques à une modalité de sortie.

Dans le cadre de cet article, il a été décidé de présenter le modèle qui trouve le plus grand consensus. Ce modèle est en réalité le mélange de deux autres, issus de la neuropsychologie et du domaine du contrôle moteur: celui d'Ellis et Young [17] et celui de Van Galen [18] qui se trouvent être, sur plusieurs aspects, complémentaires. Les étapes principales du processus sont brièvement représentées dans la Figure 1 et détaillées dans les paragraphes qui suivent. Il faut toutefois rester conscient que de nombreux autres modèles existent comme celui de Margolin [19], celui de Goodman et Caramazza [4] ainsi que celui de Shallice [20].

Les processus centraux ou linguistiqes

Une fois reçu le stimulus pour écrire (par exemple sous forme de dictée) deux voies sont empruntées selon le type de mot (régulier[2], irrégulier ou ambigu[3] et pseudo-mot[4]) qui doit être produit.

La voie lexicale ou orthographe par voie d'adressage

Lors de l'utilisation de cette voie, la personne récupère la forme orthographique du mot dans un *stock orthographique* à long terme, ou *lexique graphémique*, une sorte de base de données de modes d'emploi de constructions du mot, que le sujet alimente tout au long de sa vie et principalement lors de sa scolarité. Les représentations des mots y sont contenues sous forme de séquences de graphèmes: des chaînes de lettres dans un format indépendant de la modalité de sortie (la chaîne reste la même qu'il s'agisse d'une phrase en majuscule ou en minuscule par exemple) [21]. Deux types de lexiques existent: le lexique sémantique (l'orthographe est choisie sur la base du sens du mot) et le non sémantique.

Cette voie est très utile lors de l'écriture de mots familiers qu'ils soient réguliers, irréguliers ou ambigus.

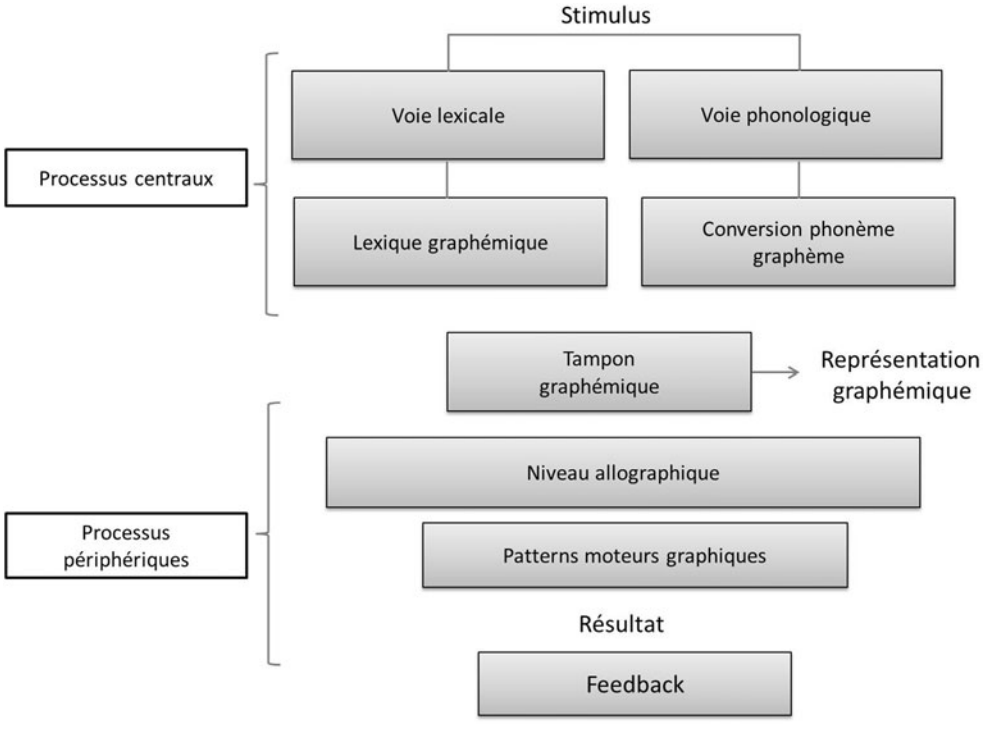


Figure 1. Les différentes étapes du processus d'écriture en l'état actuel des connaissances. Après un «stimulus» (par exemple sous forme de dictée) les processus centraux entrent en jeu, suivis des processus périphériques. Le «texte» créé est finalement produit sous forme écrite («résultat») et vérifié grâce aux mécanismes de feedback.

La voie phonologique ou l'orthographe par assemblage

Dans son livre, Zesiger [24] décrit l'utilisation de la voie phonologique par une suite de quatre processus principaux [21]:

1. Une première analyse acoustique phonétique
2. Le stockage temporaire de la représentation phonologique du stimulus dans un tampon phonologique
3. La découpe du stimulus en unités phonologiques lors d'une étape de segmentation
4. La traduction des unités de phonèmes (son) en graphèmes (correspondance graphique du son)

Cette voie acquiert toute son importance lors de la production de mots réguliers et de pseudo-mots. L'ordre de déroulement de ces étapes reste encore incertain.

Goodman et Caramazza [4] ont pu montrer, en suivant un patient, que lors de l'étape de traduction des phonèmes en graphèmes, la sélection d'un graphème se fait sous trois contraintes:

i. La fréquence relative d'occurrence d'une correspondance phonème-graphème dans la langue utilisée (p.ex. le son /i/ sera plus souvent traduit par i que par y)

ii. La position de l'unité dans la syllabe (p.ex. /k/ en anglais sera traduit en ck en fin de mot mais jamais en début)
iii. Le contexte (p.ex. le son /k/ ne sera pas traduit en c si il est suivi d'un i ou un e)

Même si ces contraintes semblent montrer que l'unité phonologique est de la taille de la syllabe au moins, ce point particulier fait toujours débat.

Une fois la *représentation graphémique* obtenue par voie lexicale ou phonologique elle est temporairement stockée dans un *tampon graphémique*.

Tampon graphémique ou orthographique

Ce tampon est une sorte de mémoire de travail dans laquelle la représentation graphémique du mot à produire est stockée [12, 13, 25]. Cette mémoire contient l'information relative à l'identité des lettres à produire ainsi qu'à leur ordre. S'agissant d'une information stockée temporairement, le temps pourrait avoir une influence sur la qualité de l'information contenue. Cela dépendrait aussi de la longueur d'un mot: plus le mot est long, plus il doit rester en mémoire afin de permettre la préparation et l'exécution des mouvements nécessaires à sa production [17, 18].

Les processus périphériques

Une fois la représentation d'un mot atteinte, les processus périphériques prennent le relais. Ces processus concernent l'implémentation des représentations fournies par les processus centraux dans le système moteur [24].

Le modèle d'Ellis et Young [17] définit deux niveaux: le *niveau allographique* et le niveau des *patterns moteurs graphiques* [13, 17]. Pour Van Galen [18], ces deux processus formeraient une étape unique: la forme des lettres et des allographes est stockée et récupérée sous forme de codes spatiaux qui guident le mouvement.

Le niveau allographique

Les allographes peuvent être définis comme les diverses variantes possibles d'un même graphème [24] par exemple un « e » en script ou en cursif (e, *e*), majuscule ou minuscule (E, e). Chaque allographe est spécifié selon trois dimensions [13, 14, 16, 26]:

i. *La casse:* majuscule ou minuscule
ii. *Le style:* script ou cursif
iii. *La forme spécifique de la lettre:* chaque scripteur peut produire une lettre de la même casse et du même style de deux (ou plus) manières différentes.

Après le niveau allographique, Van Galen [18, 27] prévoit une étape supplémentaire qui implique le contrôle de la taille et de la vitesse d'exécution des productions. Si la subdivision des étapes est différente entre les auteurs, le principe reste le même.

Les patterns moteurs graphiques

Ellis et Young [17] définissent un « pattern moteur » comme un programme moteur spécifique à un allographe, qui détermine la forme de l'allographe en définissant le nombre, l'ordre et la taille relative des traits qui le constituent.

A ce niveau les unités du processus seraient, selon Van Galen [18], de la taille d'un trait. Toutefois, les études tendent à montrer que la taille du programme moteur n'est pas fixe mais dépend de la nature de la tâche et de la familiarité des tracés à produire [28]. Ainsi, la signature serait programmée en une seule unité alors que des lettres moins fréquentes comme le « k » ou le « x » pourraient être programmées en plusieurs traits.

Une fois le pattern défini, le scripteur se détermine quant à la taille de production de l'écriture et sélectionne les groupes musculaires appropriés à l'exécution du mouvement [18]. Ce stade est défini par Van Galen [18] sous le terme de *muscular adjustment* et « représente le stade de recrutement des synergies des muscles agonistes et antagonistes nécessaires à la réalisation d'une trajectoire d'écriture dans un contexte biophysique donné » (traduction libre, [18], p. 185)[5].

Le résultat: l'exécution du mouvement

Une fois le pattern moteur adapté et programmé, survient la phase d'exécution du mouvement.

Les mouvements d'écriture peuvent être décrits par des déplacements selon trois axes, ceux de l'espace d'écriture (x, y) et celui de l'instrument scripturant [24]. Ces mouvements permettent d'écrire un texte, de se déplacer par exemple de gauche à droite, de faire des espaces, de contrôler la pression du stylo, sa vitesse, etc.

Lors de l'écriture d'un texte, divers muscles sont sollicités. Selon Van Emmerick et Newell [29], ce système impliquerait 43 muscles. Ces muscles peuvent se rassembler sous le terme de système effecteur. Ce système englobe les muscles de l'épaule, de la main et du coude. Ceux-ci permettent, dans l'ordre, de maintenir la posture, faciliter les mouvements de l'avant-bras et tenir l'instrument scripturant. La formation des lettres sollicite principalement les articulations du poignet et de la main [24], la première étant la plus utilisée lors de l'écriture [30] et la seconde étant indispensable à la tenue de l'instrument scripturant.

Une fois l'exécution du mouvement planifiée, des processus de contrôle rétroactifs interviennent: le *feedback visuel* et le *contrôle tactilo-kinesthésique*.

Le feedback

Le feedback visuel. Alors que les patterns moteurs graphiques étaient proactifs (la préparation du mouvement se faisant avant le mouvement en lui-même), on entre ici dans des processus rétroactifs qui requièrent la prise en considération d'informations provenant de l'environnement graphique [24].

L'étude de Smyth et Silvers [31] montre l'importance de la vision dans le contrôle de l'agencement spatial, que ce soit du texte sur la feuille ou des lettres dans le mot. La vision aurait aussi une importance pour la fonction proprioceptive en permettant un contrôle du déroulement de la séquence des traits. Elle faciliterait une mise à jour continue des informations concernant ce que le scripteur doit encore produire pour compléter son mot ou sa phrase.

Le contrôle tactilo-kinesthésique. Ce contrôle fournit des informations concernant la position et le déplacement des membres via des indices tactiles. Les informations

arrivant des périphéries permettent d'ajuster la tenue de l'instrument scripturant et d'adapter la force imprimée à l'outil en fonction du support utilisé [30].

Van Galen [18] explique dans son modèle que ces processus de feedback ne sont pas indispensables à la production de l'écriture.

L'âge, la maladie et le processus d'écriture

De nombreuses recherches se sont intéressées à l'analyse de l'effet sur l'écriture de modifications cognitives dues à l'âge [23, 32–42]. La vieillesse impliquant un déclin graduel de l'organisme, des conséquences sur le système d'écriture sont inévitables [40].

L'effet de la maladie sur l'écriture a aussi intéressé différents chercheurs. Déjà en 1919 Duparchy-Jeannez [43] indiquait un effet de la maladie sur l'écriture. Duparchy-Jeannez précisait que les symptômes de la maladie se manifestent dans l'écriture, extrêmement sensible aux influences pathologiques, avant qu'une modification ne soit perceptible au niveau de l'état de santé. C'est sur la base de cette constatation que l'étude de l'écriture au point de vue médical a pris tout son intérêt.

Selon Duparchy-Jeannez, à chaque maladie correspond une écriture particulière et l'absence de ces particularités signifie que la personne ne souffre pas de cette pathologie. Une telle affirmation se base sur des croyances aujourd'hui révolues, et ne peut être tenue pour vraie. La maladie et l'âge affectent en effet de façon différenciée chaque personne [40].

D'autres études se sont penchées sur le sujet. Hilton [44, 45] explique que l'écriture étant un mouvement complexe, les signes de la maladie et de l'âge y apparaissent tôt. De plus il relève l'effet de la faiblesse physique sur la qualité de l'écriture. Les caractéristiques de cette détérioration sont une moins bonne coordination, une perte d'habileté et de lisibilité ainsi qu'un déclin au niveau de la forme et de la qualité du trait. Dans le cas des scripteurs malades, les formes sont moins fluides, moins précises, les traits deviennent irréguliers et tremblés, des problèmes d'alignement surgissent et la personne a une difficulté à débuter l'écrit et poser le stylo sur le papier, ce qui implique souvent des parties de texte manquantes. Des corrections peuvent apparaître. Il en découle un accroissement de l'étendue des variations intra personnelles.

En règle générale, selon Huber et Headrick [46], en raison d'une perte progressive du contrôle de l'instrument scripturant, l'écriture du scripteur malade et affaibli est caractérisée par des traits bruts, une augmentation de la pression et davantage de cassures dans la continuité de la ligne, ainsi qu'un manque de contrôle particulièrement visible au point d'application du stylo sur le papier.

Si l'âge et la maladie ont fait l'objet de différentes recherches, la relation entre l'écriture et la maladie d'Alzheimer a été étudiée d'un point de vue médical, dans le but de rechercher un diagnostic précoce, mais peu d'un point de vue forensique. Le but de cette deuxième partie d'état de l'art vise à fournir un aperçu de l'influence de la maladie d'Alzheimer sur l'écriture et son impact sur l'expertise judiciaire.

La maladie d'Alzheimer

La première description d'un malade d'Alzheimer date de 1906 par le médecin Aloïs Alzheimer [47] dont la maladie prend le nom. Il s'agit d'une des formes les plus courantes de démence, Guériot-Milandre et ses collaborateurs [48], parlent d'un cas sur deux de démence. La notion de démence indique un syndrome défini par un état de déclin cognitif qui interfère avec les fonctions de la vie courante. Elle est évoquée quand des perturbations limitent la personne dans les activités de la vie quotidienne [49]. Au niveau médical, la maladie se manifeste par une nécrose de plus en plus importante des cellules nerveuses et leurs connexions ainsi que par un déséquilibre de certains neurotransmetteurs [50].

Les patients atteints sont en majorité des personnes âgées. Parmi les plus de 65 ans, 9% seraient atteints d'Alzheimer mais une forme précoce de la maladie peut se manifester également. Ce type de démence est dégénératif et irréversible et la durée de la maladie est de 7 à 9 ans [51].

Au niveau symptomatique, on distingue trois stades qui associent des troubles cognitifs et comportementaux: le stade initial, le stade modéré et le stade sévère. Ces stades sont caractérisés par différents types de troubles qui caractérisent la maladie: des troubles mnésiques; des problèmes au niveau sémantique; des troubles du langage qu'il soit oral ou écrit; des troubles praxiques (perturbations gestuelles); des troubles gnosiques (de reconnaissance) ainsi que des troubles visuo-spatiaux et intellectuels [48]. Tous ces troubles cognitifs se développent en parallèle à des changements d'humeur, tels qu'anxiété et dépression, ainsi que de comportement (agressivité et hallucinations) [52].

Le premier stade est souvent caractérisé par des troubles mnésiques concernant la mémoire récente [53, 54]. Le malade peut aussi présenter une difficulté d'expression, les mots commencent à manquer, une altération de la pensée abstraite ainsi qu'un changement de personnalité, la personne peut en outre devenir agressive. Ce premier stade est souvent confondu avec une manifestation normale du vieillissement [55]. Quand la pathologie s'aggrave (stade modéré), des troubles du raisonnement, une difficulté de compréhension et une désorientation spatio-temporelle surviennent [53]. Le malade peut avoir des problèmes graves comme des hallucinations ou un trouble accru au niveau de la mémoire. Dans certains cas, il n'arrive plus à reconnaître ses proches [48, 53]. Le besoin d'aide extérieur s'accentue. Finalement, quand le patient entre dans le stade sévère, une vie indépendante lui est impossible. Une faiblesse physique survient, les gestes courants sont difficiles (apraxie gestuelle) [53]: le malade est incapable de manger, de s'habiller et des problèmes au niveau de la mémoire à long terme interviennent. Finalement, la personne a une difficulté accrue à trouver les mots, ce qui la renferme souvent dans un mutisme [56].

En dépit de ces considérations, il est important de remarquer que la majorité des patients souffrant de dégénérescence mentale peuvent rester en possession de leurs capacités physiques jusqu'au stade le plus avancé de la maladie [57].

Le diagnostic

Si au jour d'aujourd'hui, grâce à l'avancée de la recherche et aux nouvelles technologies, il est possible de diagnostiquer de manière non équivoque la maladie

d'Alzheimer du vivant du patient [58], dans les cas précoces, en l'absence de marqueurs biologiques et physiques, le diagnostic reste entaché d'un risque d'erreur et se base essentiellement sur des résultats de tests. Dans un premier temps des tests de dépistage sont effectués. Le DSMIV permet de diagnostiquer sur la base de certains critères la possibilité d'une démence [49]. Le Mini Mental State, de Folstein [59] permet de déterminer la sévérité de cette démence sur la base d'un score sur 30 tâches valant chacune un point. Finalement le ADRDA, Alzheimer Disease and Related Disorder Association, de Mc Khann [60, 61], permet un diagnostic fiable de la maladie d'Alzheimer. Selon le site alz.ch [51] le diagnostic est indiqué comme fiable dans 80% des cas. Certains des tests sont directement conduits par le médecin de famille qui, en cas de suspicion de démence, adressera le patient à des spécialistes souvent réunis au sein d'une clinique de la mémoire. Au sein de cette clinique, des examens d'imagerie médicale ou neuropsychologiques peuvent être effectués.

Ecriture et maladie d'Alzheimer

L'écriture est un processus complexe initialisé dans le cerveau et concrétisé dans les nerfs, les tendons, les ligaments, les muscles et les os qui mettent conjointement en mouvement les doigts, la main, le poignet, le bras et l'épaule. Un trouble dans une des étapes du processus engendre un changement au niveau de l'écriture finale [62]. Il est donc attendu que cette pathologie ait, de par les dégradations physiques et cognitives qu'elle engendre, un effet sur l'écriture du malade.

Aloïs Alzheimer en 1907 déjà [47], dans le premier cas de maladie d'Alzheimer qu'il a observé, mettait en évidence des troubles du langage écrit. Lors de sa consultation d'une patiente de 51 ans, Mme Auguste, il raconte « en écrivant, elle répliquait certaines syllabes plusieurs fois, en oubliant d'autres et rapidement s'empêtrait » par exemple « lorsqu'on lui demandait d'écrire son nom « Frau Auguste » elle s'arrêtait après le mot « Frau ». C'est seulement quand on lui demandait d'écrire chaque mot individuellement, l'un après l'autre, qu'elle pouvait les noter correctement » ([47] traduit par [63], p. 70).

Si les chercheurs, dans un premier temps, se sont concentrés sur le langage oral, les études sur le langage écrit, auparavant considéré seulement comme une traduction du premier, ont maintenant pris une place importante. Rapcsak et ses collaborateurs [64] sont parmi les premiers à avoir appliqué les théories et paradigmes expérimentaux, utilisés dans les recherches sur l'agraphie, à l'étude des désordres au niveau de l'écriture des malades. Cette étude et celles qui ont suivi ont pu mettre en évidence les influences de la maladie sur l'écriture. Cette dégradation affecterait dans un premier temps les processus centraux et seulement après les périphériques [22, 64–71]. Les premières capacités atteintes seraient donc celles concernant l'orthographe [67, 70] et c'est seulement avec l'avancée de la maladie que celles concernant le graphisme seraient atteintes [12]. Même si cette évolution reste plausible, le nombre de cas présentant un profil différent est toutefois non négligeable et une détérioration indépendante des deux voies a été suggérée.

Si d'un point de vue forensique l'atteinte au niveau du graphisme est plus intéressante en raison des difficultés interprétatives qu'elle engendre, lors de l'analyse de l'écriture il est important aussi de connaître l'influence de la maladie au niveau de

l'orthographe des mots. Des fautes d'orthographes reproductibles ou non peuvent en effet venir en aide à l'évaluation de l'authenticité d'un écrit. Les deux types d'atteintes sont donc présentés par la suite.

La maladie d'Alzheimer et les processus centraux

Au niveau des processus centraux, une dysgraphie[6] centrale a été mise en évidence. Cette dysgraphie regroupe les désordres linguistiques concernant soit la voie lexicale (dysgraphie lexicale ou de surface d'une part, et dysgraphie sémantique d'autre part), soit la voie phonologique (dysgraphie phonologique) [72].

Dysgraphie lexicale ou de surface

La dysgraphie lexicale est indiquée par Luzzatti *et al.* [25] comme le modèle le plus courant des troubles associés à la maladie d'Alzheimer. Ce déficit implique une difficulté d'accès aux représentations orthographiques ou d'utilisation de celles-ci [64, 73, 74], ce qui induit un déficit dans l'écriture de mots irréguliers et ambigus [2, 6, 11, 23, 26, 64, 67, 71, 75].

Dysgraphie sémantique

Au niveau sémantique, les termes sont souvent mal épelés et la narration est pauvre, des erreurs de substitutions et d'omissions voir de rajouts surviennent. Les phrases sont plus courtes et moins complexes [69]. Les fautes d'orthographe se multiplient [23, 74].

Ces deux types de dysgraphie apparaissent déjà au stade initial de la maladie. La voie phonologique étant intacte, les mots écrits sont souvent phonologiquement corrects mais leur orthographie est fausse [23, 66, 76, 77]. Dans ce cas, le malade a une difficulté dans la sélection entre deux homophones[7].

Une fois que la pathologie atteint la phase modérée, la dysgraphie devient mixte: à une dysgraphie lexicale s'ajoute une dysgraphie phonologique [23].

Dysgraphie phonologique

Dans ce cas, les erreurs concernent la conversion des phonèmes en graphèmes. Le malade a des problèmes lors de l'écriture de mots réguliers et de pseudo mots.

La phonologie des mots à ce niveau est aussi incorrecte [71], ce qui se manifeste souvent par des omissions de lettres et des substitutions.

Des études indiquent que ces effets dépendraient de la longueur des mots. L'écriture des mots longs serait plus difficile [14, 78–80]. Cela pourrait être dÛ, selon les chercheurs, à un problème au niveau du tampon graphémique ou bien à un déficit d'attention [81]. La fréquence du mot et de la lettre aurait aussi une importance, plus un mot est fréquent mieux il sera écrit [70, 82].

Même si souvent présente, selon Rapcsak [64] et Platel *et al.* [71], une dysgraphie mixte affectant tout type de mots pourrait passer inaperçue parce que cachée par des problèmes grapho moteurs.

Finalement, l'étude de Zhou *et al.* [83] montre que l'impact de la maladie sur les processus centraux pourrait dépendre de l'alphabet du patient, dans ce cas les auteurs analysent les impacts au sein d'un groupe de patient de langue maternelle chinoise et montrent une évolution différente de celle identifiée par d'autres recherches pour des

patients de langue maternelle anglaise. La substitution de mots et l'utilisation de mots incompréhensibles seraient dans ce cas les erreurs les plus fréquentes. L'étude reste toutefois préliminaire.

La maladie d'Alzheimer et les processus périphériques

Si des problèmes au niveau de la forme des lettres ont été observés dès les premiers stades de la maladie d'Alzheimer, les capacités graphiques et spatiales ne sont en général pas atteintes avant un stade avancé de la maladie comme a pu le montrer l'étude longitudinale de Platel *et al.* [71] qui a été confirmée par celle de Croisile [11]. Dans les premiers stades de la maladie, les patients peuvent toutefois déjà montrer des modifications au niveau de l'écriture propres à l'âge tel qu'une qualité du trait inégale [45], une pression plus uniforme que ce soit au niveau des traits ascendants ou descendants, une augmentation des levers de plumes et un tremblement léger [42] ainsi qu'une durée de trait plus longue [84].

Diverses études se prononcent également en faveur d'une corrélation entre le trouble grapho-moteur et la sévérité de la maladie [11, 25, 70]. D'autres privilégient une forte hétérogénéité entre patients. Seul le développement le plus fréquent de la maladie mentionné par les études est présenté ici, il faut toutefois rester conscient que les études longitudinales sont peu nombreuses et celle de Platel *et al.* [71] se rapportait à un nombre limité de patients.

Au niveau des troubles des processus périphériques, une dysgraphie périphérique semble se manifester dès la phase la plus légère de la maladie. Ce déficit concerne des troubles au niveau du pattern graphomoteur [72] et au niveau de la représentation allographique [14, 16, 26]. Des études ont montré que l'épaisseur du trait et la pression augmentent [85] et l'allure du texte est d'apparence simplifiée et enfantine [67]. Croisile [23] explique cela par le fait que l'altération graphique serait précédée par un trouble de l'imagerie mentale des lettres. Au stade initial, la construction spatiale est normale en dehors de quelques lettres mal alignées ou de lignes mal orientées.

Dans la phase modérée se présentent des modifications de l'arrangement spatial, dysgraphie spatiale [86], tel un abaissement du texte sur la feuille, une augmentation du nombre de levers de plume et de la taille des marges [85], une difficulté à maintenir une ligne d'écriture droite et horizontale ainsi qu'un rajout d'espaces inappropriés. La Figure 2 présente un exemple de cette dysgraphie. Au niveau dynamique, l'écriture est plus lente [87], un temps plus grand est nécessaire pour préparer le mouvement, ce qui lui conférerait une apparence moins fluide, plus hésitante [11, 69, 88, 89]. La forme des lettres demeure pourtant intacte [86]. Ces variations, bien qu'importantes, restent pour le moment indifférentiables du vieillissement normal.

C'est seulement quand la maladie atteint un stade avancé qu'une dégradation massive des caractéristiques graphiques intervient au point d'être évidente [64, 71]. La dysgraphie périphérique est alors substituée par une dysgraphie apraxique (Figure 3) caractérisée par des lettres malhabiles, des boucles inversées, des omissions ou des répétitions de trait jusqu'à des lettres illisibles [11, 23, 74]. Les inclinaisons et les proportions changent [45]. Les personnes souffrant de la maladie ont une tendance à revenir à la forme plus simple de la lettre [67]. À ce stade, des

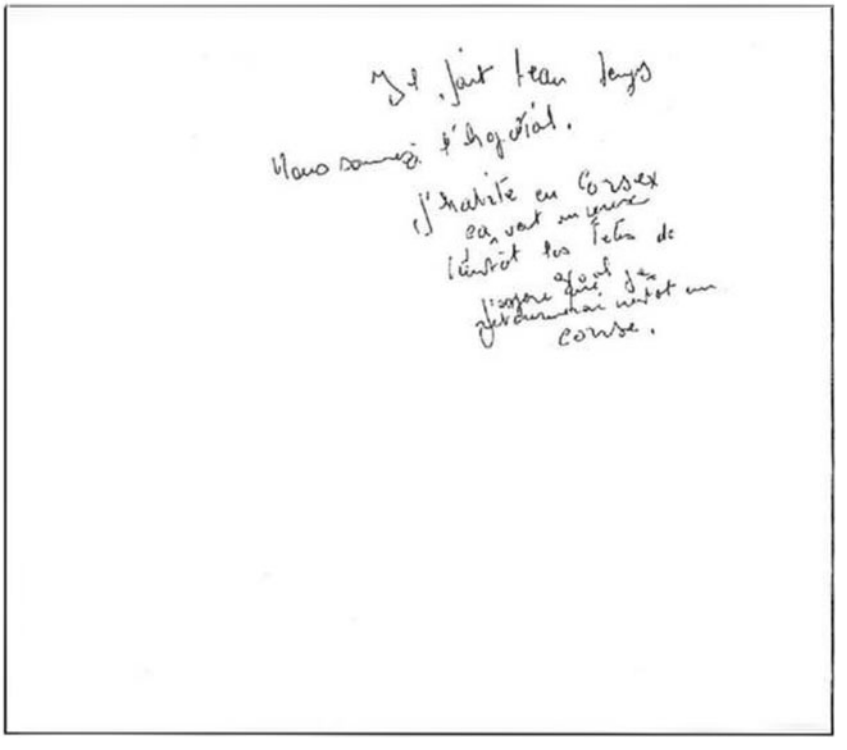


Figure 2. Dysgraphie spatiale ([30], Fig. 53, p.76). L'arrangement spatial du texte sur la feuille est modifié, le patient a des difficultés à maintenir une ligne d'écriture droite et horizontale, les marges sont augmentées.

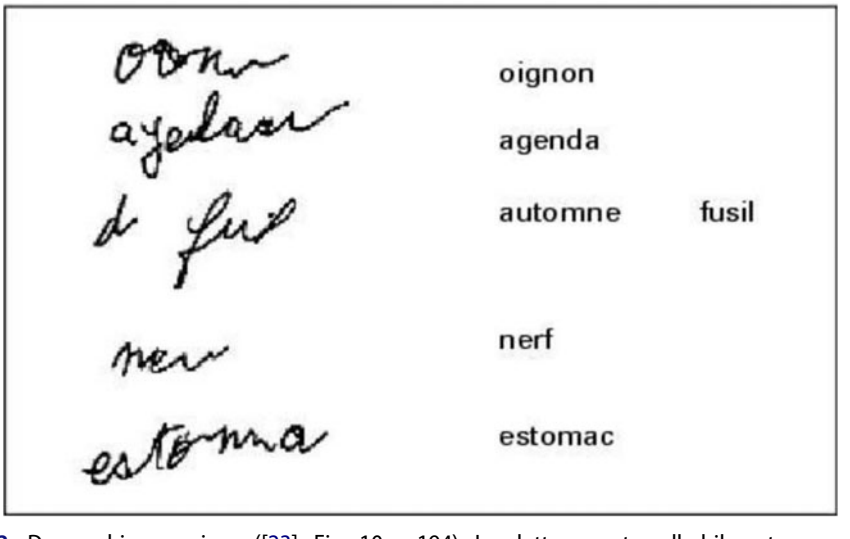


Figure 3. Dysgraphie apraxique ([23], Fig. 10, p.194). Les lettres sont malhabiles et presque illisibles, certains traits sont répétés ou omis, parfois presque la totalité du mot est omise (ex. le mot automne).

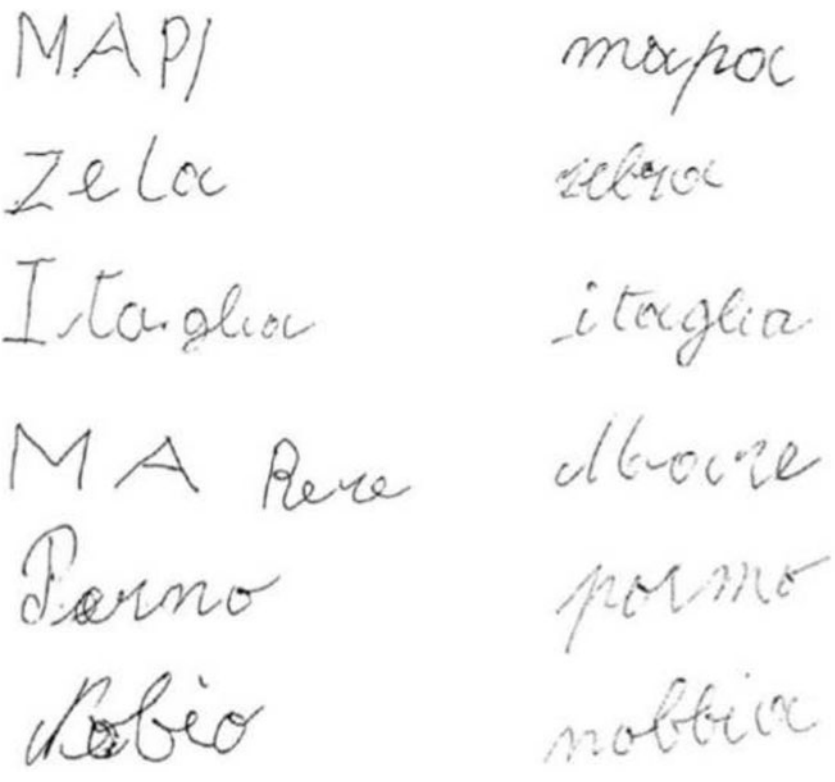


Figure 4. Dysgraphie allographique ([92], Fig.3, p.866). Le patient mélange majuscules et minuscules (ex. 4ème mot sur la gauche), les mots sont épelés incorrectement (ex. « Itaglia ») et le patient revient à une forme simplifiée de l'écriture, dans ce cas il privilégie le cursif.

modifications spatiales sont aussi observées, le patient ayant tendance à écrire à droite de la feuille.

De plus, il semblerait que la maladie entraine une diminution de l'attention, ce qui aurait un impact sur le feedback visuel. Les mouvements de la main pendant l'écriture seraient moins contrôlés [65, 67, 90] et plus libres.

Des études ont mis en évidence une difficulté dans le choix de l'allographe [11, 25, 91]. Croisile [11] et Menichelli *et al.* [92] parlent d'un cas de dysgraphie allographique (Figure 4) qui se traduit par un problème au niveau du choix de la casse et de la police du caractère: dans ce cas le patient mélange majuscules et minuscules. Forbes, Hughes et leur collaborateurs [67, 70] indiquent que les malades privilégieraient les majuscules. Cette tendance va de pair avec la tendance à simplifier l'écriture. Forbes [67] ajoute qu'avec l'avancée de la maladie, le style de l'écriture passerait de cursif a script. Selon Croisile [11], la dégradation de l'écriture se ferait dans un rapport inverse à ce qui a été acquis pendant l'enfance. Les majuscules ayant été apprises en premier et présentant un mouvement moins complexe, elles seraient donc naturellement préservées [70, 93]. Le choix du style script plutôt que cursif se ferait quant à lui par souci de simplification du mouvement [13]. Des études ont toutefois montré une facilité des malades à utiliser le cursif [94], ce qui semble symptomatique d'une double dissociation au niveau du style [95].

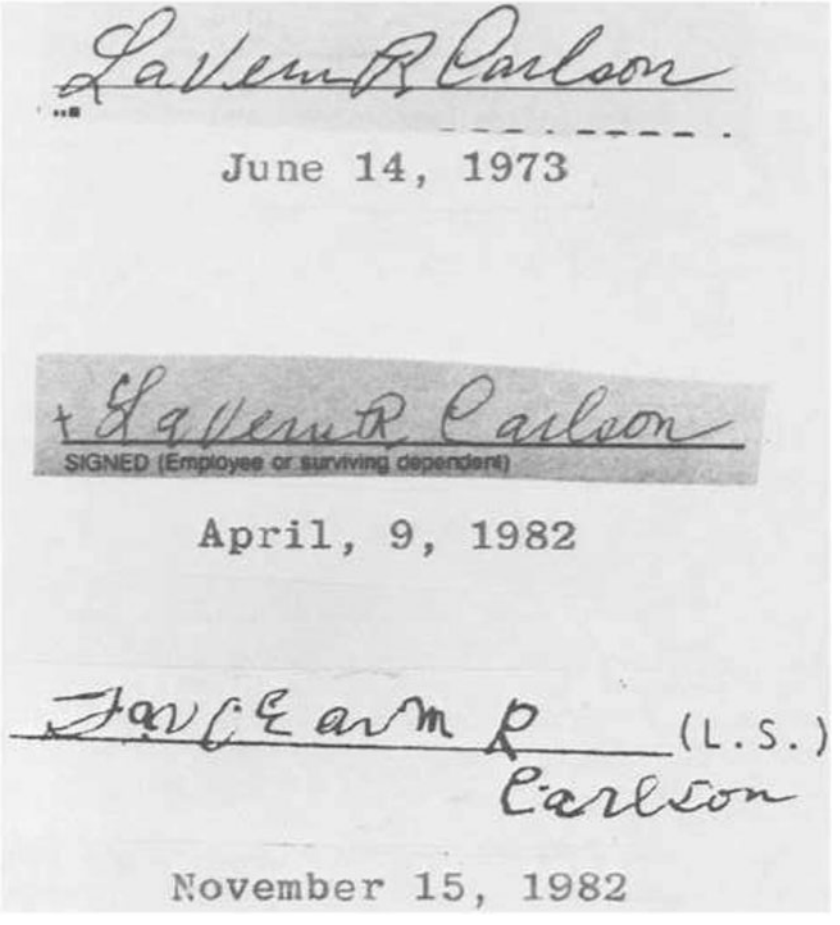


Figure 5. Dégradation rapide de l'écriture d'un malade d'Alzheimer ([57], Fig.2, p.90). La première signature date d'avant la maladie. Une fois la maladie survenue, il suffit de quelques mois pour que l'écrit se dégrade considérablement (signatures 2 et 3)

De plus, l'écriture des patients présente différentes erreurs qui se manifestent par des ratures ou des reprises [65]. Dans certains cas, les patients s'apercevant de leurs erreurs essayeraient de les corriger, les corrections resteraient toutefois imprécises [45].

Dans le stade le plus grave de la maladie, une agraphie apraxique idéatoire peut survenir, le patient devenant incapable d'écrire sans un modèle avant de perdre complétement la faculté d'écrire [40].

Il est important de rappeler que l'impact de la maladie sur l'écriture dépend des patients. L'étude de Luzzatti *et al.* [25] présentant vingt-trois patients est exemplaire de cette hétérogénéité: cinq patients présentent une dysgraphie de surface, deux plutôt phonologique, sept une dysgraphie mixte, sept autres aucun déficit apparent et deux sont finalement complètement agraphiques. Toutefois, Lambert *et al.* [77] se prononcent en faveur d'une agraphie dans 75% des cas.

De plus, quand la dégradation débute, elle tend à avoir un développement très rapide et des différences importantes peuvent être constatées entre des écrits spontanés d'un même patient produits à seulement quelques années, voire quelques mois, d'intervalle [57] (Figure 5).

L'influence de la maladie sur les caractéristiques dynamiques[8] *de l'écriture*

Ces dernières années, les études se sont intéressées à l'effet de la maladie sur les caractéristiques dynamiques de l'écriture dans le but de développer des techniques de dépistage rapides exploitant des tablettes numériques.

L'étude de Slavin *et al.* [96] montre une diminution de la longueur et de la durée des traits, ainsi que de la vitesse d'écriture pour les patients malades. Selon les auteurs, le mouvement serait en général moins efficace (plus de cycles d'accélération et de décélération par trait seraient nécessaires), et moins régulier et automatique selon Schröter *et al.* [89]. Le problème pourrait être accentué par une absence de feedback visuel. Selon les chercheurs, les traits seraient moins lisses [97] et plus épais [98] et le nombre de pics d'accélération par trait augmenterait [50]. Concernant la pression, deux études se contredisent. Si pour La Barge et ses collaborateurs [98] la pression augmenterait à la suite de la maladie, selon Werner *et al.* [99] la pression aurait tendance à diminuer. Il faut toutefois souligner que les tâches étudiées par les deux publications ainsi que la méthode utilisée pour mesurer la pression sont différentes. Finalement, selon Werner *et al.* [99], le temps de vol (temps que le stylo passe en dehors de la tablette graphique) pour une même tâche serait plus grand pour les personnes atteintes par la maladie.

Pour ce qui est de la signature, selon Caligiuri et Mohammed [50], au début de la maladie le patient peut perdre sa capacité de signer quand on le lui demande mais il reste capable, avec de l'encouragement et l'utilisation d'un modèle, de produire une signature efficacement. Avec l'avancée de la maladie, la personne peut toutefois devenir incapable de signer même avec un modèle [57].

Les traitements

A ce jour, deux catégories principales de traitement pour la maladie d'Alzheimer existent, il s'agit des traitements non médicamenteux et médicamenteux. Ces traitements visent à améliorer le quotidien du patient et de son entourage en favorisant son autonomie.

Traitements non médicamenteux

Sont rassemblés dans cette catégorie les exercices de mémoire, les consultations avec des spécialistes, l'aide externe pour l'organisation de la vie quotidienne et les activités récréatives, notamment. A ce jour, aucun article n'a été trouvé mentionnant l'impact de ces traitements sur l'écriture.

Traitements médicamenteux

Le but principal des traitements médicamenteux est celui de ralentir la perte de capacités cognitives en augmentant la concentration de substance chimique qui transporte les informations d'un neurone à l'autre [51].

Trois groupes de médicaments principaux sont utilisés couramment aujourd'hui:

1. Les inhibiteurs de la cholinestérase
2. La mémantine
3. Les nootropiques

Les premiers sont administrés au stade précoce et modéré de la maladie et le but est d'améliorer les performances cérébrales. Les médicaments les plus fréquents concernés par cette catégorie sont Aricept®, Exelon® et Reminyl® dont les substances actives sont respectivement le donépézil, la rivastigmine et la galantamine [1].

La mémantine est administrée dans le but de neutraliser les effets néfastes sur les neurones d'un excès de glutamate dans le cerveau. Il s'agit du principe actif de médicaments tels que l'Axura® et l'Exiba®.

Finalement la catégorie des nootropiques englobe des substances comme le Ginko, le Piracetam et le Nircegolin qui stimulent l'activité cérébrale.

En plus des médicaments concernant le traitement des troubles cognitifs, des traitements peuvent être administrés pour des troubles connexes à la maladie, tels que les troubles du comportement et de l'humeur comme l'irritabilité, l'agitation, les hallucinations, les troubles du sommeil et de l'appétit, et l'anxiété pour en citer quelques-uns. Les plus courants sont les antidépresseurs, les neuroleptiques, les anxiolytiques, les hallucinogènes et les tranquillisants.

Si des études spécifiques quant à l'effet des médicaments administrés aux patients d'Alzheimer sur l'écriture n'existent pas, des études qui concernent d'autres maladies permettent de tirer quelques réflexions intéressantes à ce sujet.

La revue de la littérature de Gross [101] a montré que l'effet des médicaments considérés sur l'écriture varie fortement d'un individu à l'autre et en fonction du temps écoulé depuis l'administration: il semblerait que la stabilité psychologique des individus joue un rôle dans le degré de modification de l'écriture. De plus, l'effet dépendrait aussi de la dose et de la réaction du patient. Gross [101] a aussi montré qu'un des effets généraux les plus importants des agents pharmacologiques est l'altération de la coordination musculaire. Pour ce qui est des neuroleptiques, Haase [102], Purtell [62] et Angus et Simpson [103] ont montré qu'ils peuvent causer des raidissements et des crampes, ainsi qu'une diminution de l'inclinaison et une réduction de la taille et des tremblements. Haase [102] précise que, à un haut dosage, les tremblements causés par ces médicaments peuvent ressembler à ceux de la maladie de Parkinson et peuvent parfois se manifester sous forme d'une écriture ralentie et d'une micrographie. Dans leur article, Gilmour et Bradford [104] analysent l'effet d'un traitement par neuroleptiques sur des patients schizophrènes et concluent en disant que dans 80% des cas ces médicaments n'ont aucun effet sur l'écriture mais dans les 20% restants ils semblent affecter la qualité de la ligne ainsi que la taille et le mode de formation des lettres. Caligiuri *et al.* [105, 106] ont analysé les effets des

antipsychotiques sur les caractéristiques dynamiques de l'écriture et ont montré une variation significative de tous les paramètres après la prise de médicaments, excepté pour la longueur du trait. Selon l'article, les antipsychotiques atypiques ou de deuxième génération ne provoqueraient pas la micrographie mais une lenteur, un manque de fluidité et diminueraient la durée des traits.

Selon Van Hoof, Sabbe, Mergl et leurs collaborateurs [107–110], les patients dépressifs présenteraient une déficience au niveau de la vitesse de l'écriture. L'étude de Mergl *et al.* [110] a montré une augmentation de la durée des traits par rapport aux sujets sains du groupe de contrôle. Après la prise d'un antidépresseur, selon Hegerl *et al.* [111], les fréquences de mouvements des traits seraient aussi réduites. Hegerl rajoute que les effets peuvent varier selon le type de médicament prescrit. Selon Buquet [112], les antidépresseurs peuvent aussi induire des tremblements. Finalement, les hallucinogènes augmenteraient l'aire d'écriture, la vitesse et la pression [113].

Si pour le moment seuls les effets secondaires des médicaments sur l'écriture ont été mis en évidence, il est important de noter que la prise de substances médicamenteuses peut dans certains cas améliorer la qualité de l'écriture [62, 114]. Dans le cadre de la maladie de Parkinson, l'utilisation de l'orphénadrine semblerait restaurer les habilités graphiques [115] et la dopamine [62] améliorerait la qualité de l'écriture et de la performance motrice. Plus intéressant du point de vue de la pathologie étudiée, Buquet [112] montre que les sédatifs atténueraient certains symptômes et les tranquillisants à fortes doses pourraient diminuer les tremblements. Gilmour et Bradford [104] indiquent aussi que les médicaments tels que les neuroleptiques et les antipsychotiques peuvent provoquer une amélioration de la qualité du trait.

Discussion

Diverses questions restent ouvertes à propos des modèles de production de l'écriture. Les modèles de Van Galen [18] et Ellis et Young [17], présentés de manière très concise dans cet article, font l'objet d'un consensus même si des critiques sont émises concernant les relations entre les étapes et les voies en elles-mêmes.

Ces dernières années, un nouveau modèle de développement de l'écriture en trois étapes a été proposé par Zesiger *et al.* [116]. Ce modèle vient compléter celui de Van Galen [18] et d'Ellis et Young [17] par une présentation des types de capacités et de connaissances requises lors de l'apprentissage de l'écriture par l'enfant. Les connaissances linguistiques, visuo-spatiales et de programmation sont intégrées au modèle.

Si le processus abordé jusqu'ici est commun à tous les scripteurs, l'écriture finale d'un malade d'Alzheimer sera influencée par plusieurs paramètres: une évolution propre à chaque individu, l'effet de l'âge et de la maladie ainsi que l'effet des médicaments.

Selon Hanlen *et al.* [117], à chaque cerveau et à chaque corps est attribué un système scriptural distinct. De plus, les personnes apprennent à écrire dans des systèmes scolaires et des contextes sociaux différents. Une fois l'apprentissage de l'écriture initié, chaque personne aura tendance à s'écarter des modèles proposés pour se forger sa propre écriture sur la base de considérations esthétiques et pratiques (trouver un moyen pour écrire plus vite et plus facilement au niveau musculaire par

exemple) qui lui sont propres. Ces modifications personnelles et l'influence de l'apprentissage affecteront le résultat final [46, 118]. Quand l'écriture termine sa période d'évolution, peu d'éléments restent fidèles au modèle initialement appris. Toutes ces influences, qu'elles soient intérieures ou extérieures, attribuent à l'écriture de chacun des caractéristiques qui permettent potentiellement de la différencier de celle d'autres personnes [119].

Si ce caractère très personnel de l'écriture permet souvent aux experts en documents de se prononcer sur l'authenticité d'un écrit en présence de bon matériel de référence, la tâche se révèle plus complexe dans le cas de personnes âgées et malades. Dans ces circonstances, les possibilités physiques et psychologiques d'écrire sont réduites, ce qui rend les documents de référence de cette période rares. L'expert se retrouve donc souvent confronté à du matériel de référence précédant la maladie. Dans ces cas, il est donc fondamental de comprendre l'impact des conditions de la personne sur l'écriture. Dans le cadre de cet article, il a été décidé de se pencher plus particulièrement sur la maladie d'Alzheimer, qui selon les statistiques, ne cessera d'être de plus en plus présente au risque d'affecter les experts en documents encore plus qu'aujourd'hui.

Afin de répondre à des expertises impliquant des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, l'expert a souvent seulement à disposition des études médicales s'intéressant plus à l'impact de la maladie sur le processus en lui-même que sur le résultat final. En analysant ces articles d'un point de vue forensique, l'impact de la maladie d'Alzheimer à tous les niveaux du processus d'écriture a pu être mis en évidence.

Selon les recherches présentées, le domaine de variation naturelle de la personne malade est élargi [45]. Parmi les modifications observées, la majorité peuvent être confondues comme des indices de faux, il sera donc très important de tenir compte lors de l'expertise de la possibilité d'être en présence de ces indices même dans le cas d'une écriture spontanée, quand il s'agit de personnes malades. Les études de Walton [42] et Huber et Headrick [46] indiquent toutefois qu'il est possible pour un expert de distinguer un faux d'un authentique aussi dans ce genre de situations. Selon ces auteurs, il suffit de garder en mémoire l'intention de la personne: l'amélioration de l'écrit pour en augmenter la lisibilité pour le patient contre l'envie de ressembler au modèle original pour l'imitateur. Pour ce qui est de la signature, l'étude de Behrendt [57] indique qu'avec l'avancée de la maladie la personne perdrait ses capacités à signer et s'inspirerait donc d'un modèle. Il sera donc très important d'avoir ce dernier à disposition afin de différencier les caractéristiques propres au modèle de celles de la signature naturelle de la personne.

Il convient de préciser que ce genre de pathologie réside dans le diagnostic qui, tout en étant fiable, reste imprécis dans les premiers stades de la maladie et n'est de plus que rarement prononcé, tout diagnostic impliquant une consultation. En présence de cas concernant des personnes d'un certain âge, les experts devront donc considérer la possibilité d'une pathologie sous-jacente. De plus, il est important de se rappeler que, même si seulement les effets liés à la maladie d'Alzheimer ont été présentés ici, d'autres variables peuvent entrer en jeu lors de l'analyse, tel que l'âge et d'autres pathologies. Il est donc d'autant plus important de connaître l'historique médical complet de la personne.

Même si cet article présente un résumé des principaux impacts de la maladie d'Alzheimer sur l'écriture à l'état actuel des connaissances, il faut rester conscient de l'importante variation inter personnelle. Les études présentées ont souvent montré des patients dont l'écriture montrait des signes allant à l'encontre des mécanismes de modifications suggérés. Des personnes pouvaient ne montrer aucun signe de la maladie dans leur écriture même dans le stade le plus avancé de la pathologie, tandis que pour d'autres la dégradation se manifestait dès la découverte de la maladie. Cela ne fait que confirmer l'importance, dès que possible, d'avoir à disposition du matériel de référence contemporain et d'étudier chaque nouveau cas comme unique.

Conclusion

Cet article présente un état de l'art des recherches médicales liées à l'impact de la maladie d'Alzheimer sur les différentes étapes du processus d'écriture. Ces recherches ont été analysées d'un point de vue forensique, c'est-à-dire en lien avec la problématique posée par la maladie dans le cadre de l'expertise en écritures/signatures.

Selon les auteurs consultés, les premiers signes de la maladie ne se distinguent pas de ceux du vieillissement normal et se concentrent plutôt sur les processus centraux. Ils sont caractérisés par une dysgraphie lexicale, sémantique et phonologique et ont un impact principalement sur l'orthographe des mots et la narration. Des fautes d'orthographe, une difficulté dans l'écriture de mots irréguliers et ambigus ainsi que des omissions, des substitutions et une narration simplifiée peuvent apparaître. De plus, des problèmes peuvent survenir lors de la conversion des phonèmes en graphèmes, souvent visibles lors des épreuves de dictées. Si ces problèmes n'affectent pas le graphisme en lui-même et sont donc moins perturbants pour les experts, ils sont tout de même importants lors de l'analyse de textes qui implique une observation de la manière d'utiliser les mots et de formuler les phrases. Lors de la comparaison avec des textes de référence, l'expert est rendu attentif à la possibilité que de telles modifications surviennent de manière naturelle à cause de la maladie, et non en raison d' auteurs différents. Dans une deuxième phase de la maladie, les processus périphériques sont atteints. Dans ce cas, des modifications au niveau des caractéristiques graphiques spatiales ainsi que des problèmes au niveau des patterns grapho moteur et de la représentation des allographes peuvent se manifester. L'écriture peut alors être lente et hésitante. Une fois que le malade entre dans le stade avancé de la maladie, le processus de dégradation peut être très rapide [57]. Les caractéristiques graphiques sont dégradées, les lettres peuvent être mal formées, les inclinaisons et les proportions non respectées et des erreurs et des reprises sont présentes. Les études ont aussi montré une influence de la maladie, à différents stades sur les caractéristiques dynamiques de l'écriture. De manière générale, le mouvement est moins efficace. Des variations ont été constatées au niveau de la longueur et de la durée des traits, de la vitesse ainsi que de la pression. Ces modifications viennent de plus se rajouter aux variations fréquemment rencontrées dans l'écriture des personnes âgées.

Concernant les traitements, si les études sur les médicaments spécifiques à la maladie d'Alzheimer sont rares, une analyse par analogie a mis en évidence l'importance pour l'expert de connaître le suivi médical du patient. En effet, certains médicaments

ont montré avoir un impact sur le graphisme qu'il soit négatif ou bien positif. Le type de médicaments ainsi que son dosage peuvent aussi être des informations importantes.

Les informations fournies tout au long de cette recherche visent à venir en aide aux experts en documents au moment de se prononcer sur l'authenticité d'un écrit quand une personne malade d'Alzheimer est concernée. Les informations recueillies soulignent l'importance de connaître l'historique médical complet de la personne ainsi que d'avoir à disposition du matériel de référence contemporain.

Bibliographie

Notes

1. Les pseudo-mots sont définis comme des mots qui n'appartiennent pas au langage de l'individu mais respectent les règles phonologiques. La correspondance entre le son et le graphème est respectée mais le mot n'a pas de sens. Ex. le mot « asin ».
2. On définit comme réguliers des mots qui s'écrivent sans équivoque: soit parce qu'ils s'écrivent en utilisant les règles de conversion les plus fréquentes soit parce qu'il n'existe qu'une façon de les écrire [22-23].
3. On définit comme irréguliers ou ambigus des mots pour lesquels une simple conversion phonème-graphème au travers de la voie phonologique ne suffit pas pour obtenir la bonne orthographe (ex. le mot « femme »).
4. Voir note 1.
5. "represent the recruitment of synergies of agonist and antagonist muscle forces necessary for the realization of a writing trajectory in a given biophysical context" ([18], p.185).
6. Il convient de préciser que le terme dysgraphie a été privilégié à celui d'agraphie. Même si ces termes sont souvent utilisés par les chercheurs consultés comme des synonymes, le premier a été jugé plus pertinent parce qu'il indique une dégradation de l'écriture et non une impossibilité d'écrire.
7. Il s'agit de deux mots avec une prononciation identique mais qui s'écrivent de deux manières différentes tels les mots « maire » et « mère ».
8. Selon Harralson ([100], traduction libre), les caractéristiques dynamiques sont des « caractéristiques temporelles de l'écriture, enregistrées électroniquement tels que la vitesse, la pression et la durée ». (« refers to electronically captured temporal handwriting features such as velocity, pressure, and duration. » Harralson ([101], p.126))

References

1. alzheimer.ca [consulté le 22.3.2018]
2. Beauvois MF, Derouesne J. Lexical or orthographic agraphia. Brain. 1981; 104: 21–49.
3. Baxter DM, Warrington EK. Transcoding sound to spelling: single or multiple sound unit correspondence? Cortex. 1987; 23(1): 11–28.
4. Goodman RA, Caramazza A. Dissociation of spelling-errors in written and oral spelling – the role of allographic conversion in writing. Cognitive Neuropsychology. 1986; 3(2): 179–206.
5. Hatflied MF. Aspect of acquired dysgraphia and implication for re-education. Aphasia therapy. C. Dans Code, D. J. Mueller; 1983. London: Arnold.
6. Roeltgen DP, Heilman KM. Lexical agraphia – further support for the 2 system hypothesis of linguistic agraphia. Brain. 1984; 107: 811–827.

7. Roeltgen DP. Agraphia. Clinical neuropsychology. Oxford: Oxford University Press; 1993; 39-55.
8. Bollawilson K, Speedie LJ, Robinson RG. Phonologic agraphia in a left-handed patient after a right hemisphere lesion. Neurology. 1985; 35(12): 1778–1781.
9. Roeltgen DP, Sevush S, Heilman KM. Phonological agraphia: writing by the lexical-semantic route. Neurology. 1983; 33(6): 755–765.
10. Shallice T. Phonological agraphia and the lexical route in writing. Brain. 1981; 104: 413–429.
11. Croisile B. Agraphia in Alzheimer's disease. Dementia and geriatric cognitive disorders. 1999; 10(3): 226–230.
12. Montandon Varoda ML. L'écriture dans la démence de type Alzheimer et le vieillissement normal. Diplôme d'études supérieures. Genève: Université de Genève; 2000.
13. Neils-Strunjas J, Shuren J, Roeltgen D, Brown C. Perseverative writing errors in a patient with Alzheimer's disease. Brain and Language. 1998; 63(3): 303–320.
14. Caramazza A, Miceli G, Villa G, Romani C. The role of the graphemic buffer in spelling: evidence from a case of acquired dysgraphia. Cognition. 1987; 26(1): 59–85.
15. Ellis AW. Normal writing process and peripheral acquired dysgraphias. Language and Cognitive Processes. 1988; 3: 99–127.
16. Margolin DI, Goodman-Schulman R. Oral and written spelling impairments. Oxford: Oxford University Press; 1992.
17. Ellis AW, Young AW. Human cognitive neuropsychology. Hove, East Sussex: Lawrence Erlbaum; 1988.
18. Van Galen GP. Handwriting - issues for a psychomotor theory. Human Movement Science. 1991; 10(2-3): 165–191.
19. Margolin DI. The neuropsychology of writing and spelling - semantic, phonological, motor, and perceptual processes. Q J Exp Psychol. 1984; 36(3): 459–489.
20. Shallice T. From neuropsychology to mental structure. Cambridge: Cambridge University Press; 1988.
21. Caramazza A, Miceli G, Villa G. The role of the (output) phonological buffer in reading, writing, and repetition. Cognitive Neuropsychology. 1986; 3(1): 37–76.
22. Behrer L, Belleville S. Le déclin des fonctions exécutives au cours du vieillissement normal, dans la maladie d'Alzheimer et dans la démence frontotemporale. Psychol NeuroPsychiatr Vieil. 2004; 2(3): 181–189.
23. Croisile B. Ecriture, vieillissement, Alzheimer. Psychol Neuropsychiatr Vieil. 2005; 3(3): 183–197.
24. Zesiger P. Ecrire. Paris: Presses Universitaires de France; 1995.
25. Luzzatti C, Laiacona M, Agazzi D. Multiple patterns of writing disorders in dementia of the Alzheimer type and their evolution. Neuropsychologia. 2003; 41(7): 759–772.
26. Ellis AW. Spelling and writing (and reading and speaking). Normal Pathology Cognitive Funct. 1982: 113–146
27. Van Galen GP, Teulings HL. The independent monitoring of form and scale factors in handwriting Acta Psychologica. 1983; 54: 9–22.
28. Hulstijn W, Van Galen GP. Levels of motor programming in writing familiar and unfamiliar symbols. Cognition Action Skilled Behav. 1988; 55: 65–85.
29. Van Emmerick R, Newell K. The relationship between penpoint and joint kinematics in handwriting and drawing. Dans Plamondon R, Suen CY, Simner ML. Computer recognition and human production of handwriting. Singapore: World Scientific; 1989.
30. Serratrice G, Habib M. L'écriture et le cerveau. Mécanismes neuro-psychologiques. Paris: Masson; 1993.
31. Smyth MM, Silvers G. Functions of vision in the control of handwriting. Acta Psychologica. 1987; 65(1): 47–64.
32. Buquet A. L'expertise des écritures manuscrites. Paris: Editions Masson; 1991.
33. Contreras-Vidal JL, Teulings HL, Stelmach GE. Elderly subjects are impaired in spatial coordination in fine motor control. Acta Psychologica. 1998; 100(1-2): 25–35.

34. Dixon RA, Kurzman D, Friesen IC. Handwriting performance in younger and older adults: age, familiarity, and practice effects. Psychol Aging. 1993; 8(3): 360–370.
35. Ericsson K, Forssell LG, Holmen K, Viitanen M, Winbald B. Copying and handwriting ability in the screening of cognitive dysfunction in old age. Arch Gerontol Geriatr. 1996; 22(2): 103–121.
36. Hilton O. Scientific examination of questioned documents. New York: CRC Press; 1982.
37. Kapoor TS, Kapoor M, Sharma GP. Study of the form and extent of natural variation in genuine writings with age. J Forensic Sci Soc. 1985; 25(5): 371–375.
38. Longstaff MG, Heath RA. The influence of motor system degradation on the control of handwriting movements: a dynamical systems analysis. Human Movement Sci. 2003; 22(1): 91–110.
39. Mergl R, Tigges P, Schroter A, Moller HJ, Hegerl U. Digitized analysis of handwriting and drawing movements in healthy subjects: methods, results and perspectives. J Neurosci Methods. 1999; 90(2): 157–169.
40. Schweizer C. L'influence de la maladie sur l'écriture. Séminaire, Institut de Police Scientifique. Lausanne: Université de Lausanne; 1987.
41. Shim JK, Lay BS, Zatsiorsky VM, Latash ML. Age-related changes in finger coordination in static prehension tasks. J Applied Physiol. 2004; 97(1): 213–224.
42. Walton J. Handwriting changes due to aging and Parkinson's syndrome. Forensic Sci Int. 1997; 88(3): 197–214.
43. Duparchy-Jeannez M. Les maladies d'après l'écriture. Paris: Ed. Albin Michel; 1919.
44. Hilton O. Influence of serious illness on handwriting identification. Postgraduate Med. 1956; 19(2): 36–48.
45. Hilton O. Influence of age and illness of handwriting: identification problems. Forensic Sci. 1977; 9(3): 616–672.
46. Huber RA, Headrick AM. Handwriting identification: facts and fundamentals. New York: CRC Press; 1999.
47. Alzheimer A. Uber eine eigenartige Erkrankung der Hirinde. Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie und psychisch-Gerichtliche Medizin. 1907; 64: 146–148.
48. Guériot-Milandre C, Semprez C, Poncet M. Aspects cliniques et diagnostic. Maladie d'Alzheimer: Médecine thérapeutique. 1997; 3: 343–352.
49. APA. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Washington DC: American Psychiatric Association; 1994.
50. Caligiuri MP, et Mohammed LA. The neuroscience of handwriting: Applications for forensic document examination. Boca Raton: CRC Press; 2012.
51. alz.ch [consulté le 05.01.2018]
52. Eustache F, Agniel A, Dary VG, Puel M, Démonet FJ, Rascol A, Lechevalier B. Sériation chronologique des symptômes comportementaux et instrumentaux dans les démences de type Alzheimer. Revue de Neuropsychologie. 1993; 3: 37–61.
53. Delacourte A, Buée L. Modélisation de la maladie d'Alzheimer: un parcours semé d'embûches. Psychol NeuroPsychiatr Vieill. 2005; 3(4): 261–270.
54. Petersen RC, Smith GE, Ivnik RJ, Kokmen E, Tangalos EG. Memory function in very early Alzheimer's disease. Neurology. 1994; 44(5): 867.
55. Almkvist O, Basun H, Backman L, Herlitz A, Lannfelt L, Small B, Viitanen M, Wahlnund LO, Winbald B. Mild cognitive impairment - an early stage of Alzheimer's disease? J Neural. 1994; 54: 21–29.
56. Strub RL, Black FW. Organic brain syndromes. An introduction to Neurobehavioral disorders. Philadelphia: Davis; 1988.
57. Behrendt JE. Alzheimer's disease and its effect on handwriting. J Foren Sci. 1984; 29(1): 87–91.
58. alzheimer-recherche.org [consulté le 08.1.2019]
59. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiatr Res. 1975; 12: 189–198.

60. Heilman KM, Valenstein E. Clinical neuropsychology. New York: Oxford University Press; 2012.
61. McKhann G, Drachman D, Folstein M, Katzman R, Price D, Stadlan EM. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease report of the NINCDS-ADRDA work group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's Disease. Neurology. 1984; 34(7): 939–939.
62. Purtell DJ. Effects of drugs on handwriting. J Forens Sci. 1965; 10(3): 335–346.
63. Lambert J, Descat C, Eustache F. Les troubles des processus centraux et périphériques de l'écriture dans la maladie d'Alzheimer. Revue de Neuropsychologie. 2010; 2(1): 70–79.
64. Rapcsak SZ, Arthur SA, Nliklen DA, Rubens AB. Lexical agraphia in Alzheimer's disease. Arch Neurol. 1989; 46(1): 65–68.
65. Croisile B. Langage écrit et maladie d'Alzheimer. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences, Mention Neuropsychologie. Lyon: Université Claude Bernard; 1995.
66. Croisile B, Brabant MJ, Carmoi T, Lepage Y, Aimard G, Trillet M. Comparison between oral and written spelling in Alzheimer's disease. Brain Language. 1996; 54(3): 361–387.
67. Forbes KE, Shanks MF, Venneri A. The evolution of dysgraphia in Alzheimer's disease. Brain Research Bulletin. 2004; 63(1): 19–24.
68. Glosser G, Grugan P, Freidman RB. Comparison of reading and spelling in patients with probable Alzheimer's disease. Neuropsychol. 1999; 13(3): 350–358.
69. Horner J, Heyman A, Dawson D, Rogers H. The relationship of agraphia to the severity of dementia in Alzheimer's disease. Arch Neurol. 1988; 45(7): 760–763.
70. Hughes JC, Graham N, Patterson K, Hodges JR. Dysgraphia in mild dementia of Alzheimer's type. Neuropsycholog. 1997; 35(4): 533–545.
71. Platel H, Lambert J, Eustache F, Cadet B, Dary M, Viader F, Lechevalier B. Characteristics of evolution of writing impairment in Alzheimer's disease. Neuropsychologia. 1993; 11: 1147–1158.
72. Magrassi L, Bongetta D, Bianchini S, Berardesca M, Arienta C. Central and peripheral components of writing critically depend on a defined area of the dominant superior parietal gyrus. Brain Res. 2010; 1346: 145–154.
73. Graham NL, Patterson K, Hodges JR. Progressive dysgraphia: co-occurrence of central and peripheral impairments. Cognitive Neuropsychol. 1997; 14(7): 975–1005.
74. Cuetos F, Martinez T, Martinez C, Izura C, Ellis AW. Lexical processing in Spanish patients with probable Alzheimer's disease. Cognitive Brain Res. 2003; 17(3): 549–561.
75. Graham NL. Dysgraphia in dementia. Neurocase. 2000; 6(5): 365–376.
76. Glosser G, Kaplan E. Linguistic and nonlinguistic impairments in writing: a comparison of patients with focal and multifocal CNS disorders. Brain Language. 1989; 37: 357–380.
77. Lambert J, Giffard B, Nore F, De la Sayette V, Pasquier F, Eustache F. Central and peripheral agraphia in Alzheimer's disease: from the case of Auguste D. to a cognitive neuropsychology approach. Cortex. 2007; 43(7): 935–951.
78. Hillis AE., Caramazza A. The graphemic buffer and attentional mechanisms. Brain Language. 1989; 36(2): 208–235.
79. Miceli G, Silveri MC. Cognitive analysis of a case of pure dysgraphia. Brain Language. 1985; 25(2): 187–212.
80. Neils J, Roeltgen DP, Greer A. Spelling and attention in early alzheimers-disease – evidence for impairment of the graphemic buffer. Brain and Language. 1995; 49(3): 241–262.
81. Silveri M, Corda F, Di Nardo M. Central and peripheral aspects of writing disorders in Alzheimer's disease. J Clini Experim Neuropsychol. 2007; 29(2): 179–186.
82. Lambert J, Eustache F, Broute K, Gouault F, Rioux P, Dary M, Viader F, Lechevalier B. Perturbations centrales et périphériques de l'expression écrite dans la démence de type

Alzheimer. Dans Poncet M, Nieoullon A, Michel B. Actualités sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés. Marseille: Solal; 1994.
83. Zhou J, Jiang B, Huang XH, Kong LL, Li HL. Characteristics of agraphia in chinese patients with Alzheimer's Disease and amnestic mild cognitive impairment. Chinese Med J. 2016; 129(3): 1553–1557.
84. Slavin MJ, Phillips JG, Bradshaw JL. Visual cues and the handwriting of older adults: a kinematic analysis. Psychol Aging. 1996; 11:521–526.
85. Croisile B, Faure P, Michel F. Evaluation des éléments graphiques et spatiaux de l'écriture dans la maladie d'Alzheimer. Actualités. 1998: 335–340.
86. Wing AM. Motor control: mechanisms of motor equivalence in handwriting. Current Biology. 2000; 10(6): 245–248.
87. Kluger A, Gianutsos JG, Golomb J, Ferris SH, George AE, Franssen E, Reisberg B. Patterns of motor impairment in normal aging, mild cognitive decline, and early Alzheimer's disease. J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci. 1997; 52(1): 28–39.
88. Ross SK, Graham N, StuartGreen L, Prins M, Xuereb J, Patteron K, Hodges JR. Progressive biparietal atrophy: an atypical presentation of Alzheimer's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1996; 61(4): 388–395.
89. Schröter A, Mergl R, Bürger K, Hampel H, Möller HJ, Hegerl U. Kinematic analysis of handwriting movements in patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, depression and healthy subjects. Dementia Geriatriatric Cognitive Disorders. 2003; 15(3): 132–142.
90. Hillis AE, Benzing L, Caramazza A. Dissolution of spelling in a patient with Alzheimer's disease: Evidence for phoneme-to-grapheme correspondence ''rules''. Brain Language. 1996; 55(1): 62–65.
91. Eustache F, Lambert J. Les composantes apraxiques de l'agraphie. Apraxie et désordres lapparentés. 1993: 164–192.
92. Menichelli A, Rapp B, Semenza C. Allographic agraphia: a case study. Cortex. 2008; 44(7): 861–868.
93. Faber Langendoen K, Morris JC, Knesevich JW, Labarge E, Miller JP, Berg L. Aphasia in senile dementia of the alzheimer type. Annals Neurol. 1988; 23(4): 365–370.
94. Venneri A, Pestell SJ, Caffarra P. Independent allographic representation for cursive and print style: evidence from dysgraphia in Alzheimer's disease. Cognitive Neuropsychol. 2002; 19: 387–400.
95. Patterson K, Wing AM. Processes in handwriting - a case for case. Cognitive Neuropsychol. 1989; 6(1): 1–23.
96. Slavin MJ, Phillips JG, Bradshaw JL, Hall KA, Presnell I. Consistency of handwriting movements in dementia of the Alzheimer's type: A comparison with Huntington's and Parkinson's diseases. J Int Neuropsychol Soc. 1999; 5:20–25.
97. Yan JH, Rountree S, Massman P, Doody RS, Li H. Alzheimer's disease and mild cognitive impairment deteriorate fine movement control. J Psychiatr Res. 2008; 42: 1203–1212.
98. La Barge E, Smith DS, Dick L, Storandt M. Agraphia in dementia of the Alzheimer type. Arch Neurol. 1992; 49: 1151–1156.
99. Werner P, Rosenblum S, Bar-On G, Heinik J, Korczyn A. Handwriting process variables discriminating mild Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci. 2006; 61(4): 228–236.
100. Harralson HH. (2013) Developments in handwriting and signature identification in the digital age. L. S. Miller (ed). Routledge, Taylor and Francis Group: London and New York.
101. Gross LJ. Drug-induced handwriting changes: an empirical review. Texas Reports Biology Med. 1975; 33(3): 371–390.
102. Haase HJ. Extrapyramidal modification of fine movements: a "conditio sine qua non" of the fundamental therapeutic action of neuroleptic drugs. Revue canadienne de biologie. 1961; 20: 425–449.

103. Angus JW, Simpson GM. Handwriting changes and response to drugs-a controlled study. Acta Psychiatr Scand Suppl. 1970; 212: 28–37.
104. Gilmour C, Bradford J. The effect of medication on handwriting. J Can Soc Forensic Sci. 1987; 20(4): 119–138.
105. Caligiuri MP, Teulings HL, Dean CE, Niculescu AB, Lohr JB. Handwriting movement analyses for monitoring drug-induced motor side effects in schizophrenia patients treated with risperidone. Human Movement Sci. 2009; 28: 633–643.
106. Caligiuri MP, Teulings HL, Dean CE, Niculescu AB, Lohr JB. Handwriting movement kinematics for quantifying EPS in patients treated with atypical antipsychotics. Psychiatry Res. 2010; 177:77–83.
107. Van Hoof J, Hulstijn W, Van Mier H, Pagen M. Figure drawing and psychomotor retardation: preliminary report. J Affective Dis. 1993; 29:263–266.
108. Sabbe B, Hulstijn W, Van Hoof J, Tuynman-Qua HG., Zitman F. Retardation in depression: assessment by means of simple motor tasks. J Affective Dis. 1999; 55:39–44.
109. Sabbe B, Hulstijn W, Van Hoof J, Zitman F. Fine motor retardation and depression. J Psychiatric Res. 2006; 30:295–306.
110. Mergl R, Juckel G, Rihl J, Henkel V, Karner M, Tigges P, Schroter A, Hegerl U. Kinematic analysis of handwriting in depressed patients. Acta Psychiatrica Scandinavica. 2004; 109:383–391.
111. Hegerl U, Mergl R, Henkel V, Pogarell O, Müller-Siecheneder F, Frodl T, Juckel G. Differential effects of reboxetine and citalopram on hand-motor function in patients suffering from major depression. Psychopharmacol. 2005; 178(1): 58–66.
112. Buquet A. Les écritures des personnalités pathologiques ou criminelles, étude clinique. Paris: Editions Masson; 1994.
113. Fischer R, England SM, Archer RC, Dean RK. Psilocybin reactivity and time contraction as measured by psychomotor performance. Arzneimittel-Forschung. 1996; 16(2): 180.
114. Beck J. Handwriting of the alcoholic. Forensic Sci Int. 1985; 28(1): 19–26.
115. Gessel H. Drugs and questioned document problems. J Forensic Sci. 1961;8: 76–82.
116. Zesiger P, Deonna T, Mayor C. L'acquisition de l'écriture. Enfance. 2000; 53(3): 295–304.
117. Hanlen R, Manzollilo P, Muehlberger R, Sperry G. Survey of handwriting habit areas used by forensic document examiners: degree of use and discriminatory power. J Am Soc Questioned. 1999; 2: 45–50.
118. Dolfing J. Handwriting recongnition and verification; a hidden markov approach. Thèse de doctorat. Neatherlands: Eindhoven University of Technology; 1998.
119. Harrison W. Suspect Documents; Their scientific examination. London: Sweet & Maxwell Limited; 1996.