

L'évaluation des troubles de la lecture et de l'écriture

Marie-Pierre DE PARTZ

SOMMAIRE

1. Introduction	348
2. Les dyslexies acquises	348
3. Les dysgraphies acquises	360
4. Conclusion	371
5. Lectures conseillées	371

1. Introduction

Le langage écrit, lecture et écriture, joue un rôle important dans le bon déroulement de la vie quotidienne. L'importance de ces deux fonctions langagières s'est encore accrue avec le développement de la communication numérique (courrier électronique, Internet, réseaux sociaux, etc.). Aussi, les déficits de la lecture et/ou de l'écriture impactent-ils à des degrés variables la qualité de vie des personnes qui en sont atteintes à la suite d'une lésion cérébrale (acquise ou neurodégénérative). Ces déficits du langage écrit sont régulièrement associés à d'autres troubles aphasiques touchant la production et/ou la compréhension du langage oral mais ils peuvent aussi être spécifiques, la lecture et la production écrite pouvant se trouver elles aussi sélectivement dissociées par la pathologie.

À la différence du langage oral, qui s'acquiert naturellement durant les premières années de la vie, la production et la reconnaissance du langage écrit sont des compétences relativement récentes dans l'évolution qui doivent faire l'objet d'un apprentissage organisé, plus ou moins laborieux, qui permet d'acquérir des compétences non déterminées sur le plan biologique (Dehaene & Cohen, 2011). Chez l'adulte qui maîtrisait ces compétences, les déficits consécutifs à la lésion cérébrale dépendront non seulement du site lésionnel et de son étendue mais aussi du type de langue maîtrisée (systèmes alphabétiques plus ou moins opaques) et de son niveau d'expertise pré-lésionnelle de la langue écrite.

Ce chapitre est subdivisé en deux parties, la première est dédiée aux troubles de la lecture et la seconde aux troubles de l'écriture¹. Cet examen séparé obéit au souci de clarté de l'exposé, le lecteur gardant à l'esprit l'existence de recouvrements entre certains composants impliqués dans la reconnaissance et la production du langage écrit. Pour chacune de ces fonctions langagières, nous présenterons en premier lieu les cadres théoriques qui permettent de mieux comprendre les principaux déficits de la reconnaissance et de la production du langage écrit présentés par les patients adultes à la suite de lésions cérébrales acquises. Nous exposerons en second lieu la démarche d'évaluation guidée par ces modèles de référence. Les parties consacrées plus particulièrement à l'évaluation mettront l'accent sur les tâches à sélectionner et à contraster, sur les variables psycholinguistiques qui y seront testées ainsi que sur l'analyse qualitative des erreurs. Nous nous référons autant que possible aux instruments d'évaluation publiés en langue française.

2. Les dyslexies acquises

2.1. Délimitation du champ

L'acte de lire recrute tout à la fois des processus de traitement non linguistiques (visuels, visuo-perceptifs,

1 Au niveau de la terminologie, les termes génériques de « lecture » et d'« écriture » seront utilisés indistinctement pour évoquer les mécanismes périphériques et centraux de ces fonctions langagières. Selon la même logique, les termes de « dyslexie » (et non d'« alexie » à l'exception de l'alexie pure) et de « dysgraphie » (et non d'« agraphie » ou de « dysorthographe ») seront réservés tant aux troubles centraux que périphériques, respectivement de la lecture et de l'écriture.

mnésiques, spatiaux et attentionnels) et des processus linguistiques spécifiques à la lecture et/ou à d'autres fonctions langagières (langage oral, production écrite). Dans ce sens, la neuropsychologie établit une distinction entre les dyslexies centrales et les dyslexies périphériques. Les *dyslexies centrales* sont reconnues comme des troubles de la lecture qui surviennent dans un contexte plus général de troubles du langage, tandis que les *dyslexies périphériques* sont causées par des déficits d'origine visuelle, visuo-perceptive ou attentionnelle. Nous renvoyons le lecteur intéressé aux chapitres de cet ouvrage qui abordent plus précisément les troubles de la lecture qui s'inscrivent dans le contexte des *hémianopsies homonymes latérales* (gauches ou droites) et de la *négligence spatiale* (voir chapitre 27 de ce traité).

Dans la suite de ce chapitre, nous nous centrerons sur les dyslexies centrales qui apparaissent dans le contexte plus général des troubles langagiers ainsi que sur une forme de dyslexie périphérique, la *dyslexie sans agraphie ou l'alexie pure*² parce que les causes de ce trouble de lecture restent à ce jour encore débattues. La question est en effet de savoir si ce déficit résulte d'un déficit orthographique spécifique ou s'il relève davantage d'un déficit visuel plus général (Bormann, Frings, Dressing, Glauche & Weiller, 2018; Spang, Grimsen, Brunner & Fahle, 2019).

2.2. Cadre théorique et syndromes cliniques

Les modèles cognitifs contemporains de la lecture concernent essentiellement le traitement des mots isolés, ce qui peut paraître réducteur quand on sait que la finalité de la lecture est de comprendre la signification d'un texte suivi. Ces modèles se justifient néanmoins compte tenu des difficultés parfois très importantes que rencontrent de nombreux patients dyslexiques à lire et comprendre les mots isolés voire, pour certains d'entre eux, à reconnaître ou identifier les lettres isolées.

2.2.1. Les processus d'identification des lettres

En psychologie et neuropsychologie cognitives, la plupart des modèles théoriques de la lecture s'accordent sur le fait que les lettres constituent les unités de base de la perception des mots écrits et que leur reconnaissance repose sur leur traitement en parallèle (voir pour synthèse : Ferrand & Arroya, 2018). Plus précisément, c'est l'identité abstraite des lettres indépendamment de leurs typographies, tailles et formes ainsi que leur position à l'intérieur du mot qui doit être codée pour permettre au lecteur expert d'accéder aux significations des nombreuses anagrammes (e.g., BILAN – LIBAN) que compte une langue alphabétique telle que le français.

Sur base de la pathologie neuropsychologique, Caramazza et Hillis (1990; Hillis, Rapp, Benzing & Caramazza, 1998) et par la suite Schubert et McCloskey (2013, Schubert, Reilhac & McCloskey, 2018) décrivent dans un modèle interactif à double-voie les processus cognitifs

2 Différentes autres appellations sont retrouvées dans la littérature : alexie sans agraphie, alexie, dyslexie de la forme du mot, alexie verbale, alexie globale, cécité verbale, lecture lettre-à-lettre, dyslexie lettre-à-lettre et dyslexie orthographique (Starrfelt & Shallice, 2014).

prélexicaux qui sous-tendent l'accès à l'identité abstraite des lettres ainsi que le codage de leur position spatiale respective à l'intérieur du mot. Ils identifient trois (à quatre) niveaux de représentations mentales et différents systèmes de coordonnées spatiales dans lesquels ces représentations sont définies (figure 1).

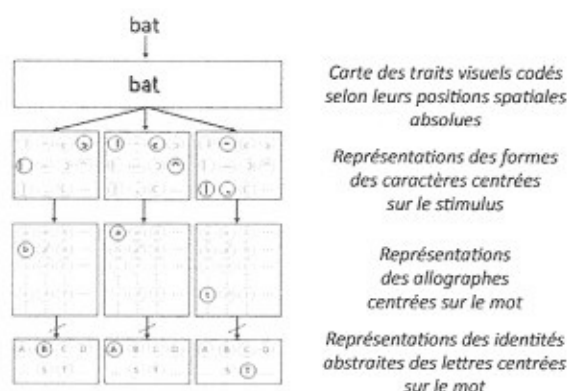


FIGURE 1 : Modèle théorique de la lecture des mots isolés : processus prélexicaux (Caramazza et al., 1990 amendé par Schubert & McCloskey, 2013).

Face à une séquence de lettres à lire, des processus visuels précoces sont supposés générer au *premier niveau* la représentation d'un ensemble de traits de bas niveau (contours, formes floues, intersections, etc.) dont la position globale serait codée en fonction de leur *position spatiale absolue* directement fonction du lieu de projection rétinienne. Ce niveau de représentation est commun aux traitements visuels de tous les types de stimuli visuels et implique le cortex visuel primaire. Des déficits sévères peuvent compromettre ces traitements visuels précoces. C'est le cas d'une hémianopsie homonyme latérale qui empêche ou ralentit la prise d'informations dans une moitié du champ visuel. C'est aussi le cas des trois patients décrits par Hillis et al. (1998) qui présentent une négligence spatiale perceptive (principalement gauche). Ceux-ci ont tendance à commettre plus d'erreurs en lecture quand les mots apparaissent dans la partie gauche de l'espace. Les erreurs portent dans ce cas sur la partie gauche du stimulus, soit les premières lettres du mot quand celles-ci sont canoniquement présentées de gauche à droite, soit sur les dernières lettres du mot s'il s'agit d'une présentation en miroir.

Au *deuxième niveau*, dit de la *représentation de la forme du caractère*³, a lieu la segmentation du stimulus en une suite de caractères individuels codés comme des configurations de traits visuels (e.g., traits verticaux, horizontaux, obliques, boucles, etc.). À ce stade, les représentations des caractères ne permettent pas de différencier les lettres d'autres signes typographiques ou de pseudo-lettres et moins encore d'accéder à l'identité des lettres. Selon Hillis

et al. (1998), les représentations enregistrées à ce niveau ont un *cadre de référence centré sur le stimulus*. Ainsi, les patients hémianopiques gauches qu'ils décrivent produisent des erreurs de lecture dans la partie gauche du stimulus quel que soit l'emplacement de la séquence en position centrale, gauche ou droite du champ visuel. Par exemple, si les lettres *b, a, t* du verbe conjugué *bat* sont présentées dans leur position canonique (de gauche à droite) quel que soit l'emplacement de la séquence en position centrale, gauche ou droite de l'espace des sujets, les erreurs portent sur les lettres initiales des mots. Par contre, si les mêmes caractères sont présentés en miroir (*t, a, b*) dans ces mêmes positions gauche, centrale et droite, les erreurs porteront sur la portion gauche du stimulus, à savoir leurs lettres finales.

À un *troisième niveau*, Schubert et McCloskey (2013) postulent un niveau d'assemblage arbitraire entre les formes des caractères et leurs différentes formes allographiques, définies comme les représentations des différentes polices et casses (majuscules et minuscules) que peut prendre une même lettre (e.g., B, b, &...).

À un *quatrième niveau*, les allographes activeraient leurs invariants graphémiques respectifs, soit des représentations amodales de l'identité des lettres indépendantes de leurs caractéristiques physiques. C'est cette séquence d'identités abstraites des lettres qui sert d'entrée aux voies d'assemblage et d'adressage. Les systèmes de coordonnées des représentations allographiques et graphémiques y seraient fonction de leur *position canonique à l'intérieur du mot* et non plus du stimulus. En reprenant l'exemple des lettres *b, a, t* issues du mot *bat*, l'allographe et le graphème *b* occupent la position initiale du mot indépendamment du fait que cette lettre apparaisse à l'initiale du stimulus dans sa présentation standard (de gauche à droite) ou en fin de stimulus dans sa présentation inversée (de droite à gauche) ou à la verticale de haut en bas ou de bas en haut.

La patiente, LHD (Schubert & McCloskey, 2013) produit un nombre anormalement élevé d'erreurs de substitution de lettres tant en lecture à haute voix de mots que de séquences aléatoires de lettres (e.g., kgnyq). Cette patiente est capable de réaliser une copie servile de lettres et de pseudo-lettres et d'accéder à la représentation des lettres quand celles-ci lui sont présentées en modalité tactile ou quand il lui est demandé de reconstituer le mot épilé oralement par l'examineur. LHD ne présente donc aucune difficulté à accéder à l'identité des lettres via d'autres modalités d'entrée. Pour tester les niveaux des représentations allographiques et de l'accès à l'identité des lettres au départ de la modalité visuelle, les auteurs proposent à leur patiente une tâche de décision littérale et une tâche de lecture à haute voix. Dans la tâche de décision littérale, LHD désigne quasi parfaitement (99,8 %) les deux caractères qui, parmi quatre, correspondent à des lettres. Par contre, elle échoue à lire à haute voix ces mêmes lettres (6 %) à l'intérieur des mêmes séquences de caractères. Si la patiente a bien accès aux représentations des formes des lettres et des allographes en particulier, elle n'accède pas aux identités abstraites des lettres requises par la lecture.

2.2.2. Les alexies pures

Les déficits d'identification des lettres renvoient au syndrome neuropsychologique de l'*alexie pure*, identifié il y a plus d'un siècle par Déjérine (1892, cité par

3 Pour Caramazza et Hillis (1990), ce niveau est dit de « représentation de la forme de la lettre » tandis que Schubert et McCloskey (2013) lui préfèrent l'appellation plus neutre de « représentation de la forme du caractère » pour insister sur le fait que ce niveau peut représenter la forme de n'importe quel caractère typographique ou lettre tronquée.

Leff & Starrfelt, 2014; Schubert & McCloskey, 2013, 2015; Starrfelt & Woodhead, 2021). Celle-ci est définie comme un déficit périphérique sévère de la lecture le plus souvent caractérisé par sa sélectivité dans la mesure où il ne s'accompagne généralement d'aucun déficit de l'écriture (spontanée, sous dictée ou en condition d'épellation orale), ni d'aucune altération d'autres fonctions langagières (en production et/ou en réception), ni davantage d'agnosie visuelle, ni de démence. L'alexie pure est associée à des lésions situées dans les aires ventrales temporo-occipitales gauches ou à ses connexions au départ de l'input visuel (Leff, Spitsyna, Plant & Wise, 2006).

Il faut reconnaître que l'alexie pure recouvre un large spectre de déficits de la lecture qui va de l'incapacité complète à lire/reconnaître une lettre présentée visuellement dans les formes les plus sévères, à une lecture correcte mais significativement ralentie avec un effet marqué de la longueur des mots dans le syndrome de la dyslexie lettre-à-lettre (DLàL) (Arguin, Fiset & Bub, 2002; Leff & Starrfelt, 2014).

Parmi les formes les plus sévères, les patients se trouvent incapables de reconnaître des lettres isolées alors que leur copie servile est possible. Le plus souvent, ils reconnaissent aisément les lettres dans d'autres modalités sensorielles que la modalité visuelle. Ainsi, ils identifient les lettres en trois dimensions qui leur sont présentées à la palpation (reconnaissance tactile), ou qui sont tracées dans les airs (reconnaissance kinesthésique) ou sur une surface rugueuse par mobilisation passive de leur index (reconnaissance tacto-kinesthésique). Ces patients sont généralement aussi en mesure d'identifier des mots ou des pseudomots dans une tâche de reconstitution d'épellation dans laquelle il leur est demandé de reconstituer un mot (ou un pseudomot) au départ de l'énoncé par l'examineur de la suite des noms des lettres qui le composent (e.g., /se/, /af/, /a/, /eR/, /a/ /de/, /œ/ → « charade »). Dans les formes moins sévères, l'identification des lettres est possible avec des confusions plus ou moins fréquentes de lettres visuellement proches (e.g., F → E; c → e) à l'intérieur du mot.

Dans la *dyslexie lettre-à-lettre*, la lecture des lettres isolées, des mots et des pseudomots se réalise le plus souvent sans erreur mais à une vitesse anormalement lente, le patient ayant tendance à nommer explicitement (ou non) chacune des lettres qui compose le mot écrit avant de le reconstituer. Une caractéristique importante de la DLàL est donc l'effet de la longueur en lettres du mot à lire qui peut varier considérablement d'un patient à l'autre. Il se traduit par une augmentation linéaire des temps de lecture en fonction du nombre de lettres que comptent les mots et par l'accroissement des taux d'erreurs (principalement des confusions entre lettres visuellement proches) en fonction du nombre de lettres que comptent les stimuli dans la condition d'évaluation en temps contraint. Dans sa revue de littérature relative aux effets de la longueur des mots en lecture, Barton, Hanif, Björnström et Hills (2014) relèvent dans les formes légères de DLàL des temps de lecture qui peuvent varier entre 200 et 300 millisecondes par lettre additionnelle dans un mot tandis que, dans les formes sévères, ces temps peuvent atteindre une seconde et plus par lettre. Si cet effet de longueur est caractéristique de la DLàL, il est aussi relevé dans d'autres formes de

dyslexies périphériques et en particulier dans les troubles de la lecture liés à la présence d'une hémianopsie. Or, une hémianopsie, le plus souvent homonyme latérale droite, est relevée chez 80 à 90 % des patients qui présentent une DLàL. Sheldon, Abegg, Sekunova et Barton (2012) placent le seuil maximal du temps de lecture à 161 millisecondes par lettre pour une hémianopsie droite complète et un maximum de 51 millisecondes par lettre chez les sujets qui disposent d'un champ visuel complet. Il est donc attendu qu'un patient qui présente une alexie pure associée à une hémianopsie latérale homonyme droite présente des temps de lecture nettement supérieurs à 161 millisecondes par lettre.

Plusieurs théories explicatives s'opposent actuellement concernant les déterminants sous-jacents à la *dyslexie lettre-à-lettre*. Certains chercheurs défendent l'hypothèse de déficits « spécifiques » à la reconnaissance des mots écrits (Cohen, Henry, Dehaene, Molko, Lehericy & Martinaud, 2004; Dehaene & Cohen, 2011; Spang et al., 2019). Les études en neuro-imagerie menées auprès des sujets sains par Cohen et Dehaene (2004; McCandliss, Cohen & Dehaene, 2003) ont permis d'identifier une aire cérébrale au niveau du gyrus fusiforme gauche, l'aire de la forme visuelle des mots (Ventral Word Form Area, VWFA), spécialisée dans l'identification des séquences abstraites des lettres qui composent les mots écrits. Le langage écrit étant considéré, par rapport au langage oral, comme une invention culturelle récente au regard de l'évolution, les auteurs estiment qu'il est peu probable que celle-ci ait déjà permis de déterminer génétiquement une aire spécialisée dédiée à la lecture. Selon l'hypothèse du « recyclage neuronal » qu'ils défendent, c'est l'expérience accumulée au cours de l'apprentissage de la lecture qui permet de tirer profit d'un circuit cérébral proche dédié initialement à la reconnaissance des objets et des visages. L'exploitation de la marge de plasticité de ce circuit « ancien » permettrait son ajustement à sa « nouvelle » fonction de lecture. Les cas de DLàL ont constitué des évidences à l'appui de l'existence de processus de traitement spécialisés dans la reconnaissance de la forme des mots écrits. Leur profil pathologique de lecture (lecture correcte mais lente) suggérant la dégradation ou un déficit d'accès au système qui traite la forme des mots écrits, en lien avec un déficit de la VWFA.

Cette attribution a été contestée par d'autres auteurs qui défendent l'hypothèse d'un déficit sous-jacent visuel plus général (Fiset, Gosselin, Blais & Arguin, 2006; Harris, Olson & Humphreys, 2013; Mycroft, Behrmann & Kay, 2009; Price & Devlin, 2003). Selon cette hypothèse, il est supposé qu'une activité aussi complexe que la lecture puisse être altérée par des déficits visuels de bas niveaux même subtils (Price & Devlin, 2003). Il a été rapporté un certain nombre de cas uniques et de groupes de dyslexiques DLàL qui présentent des déficits associés à leurs troubles de lecture dans différents types de tâches impliquant des stimuli non-orthographiques (déficits subtils de la reconnaissance des visages, d'objets en présentation non canonique, d'objets et de scènes complexes) (Behrmann & Plaut, 2014).

Pour Arguin et Bub (2005), c'est la sensibilité des patients DLàL à la proximité visuelle entre les lettres qui composent le stimulus écrit qui serait à l'origine des difficultés de traitement parallèle des lettres laissant la

place à leur traitement sériel qui limite les rétroactions lexicales. Il faut en effet que le niveau de similarité visuelle soit faible pour que la taille du voisinage orthographique exerce l'effet facilitateur attendu sur la qualité et la vitesse de lecture. Enfin, Fiset et al. (2006) évoquent une potentielle réduction de la sensibilité aux fréquences spatiales (élevées) qui serait déterminante pour le traitement des lettres et des mots dans la DLàL. Cette hypothèse se fonde sur la mise en évidence d'un effet de la longueur des mots, ainsi qu'un risque plus élevé de confusions visuelles entre lettres quand, chez des normolecteurs, il est opéré une suppression des bandes de fréquences spatiales élevées qui endommage la lisibilité des mots écrits plus que celle d'autres stimuli visuels.

Récemment, plusieurs auteurs ont remis en cause la relation de causalité entre DLàL et déficit visuel sur base de la seule association des déficits, celle-ci pouvant provenir de déficits liés à des lésions de zones cérébrales contiguës (Bormann et al., 2018; Yong, Warren, Warrington & Crutch, 2013). En particulier, Bormann et al. (2018) rapportent une double dissociation dans leur évaluation de trois patients : une patiente présentant une atrophie corticale postérieure (ACP), connue pour être à l'origine de dysfonctionnements visuels et visuo-spatiaux sévères assez sélectifs, et deux patients présentant une DLàL après accident vasculaire cérébral. Les auteurs comparent leurs performances dans différentes tâches de lecture (lecture de mots isolés de trois à six lettres) et tâches visuelles et visuo-spatiales (cinq épreuves de la Batterie de perception visuelle et spatiale, VOSP, Warrington & James, 2000 : reconnaissance de lettres fragmentées, de silhouettes, d'objets, comptage de points et localisation de nombres; en plus de trois épreuves de jugement même/différent incluant des paires de damiers, de séquences de pseudo-lettres/chiffres et de séquences de mots). Dans les tâches visuelles et visuo-spatiales, la patiente ACP présente un niveau de performance nettement inférieur à celui des deux patients dyslexiques tant au niveau de la précision que de la vitesse des traitements, alors que ses performances de lecture sont significativement plus rapides que celles des deux patients dyslexiques. Dans les tâches visuo-spatiales de jugements même/différent, une dissociation est aussi relevée : les performances de la patiente ACP sont déficitaires en précision et vitesse de traitement tant au niveau de la comparaison des damiers que des paires de pseudo-lettres/chiffres, alors que ses performances sont quasi parfaites pour les paires de mots et ses temps de traitement significativement inférieurs à ceux des patients dyslexiques.

2.2.3. Traitements des mots et des pseudomots

La littérature oppose deux grandes catégories de modèles pour rendre compte de la capacité du lecteur « expert » à lire à haute voix des mots et des pseudomots : les modèles à double-voie de traitement (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001; Perry, Ziegler & Zorzi, 2007) et les modèles à voie unique (Seidenberg & McClelland, 1989; Plaut, McClelland, Seidenberg & Patterson, 1996).

• Les modèles à double-voie

Ces modèles postulent l'existence de deux voies de lecture qui font appel à des processus distincts : la voie

lexicale est dédiée au traitement des mots alors que la voie sous-lexicale permet de traiter les mots nouveaux et les pseudomots⁴. Une caractéristique essentielle de ces modèles est que les informations relatives aux formes orthographiques et phonologiques des mots sont encodées spécifiquement et sont donc localisables au sein de la voie lexicale, alors que la voie sous-lexicale se caractérise par un système de transcodage direct des unités orthographiques en leurs contreparties phonologiques. Les cas de dissociation dans la pathologie neuropsychologique de l'adulte ont considérablement conforté cette théorie (Coltheart, 2017). Comme nous le verrons plus en détail par la suite, les chercheurs ont identifié différents profils de patients atteints de dyslexies acquises à la suite de lésions cérébrales, soit la *dyslexie phonologique* (Beauvois & Derouesné, 1979) caractérisée par un trouble important en lecture de pseudomots contrastant avec la quasi-préservation de la lecture des mots réguliers et irréguliers/inconsistants⁵. Ce trouble suggère une atteinte sélective de la voie sous-lexicale. Par contraste, les patients qui présentent une *dyslexie de surface* (Patterson, Marshall & Coltheart, 1985) éprouvent des difficultés à lire des mots irréguliers alors que la lecture des mots réguliers et des pseudomots est significativement mieux préservée. Ce déficit est supposé être lié à une atteinte de la voie lexicale qui est la seule à pouvoir traiter les mots irréguliers, les mots réguliers pouvant, par défaut, être traités par la voie sous-lexicale. Ces modèles à double-voie permettent aussi d'expliquer les mécanismes qui président aux traitements sémantiques et phonologiques. Il y est en effet supposé que le traitement via la voie lexicale peut se

4 Le pseudomot écrit est défini comme « une suite de lettres prononçable et légale, n'ayant pas de signification et ne constituant pas un mot mais respectant néanmoins les règles phonotactiques de la langue (e.g., TOBLE sur le modèle de TABLE et de NOBLE) ». À l'inverse, le non-mot écrit constitue « une suite de lettres non prononçable et illégale, n'ayant pas de signification, ne constituant pas un mot et ne respectant pas les règles phonotactiques (e.g., TNXVI) », Ferrand, 2007 (p. 468).

5 Classiquement (Venezky, 1970, cité par Ferrand, 2007, p. 245-246), un mot est « régulier » quand il est construit à partir de correspondances grapho-phonologiques fréquentes (e.g., CHARADE) alors qu'il est considéré comme « irrégulier » quand il viole les règles de conversion grapho-phonologiques (e.g., SECONDE). Le caractère régulier ou irrégulier d'un mot est donc défini en fonction de la fréquence d'occurrence de ces règles. Or, cette définition ne tient compte ni de la fréquence des mots comprenant cette règle, ni de la taille du segment orthographique considéré. À la variable de *régularité orthographique*, d'autres auteurs préfèrent la variable de *consistance orthographique* définie par Glushko (1979; cité par Ferrand, 2007) comme « la consistance entre la rime orthographique et sa prononciation. Un mot sera dit « inconsistent » s'il existe au moins un autre mot dont la rime orthographique se prononce autrement (GARS – MARS – JARS; ici en l'occurrence trois prononciations différentes pour la même rime écrite) ». Jared (1997; cité par Ferrand 2007) propose une mesure plus précise de la consistance intégrant pour les mots inconsistants un calcul du nombre et de la fréquence des mots dont la rime orthographique se prononce de la même façon, par rapport au nombre et à la fréquence des mots partageant la même rime mais de prononciation différente. Cette définition caractériserait mieux que la régularité la difficulté associée à la prononciation d'un mot.

réaliser par un accès direct du lexique orthographique au lexique phonologique et par un accès indirect à ces deux lexiques via le système sémantique.

Les modèles computationnels issus de cette théorie ont cherché à simuler le plus fidèlement possible les performances du lecteur expert et à apporter des interprétations à des tableaux de plus en plus diversifiés de dyslexies acquises, générées par des « lésions » de certains composants du modèle.

Parmi les modèles à double-voie, nous retiendrons les modèles à double-voie et en cascade, DRC (Dual-Route Cascaded Model; Coltheart et al., 2001) et le modèle connexionniste à double-voie, CDP+ (Connexionnist Dual Process Model; Perry et al., 2007).

Le modèle à double-voie en cascade (DRC) (figure 2). L'architecture du modèle se compose en fait de trois voies : la voie lexicale, la voie lexico-sémantique et la voie sous-lexicale. Ces voies partagent deux composants : l'analyse visuo-orthographique de la séquence de lettres comprenant en entrée un mécanisme d'analyse des traits qui composent les lettres ainsi qu'un mécanisme de reconnaissance des lettres, et en sortie un système phonémique commun qui maintient les séquences phonémiques recueillies à partir des traitements lexicaux et sous-lexicaux. Plus précisément, lorsqu'une séquence écrite se présente au système, elle génère des activations au niveau de seize traits visuels dont la combinaison rend compte des 26 lettres de l'alphabet. Pour chaque position, les traits visuels sont activés ou désactivés selon qu'ils correspondent, ou non, aux propriétés de la lettre traitée à chacune des positions. Ce traitement des lettres se réalise en parallèle et selon un codage positionnel strict. L'information se propage ensuite aux composantes des voies lexicale et sous-lexicale.

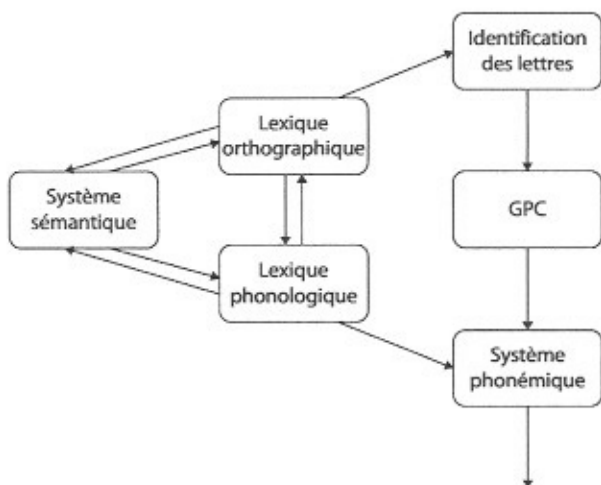


FIGURE 2 : Modèle à double-voie de la lecture et de la reconnaissance de mots et pseudomots (DRC, Coltheart, et al., 2001). GPC = Système de conversion grapho-phonologique.

La voie lexicale (non sémantique) est modélisée par un réseau interactif à codage local. Dès que les unités lettres commencent à être activées au départ des

traits visuels, elles propagent de l'activation aux unités orthographiques au sein de la mémoire à long terme, le *lexique orthographique*. Ces unités activent directement les unités lexicales correspondantes au sein du *lexique phonologique* ou recrutent le *système sémantique* selon que le traitement de la signification est ou non requis par la tâche. Ces unités activent à leur tour en parallèle, et pour toutes les positions, les phonèmes correspondants au niveau du système des phonèmes (qui ressemble à une mémoire de travail phonologique). Notons qu'au niveau des lexiques (orthographiques et phonologiques), les unités sont pondérées par leur fréquence d'occurrence de telle manière que des mots de haute fréquence activent plus rapidement leur représentation que les mots de basse fréquence. Le modèle DRC implémente une transmission en cascade des activations entre les niveaux adjacents (entre le niveau des lettres et celui du lexique orthographique et entre le lexique phonologique et le système phonémique). Les auteurs y utilisent des connexions bidirectionnelles, excitatrices et inhibitrices ce qui veut dire que lorsqu'une unité est activée par le niveau inférieur via les connexions excitatrices, les connexions inhibitrices ont pour effet de diminuer l'activité des unités qui se trouvent en compétition avec l'unité cible.

La *voie sous-lexicale* repose sur un système de règles de conversion grapho-phonologiques qui s'appliquent de manière sérielle de gauche à droite pour l'identification des graphèmes et leur conversion phonologique. La sélection phonémique est réalisée selon la fréquence de conversion la plus élevée compte tenu de la position du graphème à l'intérieur du mot cible.

Le modèle DRC suppose une compétition entre les voies lexicale et sous-lexicale, la sortie phonologique produite pour une entrée donnée étant évaluée en fonction de la vitesse de traitement au sein de chacune des voies. Les auteurs postulent que les traitements sont souvent les plus rapides via la voie lexicale. Cette asymétrie au profit de la voie lexicale permet entre autres aux mots irréguliers de ne pas être régularisés. Par contre, les latences plus élevées d'accès au lexique pour les items peu fréquents augmentent la probabilité d'une prononciation régularisée.

Le modèle connexionniste à double-voie (CDP+) (figure 3) proposé par Perry et al. (2007) est un modèle à double-voie qui a pour caractéristique essentielle de fusionner deux modèles antérieurs : le modèle DRC (Coltheart et al. 2001) et une version antérieure du présent modèle (CDP, Zorzi, Houghton & Butterworth, 1998, cité par Perry et al., 2007). À la différence du modèle DRC, il développe une architecture entièrement connexionniste là où le modèle DRC utilise un système symbolique reposant sur des représentations et des règles de production. Comme le modèle DRC, la séquence écrite active en premier lieu le niveau des traits visuels qui activent à leur tour les unités lettres. À ce niveau, les activations représentent l'identité des lettres et alimentent les deux voies de lecture.

Dans la version CDP+, la *voie sous-lexicale*, qui s'inspire largement du modèle CDP, comporte un élément central qui constitue un réseau à deux couches de la phonologie assemblée (Two-Layer Assembly network, TLA), sensible aux distributions statistiques des correspondances grapho-phonologiques d'une langue donnée. Contrairement au modèle DRC, Perry et al. (2007)

conçoivent, à l'entrée du réseau TLA, deux composantes : un système de segmentation et un *buffer graphémique*⁶. L'information relative à l'identité des lettres active en premier le processus de segmentation graphémique qui permet de décomposer les mots en séquences de graphèmes, tandis que le buffer graphémique permet de maintenir l'identité des lettres regroupées en graphèmes en les organisant selon leur position dans la structure syllabique écrite (l'attaque, la voyelle et la coda). Ainsi, le mot unisyllabique CHAQUE y serait décomposé en trois graphèmes selon la structure grapho-syllabique écrite suivante : le premier graphème CH correspond en première position à l'attaque de la syllabe, tandis que le graphème A occupe la position de noyau (voyelle) et le graphème QUE, celle de la coda. Les graphèmes sont identifiés au niveau du buffer graphémique selon un processus sériel avant d'être convertis en phonèmes. Par rapport au modèle DRC dans lequel la voie sous-lexicale fonctionne sur un mode lettre-à-lettre, le modèle CDP+ fonctionne par groupes de lettres.

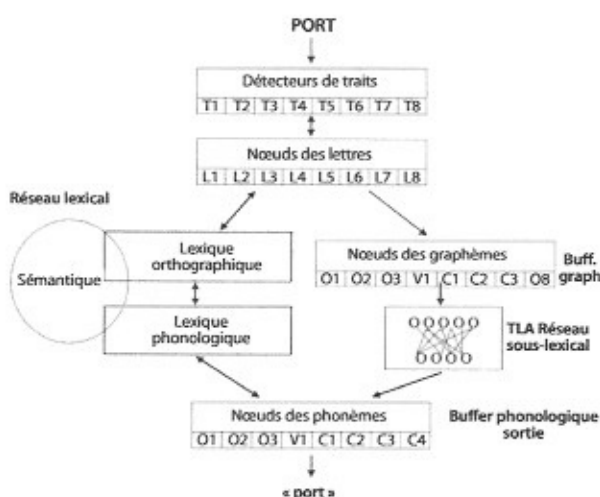


FIGURE 3 : Modèle connexionniste à double-voie (CDP+, Perry, et al., 2007).

Sa *voie lexicale* est identique à celle du modèle DRC correspondant à un réseau interactif. La sortie phonologique de cette voie a néanmoins été modifiée de manière à s'ajuster à la sortie phonologique de la voie sous-lexicale, via l'intégration d'une mémoire de travail, le *buffer phonologique*, qui constitue le point d'interaction entre les deux voies et au niveau duquel les codes phonologiques lexicaux et sous-lexicaux sont intégrés en temps réel et de manière compétitive afin de produire une prononciation finale. Le buffer phonologique ne constitue pas une suite linéaire de phonèmes mais utilise une distinction syllabique qui code l'attaque, le noyau et la coda.

• Les modèles à voie unique

Parmi ces modèles, le modèle triangulaire à traitement parallèle distribué (PDP) ou modèle en triangle de

Seidenberg et McClelland (1989, a été amendé par Plaut et al., 1996) (figure 4).

Ce modèle repose sur un mécanisme de traitement unique pour lire les mots et les pseudomots. Il se caractérise essentiellement par l'exploitation de représentations distribuées et non plus locales ainsi que de connexions variables et non plus fixées, comme c'était le cas dans le modèle DRC de Coltheart (2001). Les processus cognitifs peuvent donc être expliqués par le flux d'activations entre des unités de traitement entièrement connectées entre elles et constituant une espèce de réseau de neurones artificiels. Chaque mot est représenté par une configuration d'activations sur un ensemble d'unités, et chaque unité se retrouve dans la représentation d'un grand nombre d'autres mots. Les auteurs supposent que la lecture met en jeu trois types de connaissances : orthographiques, phonologiques et sémantiques. Ces connaissances sont représentées par des patterns d'activation sur plusieurs couches. La lecture d'un stimulus orthographique nécessite qu'un pattern d'activation au niveau de la couche orthographique soit capable de générer le pattern phonologique correspondant.

Trois types de connexions sont théoriquement possibles : les connexions qui relient l'orthographe à la phonologie, l'orthographe à la sémantique, et l'orthographe – via la phonologie – à la sémantique. Une caractéristique importante de ce modèle est qu'il intègre une procédure d'apprentissage, dite de rétropropagation de l'erreur qui, suite à la propagation spontanée de l'activation à travers les couches successives du réseau, doit permettre de modifier automatiquement les connexions en fonction des comparaisons qui sont faites entre le résultat obtenu et le résultat attendu. Dans la première version implémentée du modèle (1989), seule la composante qui relie l'orthographe à la phonologie a été simulée. Ainsi, les unités orthographiques (mots ou pseudomots) y sont codées par des trigrammes (e.g., correspondant pour le mot GARE : – GA, GAR, ARE, RE – (le tiret marquant le début ou la fin du mot)) tandis que les unités phonologiques vont être codées par des triplets de traits phonétiques /gaR/ : /-ga/, /gaR/, /aR-/. Ce que le système apprend pour le mot GARE va valoir pour tous les trigrammes qui partagent avec lui une ou plusieurs unités, et généraliser de la sorte la réponse au voisinage orthographique du mot GARE.

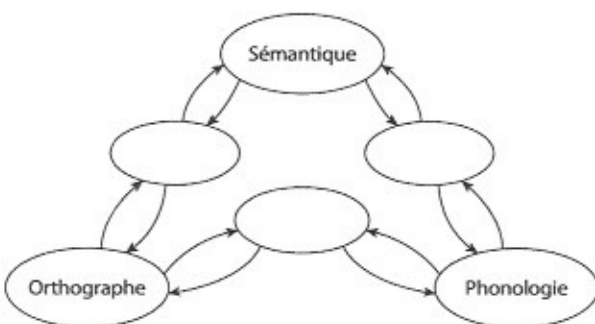


FIGURE 4 : Modèle connexionniste en triangle à une voie (Seidenberg & McClelland, 1989).

6 Supposé être commun à la lecture (en entrée) et à l'écriture (en sortie).

Plaut et al. (1996) ont revu le modèle initial de Seidenberg et McClelland (1989), et en particulier la connexion qui relie l'orthographe à la phonologie de manière à améliorer ses capacités à rendre compte de la lecture des pseudomots. Contre toute attente, les auteurs ont renoncé aux systèmes des représentations distribuées au profit d'unités discrètes et locales, soit au niveau orthographique des unités qui correspondent à des graphèmes et au niveau phonologique, des unités correspondant à des phonèmes. Les auteurs démontrent qu'en cas d'absence du système sémantique, les procédures de connexions entre les systèmes orthographique et phonologique sont capables d'apprendre à prononcer des mots réguliers et irréguliers, comme s'il s'agissait de pseudomots. Harm et Seidenberg (2004) ont précisé quant à eux la partie sémantique du modèle initial pour rendre compte d'effets reliés à la sémantique, notamment les effets d'homophonie et de pseudo-homophonie entre autres dans les expériences d'amorçage. À cet effet, les auteurs modélisent la connexion « directe » orthographe-sémantique et la connexion « phonologie » orthographe-sémantique, via la phonologie. Les auteurs défendent l'idée d'une dépendance entre les deux types de connexions vers la sémantique de manière à ce que les deux sources d'activation, de par leur fonctionnement parallèle, contribuent à une récupération sémantique efficace.

2.2.4. Les dyslexies centrales

Trois formes de dyslexies sont classiquement décrites en neuropsychologie cognitive : la dyslexie de surface, la dyslexie phonologique et la dyslexie profonde.

La *dyslexie de surface* est caractérisée par une altération sélective de la lecture des mots à orthographe irrégulière et/ou à correspondances grapho-phonologiques inconsistantes contrastant avec la préservation de la lecture des mots réguliers et des pseudomots (Behrmann & Bub, 1992). Cet effet de régularité est modulé par la fréquence d'usage des mots écrits et les erreurs typiquement produites par ces patients correspondent à des erreurs de régularisation de la prononciation (SECONDE → /səkɔ̃d/, POULS → « poules ») (Patterson et al., 1985).

Dans les modèles à double-voie, la dyslexie de surface relevée en lecture à haute voix est attribuée à un déficit de la voie lexicale qui peut renvoyer à différents déficits sous-jacents (Jeremy, Purcell, Schubert & Hillis, 2015) :

- Soit un déficit de l'accès au lexique orthographique qui se traduit par des difficultés dans une tâche de décision lexicale écrite dans laquelle ces patients, comme le patient PS (Hillis, 1993), présentent des difficultés à accepter des mots irréguliers peu et moyennement fréquents (e.g., CHORALE) et à rejeter des pseudomots homophones de mots réels (e.g., AIMAUSION) alors qu'ils ne présenteront aucune difficulté à rejeter les pseudomots non homophones (e.g., CHATUPOURE) et les mots réguliers (e.g., CONDUCTEUR), voire des mots irréguliers fréquents (e.g., FEMME). Ce déficit compromet l'accès au système sémantique dans la mesure où ces patients ont tendance à attribuer au mot écrit la signification de l'erreur de régularisation commise en lecture à haute voix (e.g., GARS → « gare », défini erronément comme « l'endroit où les trains s'arrêtent pour permettre aux voyageurs de monter à bord ») alors que la performance est normale dans la version auditive de cette même épreuve.

- Soit un déficit de connexion du lexique orthographique au système sémantique, l'un et l'autre étant par ailleurs intacts. Tsapkini et Rapp (2010) ont mis en évidence ce déficit particulier chez leur patient DPT dans des épreuves à temps de réaction réputées plus sensibles. Si la lecture à haute voix se réalise sans erreur, celle-ci est anormalement lente pour les mots irréguliers peu fréquents. Ce patient est aussi plus lent par rapport à la population de référence dans des tâches de jugement de synonymes écrits, ainsi que dans une tâche de décision lexicale écrite avec amorçage sémantique. Par contre, le patient n'est pas en difficulté dans ces mêmes tâches présentées en modalité auditive.

- Soit un déficit du système sémantique (J.J., Hillis & Caramazza, 1991) qui se marque de manière constante dans toutes les tâches de compréhension (vérification mot/image, appariement mot/image) dans les modalités orale et écrite de même que dans les tâches de dénomination orale et écrite. Dans ces tâches, les erreurs sont de nature sémantique alors qu'en lecture et en écriture, les erreurs dominantes sont des régularisations ou plus rarement des erreurs mixtes sémantico/formelles (e.g., SKIRT → « shirt »). Les performances en lecture (et en écriture) attestent de l'engagement spontané des deux voies lexicales (déficiente) et sous-lexicales (préservée). En effet, il est relevé tout à la fois moins d'erreurs sémantiques en lecture et écriture que si la voie lexicale avait été seule engagée, comme c'est le cas dans les tâches de dénomination orale (et écrite) et moins d'erreurs de régularisation que si la voie sous-lexicale était seule à l'œuvre.

- Soit, enfin, un déficit d'accès au lexique phonologique de sortie (H.G., Hillis & Caramazza, 1991) qui se manifeste par un effet de la régularité et des erreurs de régularisation dans la seule tâche de lecture à haute voix, les tâches de décision lexicale écrite et de compréhension de mots irréguliers étant préservées. Chez ces patients, ce même déficit d'accès au lexique phonologique est responsable d'une anomie avec production de paraphasies sémantiques en dénomination orale. Il a été supposé que le recours à la voie d'assemblage en lecture facilitait l'accès au lexique phonologique de sortie, dans les limites de traitement néanmoins de cette voie de lecture (les mots irréguliers peu fréquents).

Dans les modèles à double-voie, il est donc rendu compte des différents profils de dyslexie de surface via des altérations de différents composants de la voie lexicale, dont le lexique orthographique. Les partisans des modèles connexionnistes à voie unique, au contraire, expliquent la présence d'une dyslexie de surface par le seul déficit des représentations sémantiques distribuées, ce qui aurait un impact direct sur l'activation des unités orthographiques et/ou phonologiques et devrait par conséquent avoir une incidence sur le traitement des mots irréguliers, principalement peu fréquents en lecture. L'étendue du déficit sémantique prédirait la sévérité de la dyslexie/dysorthographe de surface. À l'appui de cette position unitaire, Woollams, Lambon Ralf, Plaut & Patterson (2007 ; Teichmann, Sanches, Moreau, Ferrieux, Mogues, Dubois... & Sharifzadeh, 2019) relèvent l'association fréquente d'une dyslexie de surface chez les patients qui présentent des déficits de la mémoire sémantique quelle qu'en soit l'étiologie. Ces observations sont les plus évidentes chez les patients qui présentent une démence sémantique se caractérisant par

une dégradation progressive de la mémoire sémantique consécutive à une atrophie évolutive bilatérale mais asymétrique (au détriment de l'hémisphère gauche) des lobes temporaux antérieurs. Les auteurs appuient cette interprétation par une étude rétrospective et longitudinale menée sur les analyses d'une cohorte de 51 patients qui ont tous été soumis aux mêmes tests de lecture et d'évaluation de la mémoire sémantique (fluente catégorielle, dénomination, appariement mots entendus/images et test d'associations sémantiques). Les auteurs mettent en évidence pour l'ensemble du groupe un profil caractéristique de la dyslexie de surface, soit des effets robustes de la fréquence des mots, de leur régularité ainsi qu'une interaction entre ces deux variables. La précision de la lecture à haute voix est significativement reliée au niveau de la performance sémantique pour tous les types de mots, mais davantage encore pour les mots peu fréquents et pour les mots irréguliers. Le taux d'erreurs phonologiquement plausibles s'accroît en fonction de l'aggravation du trouble sémantique. Les auteurs relèvent pourtant l'absence de dyslexie de surface chez trois de leurs patients, chez qui elle apparaîtra néanmoins après l'aggravation du déficit sémantique.

Les données de la neuro-imagerie fournissent des corrélats neuro-anatomiques de la dyslexie de surface. Ceux-ci incluent le gyrus occipital médian gauche, les gyri temporaux gauches supérieur, médian, et inférieur, l'insula gauche dans ses portions postérieure et inférieure avec un engagement du fascicule occipito-frontal inférieur (Ripamonti, Aggüjaro, Molteni, Zonca, Frustaci, & Luzzati, 2014).

La *dyslexie phonologique*, décrite initialement par Desrouesné et Beauvois (1979, 1985; Coltheart, 1996; Dickens, DeMarco, van der Stelt, Snider, Lacey, Medaglia... & Turkeltaub, 2021; Rapcsak, Beeson, Henry, Leyden, Kim, Rising, Andersen & Cho, 2009), représente le trouble de lecture complémentaire à celui de la dyslexie de surface. Les déficits portent sur la lecture des pseudomots alors que les mots réguliers et irréguliers sont (relativement) bien traités. La lecture des pseudomots n'est pas pour autant abolie et les erreurs correspondent davantage à des paralexies phonologiques qu'à des non-réponses ou des paralexies sémantiques. Les performances au niveau des mots sont variables selon les patients dans le sens où certains ne présentent aucune difficulté à lire les mots alors que d'autres éprouvent certaines difficultés à lire les mots fonctionnels (NOUS → « toi ») (présentés isolément ou à l'intérieur des phrases) et/ou à produire des paralexies visuelles (PAQUET → « parquet »).

Comme pour la dyslexie de surface, il manque de consensus dans la littérature sur l'origine fonctionnelle de la dyslexie phonologique. Dans les modèles à double-voie (Coltheart et al. 2001; Perry et al., 2007), elle trouve son origine dans l'altération d'un ou plusieurs composants de la voie sous-lexicale, seule voie possible pour traiter les pseudomots qui ne disposent pas de contreparties lexicales (orthographiques et phonologiques) en mémoire à long terme. Derouesné et Beauvois (1979; Howard & Best, 1996; Macoir, Fossard, Saint-Pierre & Auclair-Ouellet, 2012; Tree, 2008) mettent en évidence différents profils de dyslexie phonologique :

- Chez un des patients, il est relevé des difficultés à lire les pseudomots quand ceux-ci sont composés de graphèmes

formés de plus d'une lettre (BOU) alors que les pseudomots composés de graphèmes ne comportant qu'une seule lettre (EBU) sont significativement mieux lus. Les auteurs y voient un déficit de la voie sous-lexicale qui porte spécifiquement sur les capacités de segmentation graphémique préalable aux conversions grapho-phonologiques, alors que les conversions grapho-phonologiques et leur assemblage sont préservés.

- Une autre patiente présente des performances de lecture qui s'accroissent significativement au niveau de la précision quand il s'agit de pseudomots homophones de mots réels (KOK) comparativement à des pseudomots non homophones de même structure syllabique (FUJ). Cet effet de pseudohomophonie est bien connu pour accroître la vitesse de lecture des lecteurs adultes. Dans la pathologie, cet effet a été interprété comme un déficit d'assemblage de la forme phonologique et une interaction possible avec la voie lexicale (lexique phonologique).

- Enfin, certaines dyslexies phonologiques sont associées à des déficits des conversions grapho-phonologiques et particulièrement des conversions des graphèmes complexes (Macoir et al., 2012).

Dans le contexte des modèles connexionnistes en triangle (Plaut et al., 1996), la cause de la dyslexie phonologique est à rechercher dans un déficit phonologique général qui touche non seulement la lecture mais aussi d'autres tâches qui recrutent les traitements phonologiques (répétition, écriture sous dictée et tâches métaphonologiques). Il est supposé que les pseudomots sont plus vulnérables dans la mesure où ils présentent des représentations phonologiques moins stables que celles des mots. À l'appui de cette hypothèse, les déficits de lecture des pseudomots ont été associés à des lésions dans les régions périsylviennes qui constituent le réseau des traitements phonologiques. C'est la sévérité du déficit phonologique sous-jacent et la difficulté des tâches proposées qui rendraient compte de ces différents profils de dyslexie phonologique. Néanmoins, plusieurs cas de déficits sélectifs de la lecture des pseudomots sont rapportés sans que ne soient relevées de difficultés en lecture de mots ni dans différentes autres tâches phonologiques (Caccappolo-van Vliet, Miozzo & Stern, 2004; Derouesné & Beauvois, 1985; Macoir et al., 2012).

Les données de la neuro-imagerie concernant la dyslexie phonologique soulignent le rôle de l'insula gauche (dans ses portions postérieure et supérieure), du gyrus frontal inférieur gauche (pars operculaire) et de l'opercule rolandique.

La *dyslexie profonde* (Coltheart, Patterson & Marshall, 1980; Malhi, McAuley, Lansue & Buchanan, 2019) est une forme plus sévère qui, dans le décours de la récupération, peut évoluer vers une dyslexie phonologique. Ses deux traits cardinaux sont l'incapacité à lire des pseudomots et la production de paralexies sémantiques (e.g., FOULURE → « entorse »). La lecture des pseudomots est à ce point compromise qu'elle donne lieu à des non-réponses ou des lexicalisations (e.g., DIBRAN → « divan ») alors que le patient est le plus souvent capable de décider si la séquence de lettres qu'il a sous les yeux correspond ou non à un mot de la langue. Si les mots sont significativement mieux lus, d'autres types d'erreurs sont relevés : des paralexies morphémiques (e.g., JARDINAGE → « jardinier »), des substitutions de mots fonctionnels (e.g., IL → « toi ») et des

paralexies visuelles (e.g., CONTENU → « château »). Ces dernières correspondent à un mot de la langue qui partage avec le stimulus au moins 50 % des lettres dans la même position. Différentes variables psycholinguistiques vont influencer leurs performances : la fréquence d'usage du mot écrit, sa catégorie grammaticale (les mots fonctionnels étant plus faciles à traiter que les adjectifs, les verbes et les mots fonctionnels), la composition morphologique (les mots monomorphémiques étant mieux lus que les mots bimorphémiques), et enfin son niveau de concrétude/imageabilité (e.g., CORNE vs NORME), un mot abstrait/peu imageable étant moins bien traité. Au vu de la sévérité du trouble de lecture et de l'étendue des lésions cérébrales (fronto-pariéto-temporales) gauches, les deux voies de lecture sont supposées être déficitaires chez les dyslexiques profonds.

2.3. Evaluation de la lecture

2.3.1. Le traitement des lettres isolées

Dès l'évaluation du langage de première ligne, il est généralement proposé au patient une tâche de lecture à haute voix de lettres isolées, dans laquelle il lui est demandé de fournir le nom des lettres soit sans contrainte temporelle, soit avec mesure des temps de réponse (sur carton ou sur écran d'ordinateur en position centrale et dans une typographie familière (majuscules et minuscules d'imprimerie) et confortable (Times 18)) (Test 22, PALPA, Kay, Lesser & Coltheart, 1982). Cette tâche ne doit pas être confondue avec la tâche de lecture phonémique qui consiste à demander au patient de fournir le phonème correspondant à la lettre (e.g., F → /f/) ou aux lettres (e.g., AN → /ɑ̃/) isolées, ce qui au-delà de la reconnaissance de la lettre évalue la capacité du patient à réaliser les conversions grapho-phonologiques.

Il y aura à suspecter un déficit relativement sévère de la reconnaissance des lettres si le patient est incapable de les lire à haute voix ou s'il commet des erreurs de substitution entre lettres visuellement proches (e.g., N → H; e → a). Une autre épreuve de reconnaissance de lettres qui n'implique pas de production orale est celle proposée dans la batterie PALPA (épreuves 19 et 20) (Kay et al., 1982). Dans l'épreuve 19, il est demandé au patient de réaliser un appariement graphémique entre une lettre présentée en majuscule d'imprimerie (H → h ou k) et une des deux lettres-réponses présentées en minuscules d'imprimerie sans qu'elles ne soient dénommées explicitement, de manière à cibler la reconnaissance des lettres et contourner toute difficulté de production orale. Deux tiers des lettres cibles sont visuellement différentes de la lettre-stimulus. Les deux lettres-réponses sont visuellement proches les unes des autres. L'épreuve 20 se différencie de l'épreuve 19 dans la mesure où la lettre stimulus est proposée dans la casse minuscule tandis que les deux lettres-réponses sont en majuscules d'imprimerie, selon le même principe qu'à l'épreuve précédente. Le patient qui présente des difficultés limitées à l'accès à l'identité abstraite des lettres devrait être en difficulté quand les paires sont visuellement différentes et graphémiquement identiques (A – a). Enfin, une dissociation sera recherchée entre les performances dans les tâches de copie graphémique et de copie servile. Les patients qui présentent des déficits limités à l'identification

des lettres ne devraient éprouver aucune difficulté en copie servile où ils ont à reproduire des lettres, des mots voire des phrases dans la même typographie que celle du modèle, alors qu'ils seront en difficulté quand ils ont à accéder à l'identité de la lettre pour pouvoir récupérer l'allographe correspondant dans une autre police de caractères (CHARADE → charade).

Pour confirmer l'existence d'un trouble sélectif de l'identification des lettres, il est utile de s'assurer que les difficultés de reconnaissance ne s'inscrivent pas dans un contexte plus général d'agnosie visuelle (pour les objets, les visages, les formes et les damiers) et, dans la négative, vérifier si le patient accède à la représentation abstraite des lettres dans d'autres modalités sensorielles telles que les modalités tactile et verbale. En modalité tactile, cette vérification est réalisée différemment mais toujours sans afférence visuelle (yeux bandés) : soit en reconnaissance tactile où il est demandé au patient d'identifier les lettres en trois dimensions qui leur sont présentées à la palpation, soit par afférence kinesthésique quand les lettres sont reconnues après avoir été tracées dans les airs ou sur une surface rugueuse par mobilisation passive de l'index du patient (reconnaissance tacto-kinesthésique). La modalité verbale peut aussi être exploitée dans une tâche de reconstitution d'épellation dans laquelle il est demandé au patient de reconstituer un mot (ou un pseudomot) au départ de l'énoncé par l'examineur de la suite des noms des lettres qui le compose (e.g., /se/, /aʃ/, /a/, /ɛʁ/, /a/ /de/, /œ/ → « charade ») (Schubert & McCloskey, 2013). Si les lettres peuvent être identifiées dans une autre de ces modalités, il pourra être conclu à la préservation de l'identité abstraite des lettres en même temps qu'à la préservation de l'accès aux représentations lexicales correspondant aux noms des lettres. Il a en effet été relevé dans la littérature un trouble sélectif d'accès au lexique particulier des noms de lettres (Bevan, Robinson, Butterworth & Cipolotti, 2003).

À supposer qu'un déficit se confirme à l'épreuve de lecture de lettres isolées, le clinicien peut être amené à tester les niveaux de traitement antérieurs tels que celui de la reconnaissance des *représentations allographiques* (Schubert & McCloskey, 2013) en proposant une tâche de *décision littérale* dans laquelle il est demandé au patient d'identifier dans un premier temps parmi quatre caractères les deux ou trois qui correspondent à des lettres de la langue sans néanmoins les lire à haute voix. Les pseudo-lettres de la séquence sont créées au départ des traits graphiques des lettres existantes (figure 5).



FIGURE 5 : Exemple de lettres et non lettres proposées en décision littérale (Schubert & McCloskey, 2013, p. 12).

Dans un deuxième temps, il sera proposé au patient de lire à haute voix les lettres telles que présentées dans ces mêmes séquences de lettres et pseudo-lettres. Si l'accès aux représentations allographiques est préservé, le patient devrait réussir à détecter les lettres parmi les pseudo-lettres,

alors que leur identification devrait rester déficitaire en lecture à haute voix dans le même environnement de caractères. Il est proposé une variante de cette épreuve dans la batterie PALPA (Test 18, Kay et al., 1982) dans laquelle il est demandé au patient d'identifier parmi les 36 lettres (minuscules et majuscules d'imprimerie) disposées sur une planche A4 celles qui sont correctement orientées, la moitié d'entre elles correspondant à des lettres présentées en miroir. Si le patient ne réussit pas à détecter les formes familières des lettres, d'autres épreuves seront sélectionnées pour tester les capacités du patient à percevoir les différents *traits graphiques* qui composent individuellement les lettres. Parmi ces épreuves : la copie servile de lettres selon le modèle présenté, une épreuve d'appariement de lettres physiquement semblables (*f* → à retrouver dans la suite *t - f - h - r - l*) (Francis & Riddoch, 2001) ou encore une tâche de jugement même/différent entre deux séquences de trois lettres. Schubert et McCloskey (2013) ont créé une épreuve de ce type, composée de 168 paires de triplets de lettres affichées chacune durant 2000 millisecondes sur écran, les deux éléments de la paire étant présentés l'un au-dessous de l'autre. La moitié des paires partagent la même police (DFA-DFA; EGQ-AGQ; htp-htp; mhr-mho) tandis que l'autre moitié est composée de paires de lettres de polices différentes (mhr-MHR; GHD-ghm). À défaut de pouvoir accéder à l'identité des lettres dans la condition de polices différentes, le patient qui perçoit correctement les différents traits des lettres devrait réussir les jugements même/différent quand les paires partagent la même police.

2.3.2. Le traitement parallèle des lettres

Selon le degré de sévérité du trouble, le déficit d'identification pourrait ne plus se manifester qu'au seul niveau des temps de traitement, ceux-ci étant anormalement élevés par rapport aux populations de référence tant au niveau de la lettre individuelle qu'au niveau des mots.

Chez des patients DLàL, Arguin, Fiset et Bub (2002) utilisent une épreuve d'*amorçage graphémique* qui exploite les processus de traitement automatique de la reconnaissance du graphème et l'enregistrement des temps de lecture de lettres isolées. Plus précisément, il est demandé au sujet de lire une lettre cible (A) dans trois conditions d'amorçage (avec masquage) : une amorce physiquement (et graphémiquement) semblable à la cible (A), une amorce graphémiquement (et non physiquement) semblable à la cible (a) et une amorce différente graphémiquement et physiquement (o) (tableau 1).

TABEAU 1 : Paradigme d'amorçage littéral/graphémique (Arguin, et al., 2002)

	Condition 1	Condition 2	Condition 3
Amorce	A	a	O
Masque	XXXXX	XXXXX	XXXXX
Cible	A	a	A

Trois types d'amorçage : condition 1 (amorce physiquement et graphémiquement semblable), condition 2 (amorce physiquement différente, graphémiquement semblable), condition 3 (amorce physiquement et graphémiquement semblable).

Chez les normolecteurs, il est relevé un effet de facilitation de la lecture à haute voix d'une lettre cible pour les amorces (A) et (a) alors que l'amorce (o) ne produit aucune facilitation. Chez les patients DLàL testés, seule l'amorce (A) facilite la lecture de la lettre cible, l'amorce graphémique (a) ne la facilitant pas plus que l'amorce (o). Les patients DLàL ne seraient donc sensibles qu'au seul amorçage de répétition.

L'effet de la longueur des mots et/ou des pseudomots sera recherché au niveau de la précision des réponses et/ou des temps de lecture en proposant deux listes de mots, l'une comprenant des mots courts (quatre-cinq lettres) et l'autre des mots longs (huit-neuf lettres) en veillant à neutraliser les variables de voisinage orthographique et de niveau de proximité visuelle avec les autres lettres de la langue. Dans les formes modérées, il pourrait être suggéré d'utiliser la lecture sous contrainte temporelle (temps de présentation variant entre 150 et 300 msec pour les mots courts) de manière à relever la précision des réponses et, en particulier, la présence de paralexies visuelles.

Dans l'épreuve proposée par Warrington et Langdon (2002; cités par Rosazza, Appollonio, Isella & Shallice, 2007), le *traitement de la séquence des lettres* est évalué dans deux conditions de présentation de mots de six lettres de fréquence moyenne. Dans la *condition cumulative*, les lettres s'additionnent l'une après l'autre successivement jusqu'à ce que le mot soit complété (A - AN - ANI - ANIM - ANIMA - ANIMAL). L'intégration spatiale des lettres peut donc s'y réaliser dans le contexte des autres lettres, ce qui permet le traitement des lettres en parallèle. Dans la *condition successive*, qui favorise un traitement sériel, chaque lettre apparaît isolément dans sa position spatiale respective au moment où la précédente disparaît de l'écran. Les temps d'exposition sont de 100, 200, 300, 500 msec dans les deux conditions. Les sujets contrôles réalisent parfaitement la condition cumulative quels que soient les temps de présentation des lettres tandis que des erreurs surviennent aux temps de présentation les plus rapides (100 et 200 msec) quand les lettres se trouvent en position successive. Par contre, les patients DLàL testés produisent plus d'erreurs visuelles que les sujets normaux et se comportent de la même manière dans les conditions cumulative et sérielle aux temps de présentation de 100 et 200 msec, ce qui serait le signe de l'adoption d'une procédure sérielle dans les deux conditions.

2.3.3. L'intégrité des deux voies de lecture

Dans les modèles à double-voie, l'intégrité globale des voies lexicales et non lexicales est testée en recherchant les effets de la régularité et/ou consistance orthographique et ceux de la lexicalité dans des tâches de lecture à haute voix (Bézy, Pariente & Renard, 2016, 2021; de Partz, 1994, 1999, en préparation; Lemay 1992; Macoir, Jean & Gauthier, 2015; Jourdain, Zagar & Lété, 2008).

Tester la *voie lexicale* revient à vérifier la capacité du patient à accéder aux connaissances orthographiques et à leur prononciation en testant spécifiquement la lecture à haute voix des mots irréguliers et/ou inconsistants qui ne peuvent être traités sans consultation du lexique orthographique. L'épreuve qui évalue l'effet de la *régularité orthographique* se compose habituellement pour part égale de mots réguliers dont les correspondances

grapho-phonologiques sont les plus fréquentes (e.g., TABOU), de mots à correspondances inconsistantes (e.g., FILLE, la graphie – ILLE est, selon les mots prononcés, /il/ dans VILLE, MILLE, GILLE ou /ij/ dans BILLE, FILLE, PILLE, QUILLE) et de mots irréguliers dont les correspondances sont exceptionnelles (e.g., SECONDE). La variable de régularité est croisée avec celle de la fréquence des mots écrits en proposant pour chacune de ces catégories, pour part égale, des mots fréquents et peu fréquents. D'autres variables, telles que la longueur (en nombre de lettres) et le voisinage orthographique, sont contrôlées. Toute différence entre mots réguliers/consistants et inconsistants/irréguliers qui ne serait pas attendue dans la population de référence suggère une atteinte de la voie lexicale telle qu'elle est décrite dans la *dyslexie de surface*. L'utilisation « compensatoire » par la voie sous-lexicale rend compte de la production des erreurs de régularisation de la prononciation (e.g., GARS → « garce ») et préserve le plus souvent la prononciation des mots irréguliers très fréquents (e.g., FEMME).

L'évaluation du fonctionnement global de la *voie sous-lexicale* se réalise via la lecture de pseudomots. Deux listes d'items sont proposées aux patients : une liste de mots réguliers et une liste de pseudomots dont la structure orthographique répond à celle des mots (e.g., le pseudomot CARTULE est formé sur la structure des mots « virgule, pustule, mercure, carbone... »). Les deux listes d'items sont appariées selon leur longueur, leur complexité syllabique et leur voisinage orthographique. Une différence significativement plus marquée, par rapport à la population de référence, entre les deux listes au détriment des pseudomots devrait plaider en faveur d'une altération de la voie sous-lexicale de lecture telle que rencontrée dans les *dyslexies phonologiques* et les *dyslexies profondes*.

Il est important de pouvoir vérifier si ce déficit est sélectif à la lecture ou s'il est mis en évidence dans d'autres tâches de transposition telles que la répétition et l'écriture sous dictée de pseudomots⁷, manifestant un déficit phonologique plus général. Dans ce sens, l'épreuve proposée en lecture de mots et de pseudomots pourrait être proposée au patient à d'autres moments en répétition et en écriture sous-dictée. Différentes épreuves issues de batteries qui évaluent les capacités phonologiques, métaphonologiques et de mémoire à court terme verbale complèteront utilement l'évaluation. Il s'agit de jugements de rimes (le patient est invité à dire si deux mots riment entre eux), de production de rimes (le patient doit produire un mot qui rime avec le mot présenté oralement par l'examinateur), de segmentation phonémique (production du phonème initial ou final d'un mot), de délétion phonémique (production de la séquence phonologique après délétion du phonème initial ou final), de fusion phonémique (assemblage de phonèmes présentés isolément pour former un mot) et de substitution phonémique (remplacement du phonème initial ou final du mot par le phonème isolé présenté par l'examinateur) (Majerus, Van der Kaa, Renard, Van der Linden & Poncelet, 2005 ; Van der Kaa & Majerus, 2007). Ces épreuves sont si nécessaire complétées par des épreuves

qui n'impliquent pas la production orale à destination des patients qui présenteraient des troubles trop importants de la production orale. À cet effet, nous avons proposé une tâche de détection/identification d'un phonème à l'intérieur d'un pseudomot (e.g., « /t/ se trouve-t-il dans /vylu/? ») (de Partz, 1994, 1999).

Enfin, si les difficultés portent sur les mots et sur les pseudomots, il est suspecté une altération concomitante des deux voies de lecture typique des *dyslexies profondes*.

2.3.4. La voie lexicale

Si un déficit de la voie lexicale se confirme, la suite de l'évaluation portera plus précisément sur : le lexique orthographique, le système sémantique et ses accès ainsi que le lexique phonologique de sortie.

• Lexique orthographique

Dans les modèles interactifs à deux voies, le lexique orthographique comprend les connaissances orthographiques des mots écrits que nous avons accumulées au fil des apprentissages et de la pratique écrite de la langue. Ces connaissances s'organisent en un réseau d'unités lexicales interconnectées, disposant d'un seuil d'activation de base qui est fonction de la fréquence d'usage du mot écrit. Au cours de son identification, la séquence de lettres présentes en entrée va diffuser simultanément de l'activation à l'unité lexicale cible ainsi qu'à d'autres unités lexicales qui correspondent aux voisins orthographiques du mot à lire. Par *voisinage orthographique*, on entend l'ensemble des mots qui partagent toutes leurs lettres à l'exception d'une. Ainsi, à fréquence égale, le mot DUNE a pour voisins AUNE, HUNE, LUNE, RENE, TUNE, DINE, DUNE, DUPE, DURE, alors que le mot NEON n'en compte qu'un seul, LEON. Le nombre de voisins orthographiques que compte un mot, et surtout leur fréquence relative, déterminent sa vitesse de reconnaissance. Cette communauté de lettres au niveau lexical va, par rétroaction, renvoyer de l'activation vers les représentations des lettres en cours d'identification, ce qui aura en retour pour effet d'accroître l'activation de la cible lexicale et d'inhiber les unités lexicales concurrentes. Les études qui ont évalué l'effet de l'étendue et de la fréquence du voisinage orthographique chez les normolecteurs ont montré des vitesses de lecture significativement plus élevées pour des mots de basse fréquence comptant de nombreux voisins orthographiques ou au moins un voisin orthographique plus fréquent (Grainger, Spinelli & Ferrand, 2000, cités par Ferrand, 2007).

Les déficits d'accès aux unités orthographiques ou la dégradation de celles-ci se manifestent différemment en lecture à haute voix chez les dyslexiques de surface et les dyslexiques profonds, la différence étant liée au fait que les premiers disposent de suppléances via la voie sous-lexicale, ce qui n'est pas le cas des seconds. Si celle-ci est fonctionnelle, l'application des conversions grapho-phonologiques devrait permettre d'accéder par défaut à la prononciation des mots réguliers/consistants mais sera par contre à l'origine d'erreurs de régularisation quand le mot est irrégulier/inconsistant. Si la voie sous-lexicale est déficiente, voire abolie, un déficit d'activation des unités orthographiques peut donner lieu à des paralexies visuelles, définies comme la production d'un mot qui partage au

⁷ Le déficit relevé en répétition pourrait rendre compte du déficit en écriture sous dictée dans la mesure où cette tâche recrute les mêmes traitements auditivo-verbaux que la répétition.

moins 50 % de ses lettres, dans la même position, avec le mot-cible (CONTENU → « château »). À défaut de pouvoir utiliser la voie sous-lexicale, les patients dyslexiques profonds produisent des lexicalisations des pseudomots, qui correspondent à des approximations lexicales visuellement proches du pseudomot à lire (e.g., OBEGIER → « obéir »).

Le lexique orthographique est également recruté dans les tâches de définition d'homophones non homographes qui nécessitent de récupérer la représentation orthographique correcte pour pouvoir accéder à la signification. La tâche de *définition d'homophones* consiste à présenter successivement aux patients dyslexiques de surface des mots écrits homophones (réguliers) tels que MAIRE, FOIE, CHAUX, CYGNE, etc., et à lui demander de les lire et de les définir ensuite. Les seules conversions grapho-phonologiques sont ici insuffisantes pour accéder à la signification correcte.

• Système sémantique

Dans la section précédente, nous avons précisé qu'une même symptomatologie de dyslexie profonde ou de dyslexie de surface était susceptible de renvoyer à des déficits de la voie lexicale très différents et manifester dans certains cas un déficit du système sémantique dont le diagnostic différentiel avec un trouble d'accès au lexique phonologique demande à être établi (voir chapitre 16 consacré à l'évaluation de la mémoire sémantique). En particulier, il devra être précisé si le patient présente un trouble des connaissances sémantiques indépendant de la modalité verbale ou non verbale dans une épreuve qui permet de contraster ces différentes modalités (épreuves parallèles de catégorisation de mots entendus, mots écrits et images selon différents critères de classement, allant des propriétés les plus générales aux propriétés spécifiques; épreuves d'associations sémantiques sur triplets d'images, de mots (entendus ou écrits) évaluant des entités (Howard & Patterson, 1992 : Pyramids and Palm Trees Test) et des actions (Kissing and Dancing Test, Bak & Hodges, 2003). Une autre tâche sémantique, plus exigeante, porte sur la vérification entre un mot écrit (ou entendu) et une image. Cette tâche permettrait de contraster les deux modalités verbales d'entrée et d'évaluer des relations sémantiques plus spécifiques entre des exemplaires d'une même catégorie. Il est ainsi demandé au patient de juger de l'adéquation entre un mot écrit (ou entendu) et un concept représenté sur une image. L'examineur est amené à différents moments de la passation de l'épreuve à proposer un mot écrit (e.g., TIGRE) avec une image qui correspond : soit à un distracteur sémantiquement très proche (e.g., lion), soit à un distracteur sémantiquement proche (e.g., chat), soit à un distracteur sémantiquement plus éloigné (e.g., aigle), soit encore à l'image correspondant à la réponse correcte. Il est habituellement considéré que l'item test est réussi quand, aux différents moments, le patient a accepté la réponse correcte et rejeté les trois réponses incorrectes, sachant que des items de remplissage sont intégrés dans l'épreuve de manière à ce que celle-ci compte autant de réponses « oui » que « non ». On notera que dans certaines batteries de tests (e.g., Gremots, Bézy et al., 2016, 2021), les deux sous-épreuves de vérification évaluent deux listes d'items différentes mais parallèles au niveau du contrôle des variables dans les versions auditive et écrite. L'intérêt

d'utiliser la même série d'items est de pouvoir établir la constance des items erronés entre les deux modalités dans l'hypothèse d'un déficit sémantique de dégradation des informations sémantiques.

Nous nous attarderons ensuite plus spécifiquement sur l'effet de concrétude/imagerie, relevé régulièrement chez les patients dyslexiques profonds de manière à établir un diagnostic différentiel entre un trouble sémantique et un trouble de sélection lexicale. Pour plusieurs auteurs (Drori & Heninik, 2006; Malhi et al., 2019), les mots concrets (e.g., SOLEIL, RÉVEIL, COCCINELLE) et les mots abstraits (e.g., NORME, EFFET, DÉFAUT) se différencient au niveau sémantique. Ils font l'hypothèse que la signification d'un mot abstrait serait dans une large mesure déterminée par le contexte (e.g., « Son plus gros défaut était l'avarice »; « J'ai signalé au vendeur un défaut dans le châssis. ») au point où, expérimentalement, leur désavantage disparaît quand ils sont présentés en contexte, avec un apport d'informations sémantiques supplémentaires. Ces résultats suggèrent que la représentation sémantique des mots abstraits est moins spécifique et plus ambiguë que celle des mots concrets, ce qui peut avoir un effet négatif sur la sélection de l'unité lexicale cible au niveau du lexique phonologique de sortie.

L'origine des difficultés pour les mots abstraits demande donc à être précisée chez ces patients via une épreuve d'appariement de synonymes (Samson & Pilon, document interne non publié). Les auteurs y proposent des triplets de mots écrits (des substantifs et des verbes, concrets et abstraits, appartenant à trois classes de fréquence). La tâche du sujet consiste à appairer un mot écrit à son synonyme (ou parasyndonyme) parmi deux propositions. Chaque item cible est présenté à deux reprises de manière à pouvoir proposer la réponse correcte tantôt avec un distracteur sémantiquement éloigné (e.g., substantif abstrait fréquent : COUTUME → TRADITION – REVANCHE; verbe abstrait fréquent : TERMINER → FINIR – ÉVITER), tantôt avec un distracteur sémantiquement proche (e.g., COUTUME → TRADITION – HISTOIRE; TERMINER → FINIR – INTERROMPRE). L'item sera considéré comme réussi si la réponse est correcte pour les deux appariements requis par item. S'il est demandé par la suite au patient de lire à haute voix l'ensemble des mots stimuli (e.g., COUTUME, TERMINER), le clinicien devrait être en mesure de comparer les performances en lecture à haute voix et celles recueillies à l'épreuve d'appariement pour ces mêmes items. Dans l'hypothèse d'un déficit sémantique spécifique aux mots abstraits (verbes et/ou substantifs), les scores devraient être déficitaires dans la tâche de lecture à haute voix et dans la tâche d'appariement. À l'inverse, si la lecture à haute voix des mots abstraits est la seule à être déficiente, il sera conclu à un déficit de la sélection lexicale plus spécifique aux mots abstraits.

• Lexique phonologique de sortie

Ce composant est assimilé à une mémoire à long terme comprenant les unités lexicales propres aux mots oraux connus de l'utilisateur. Dans les modèles à double-voie, ces unités lexicales sont censées être activées au sein de la voie lexicale par diffusion de l'information en provenance du système sémantique (et/ou directement du lexique orthographique). Le degré d'activation de ces unités lexicales

dépendra du degré de précision des entrées, à savoir celle des informations sémantiques et/ou des informations orthographiques. Chez certains dyslexiques de surface, il pourra être conclu à un déficit d'accès au lexique phonologique de sortie si les erreurs de régularisation se limitent à la lecture à haute voix, les performances en décision lexicale et en compréhension écrite étant comparables à celles de la population de référence. Chez certains dyslexiques profonds, l'effet de fréquence pourrait être observé dans la seule tâche de lecture à haute voix (e.g., COLOMBE → « pigeon... Non ! blanc... paix »), l'absence de recours à la voie sous-lexicale ne leur permettant pas de contraindre la contrepartie phonologique du mot-cible vraisemblablement bien comprise.

2.3.5. La voie sous-lexicale

Dans les modèles à double-voie, la procédure sous-lexicale repose sur différents processus de traitement : la segmentation graphémique, les conversions grapho-phonologiques et la synthèse phonémique. Nous reviendrons plus tard sur le buffer graphémique tel qu'il est conçu dans le modèle de Perry et al. (2007).

• Segmentation graphémique

Dans l'hypothèse d'une altération de ce composant, les performances en lecture devraient être sensibles à la complexité graphémique du stimulus. À cet effet, Howard et Best (1996) proposent à leur patiente trois types de pseudomots : des pseudomots composés de trois lettres graphémiquement simples (e.g., DAL, PUC, NAR), des pseudomots de cinq lettres graphémiquement simples (e.g., PLARC, CLARE, STANE) et des pseudomots de cinq lettres graphémiquement complexes (e.g., CHONS, CAIN, QUEAU). Les auteurs mettent en évidence une augmentation du taux d'erreurs et un allongement des temps de réaction pour les seuls pseudomots graphémiquement complexes, les performances étant par ailleurs équivalentes pour les pseudomots graphémiquement simples de trois et cinq lettres. Dans une autre épreuve, décrite par Berndt, Haendiges, Mitchum et Wayland (1996), il est demandé au patient d'identifier un mot inséré dans des pseudomots. Ceux-ci sont construits de manière à ce que la lettre qui précède la première lettre du mot ou la lettre qui suit la dernière lettre du mot forme avec elle un digramme correspondant à un graphème dans la moitié des cas (e.g., PHACHEL – AIMAGEC) et pas dans l'autre (e.g., OHACHEL – TIMAGEC). Chez les sujets contrôles, il est démontré que les temps de réaction sont ralentis quand la première ou la dernière lettre du mot fait partie du graphème. L'absence de sensibilité à cet effet d'inclusion graphémique chez un patient dyslexique phonologique reflète des difficultés de la segmentation orthographique.

• Conversions grapho-phonologiques

Les conversions grapho-phonologiques plausibles dans la langue répondraient à certaines contraintes : leur fréquence relative d'occurrence dans la langue écrite (en français, la probabilité de produire le phonème /f/ face au graphème CH est plus élevée que celle de produire /k/ comme dans CHORALE, CHEUR, leur position à l'intérieur de la syllabe (le graphème AI à l'initial d'une séquence de lettres se prononce le plus souvent /e/ alors qu'à

l'intérieur du mot, il se prononce /ɛ/), et leurs contraintes contextuelles (en français, le graphème C se traduit par le phonème /k/ s'il est suivi par les graphèmes A, O ou U, et par le phonème /s/ s'il est suivi des graphèmes E ou I). Ce système d'assignation ne se limiterait pas aux seules règles de conversion des graphèmes en phonèmes mais s'étendrait à toutes les unités inférieures aux morphèmes. Tester ce système de conversion revient à minima à demander au patient de produire le phonème correspondant aux principaux graphèmes de la langue (e.g., S → /s/, OU → /u/, etc.).

• Synthèse phonémique

La synthèse phonémique peut être spécifiquement testée en lecture dans une tâche qui contraste le traitement de pseudomots homophones de mots réels (en veillant à limiter la proximité visuelle avec le mot source) (e.g., AIMAUSION vs CHATUPOURE) (de Partz, 1994). Elle peut aussi être évaluée dans une tâche autre que la lecture qui nécessite de reconstituer une séquence phonologique à partir des éléments phonologiques produits successivement à l'oral par l'examineur (e.g., /k/, /y/, /n/, /o/ → /kyno/). On veillera dans ce cas à privilégier des pseudomots courts pour ne pas surcharger la mémoire à court terme verbale.

3. Les dysgraphies acquises

Si la langue française est relativement régulière dans le sens de la lecture, la situation est beaucoup plus complexe en production écrite, pour deux raisons au moins. La première tient à la nature de la tâche : la production écrite est avant tout une tâche de rappel qui requiert la connaissance de l'ensemble des lettres formant le mot ainsi que leur ordre précis, alors que la lecture est une tâche de reconnaissance qui peut se réaliser sur base d'indices partiels. La seconde raison tient à la plus grande opacité du système d'écriture de la langue française (et plus encore de l'anglais). Si les correspondances grapho-phonémiques sont régulières et fiables à environ 95 % dans le sens de la lecture, elles sont estimées à 52,7 % seulement dans le sens des correspondances phono-graphémiques. En effet, il existe souvent plusieurs graphèmes pour transcrire un même phonème – jusqu'à treize pour le son /o/ (O, Ô, AU, EAU, OC, OT, AUT, AUD, OS, AUX, EAUX, HO, HAU) –, et de nombreuses lettres sont muettes (e.g., SEPT, THÉÂTRE), notamment en fin de mot (e.g., LARD, AMYGDAL, DOIGT) (Ziegler, Jacobs & Stone, 1996).

3.1. Cadre théorique et syndromes cliniques

Produire des mots écrits implique la mise en œuvre de plusieurs processus cognitifs interactifs qui sont décrits dans différents modèles de la production écrite. Nous retiendrons un des modèles les plus influents en neuropsychologie, le modèle interactif à double-voie de Rapp et al. (Rapp & Fischer-Baum, 2015; Buchwald & Rapp, 2009; Buchwald & Falconer, 2014). Même si ces processus cognitifs sont hautement intégrés, une distinction est faite, comme en lecture, entre les processus centraux et les processus périphériques.

3.1.1. Les traitements des mots et des pseudomots

Le modèle de Buchwald et Rapp (2009; Buchwald & Falconer, 2014; Falconer & Buchwald, 2013; Rapp & Fischer-Baum, 2015) se présente comme un *modèle interactif à deux voies*, la voie lexicale et la voie sous-lexicale. Comme la plupart des modèles de la production écrite, il est conçu au départ de la tâche d'écriture sous dictée qui présente l'avantage de pouvoir contrôler les variables propres aux stimuli verbaux testés. Si les traitements d'entrée liés à la tâche d'écriture sous dictée ne sont pas des mécanismes spécifiques à l'écriture, ils activent néanmoins les processus centraux et périphériques spécifiques à la production écrite, à savoir le lexique orthographique, les conversions

phono-graphémiques, le buffer graphémique et les processus périphériques propres à différentes modalités de production écrite (l'écriture manuscrite, l'épellation orale ou la dactylographie) (figure 6).

Dans la tâche d'écriture sous dictée, il est donc supposé que le stimulus acoustique fait d'abord l'objet de différents processus de traitement auditivo-perceptifs qui le traduisent en une représentation phonologique d'entrée. Si celle-ci correspond à un mot familier (e.g., « myrtille »), elle permet de récupérer une unité lexicale dans le lexique phonologique d'entrée donnant accès à son traitement sémantique et orthographique par la voie lexicale. Selon leur degré de régularité/consistance orthographique, les mots dictés peuvent être traités par les deux voies lexicale et sous-lexicale, la

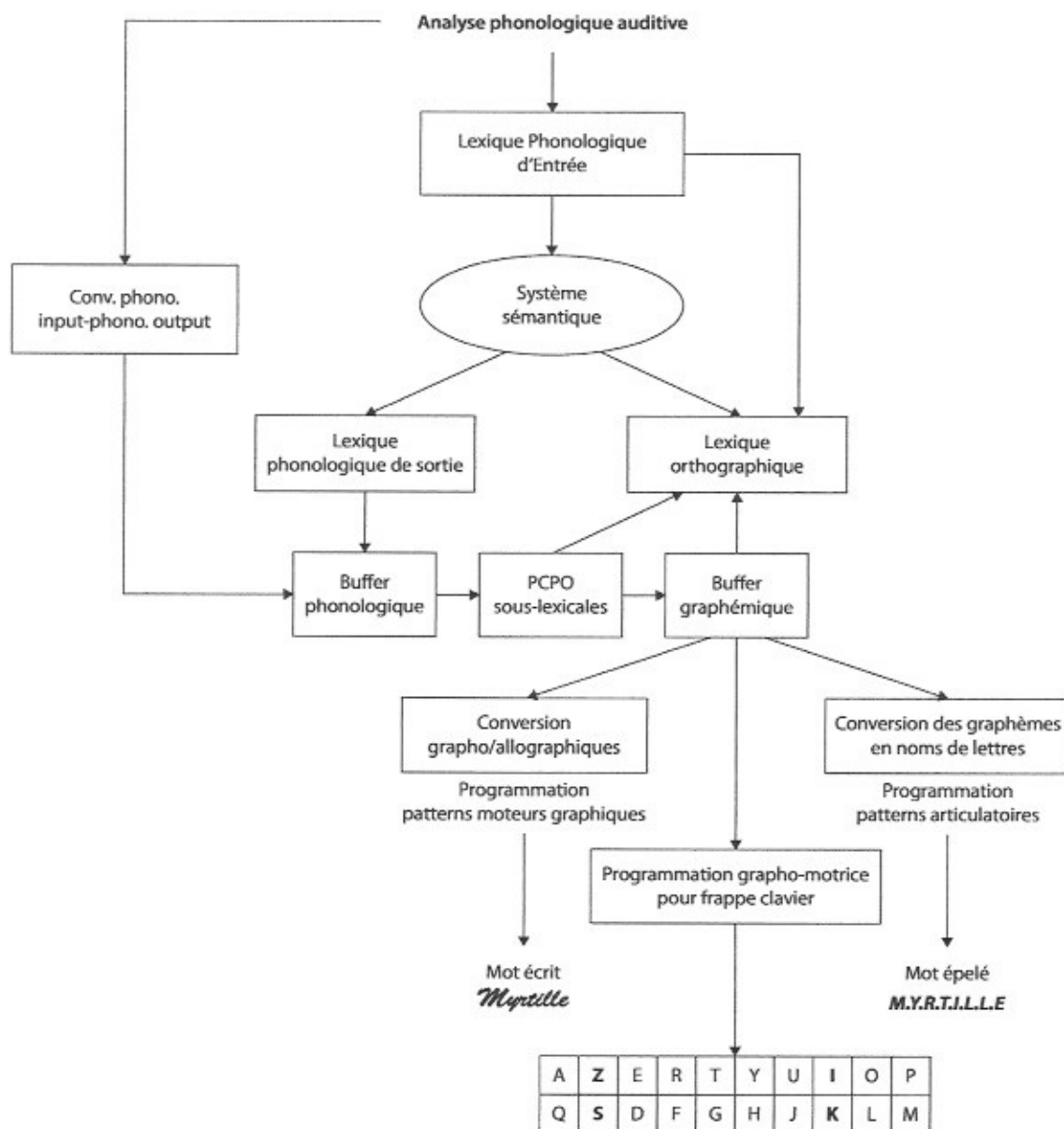


FIGURE 6 : Modèle interactif de la production écrite (sous dictée) de mots et pseudomots (PCPO : procédure de conversion des unités sous-lexicales phonologiques en unités orthographiques correspondantes) (adaptée de Rapp & Fischer-Baum, 2015).

première étant plus rapide que la seconde. Par contre, la voie lexicale est la seule à permettre l'activation des représentations orthographiques des mots irréguliers (SECONDE), des mots à orthographe inconsistante (PHARMACIE) ou encore des mots homophones non homographes (e.g., « Écrivez /fo/ quand ce mot apparaît dans la phrase : "Les murs sont recouverts de chaux." ») dont la signification est la seule à pouvoir donner accès à l'information orthographique adéquate. Si la représentation phonologique d'entrée correspond à un pseudomot (e.g., /mɔRtɪf/), celle-ci devra nécessairement être assemblée par la voie sous-lexicale.

• La voie lexicale (sémantique)

L'unité lexicale d'entrée correspondant au mot dicté « myrtille » donne accès au système sémantique, conçu comme un réseau central de traits sémantiques interconnectés (voir chapitre 16 sur la mémoire sémantique) qui permet l'activation des propriétés sémantiques qui le caractérisent et qui sont par ailleurs partagées par d'autres concepts. Ainsi « myrtille » active les propriétés (<végétal>, <fruit>, <bleu/noir>, <ronde>, <à la peau lisse>, <sucré>, <plus petit que la cerise>, <tartes, confitures, sirop>, etc.), parmi lesquelles les propriétés (<végétal>, <fruit>, <noir>, <ronde>, <à la peau lisse>, <sucré>, <plus petite que la cerise>) sont entre autres partagées par le concept (cassis) et en nombre plus restreint par le concept (jasmin) (<végétal>). Si la connexion entre les unités lexicales d'entrée et le système sémantique est opérationnelle et que celui-ci est intact, seules les propriétés sémantiques qui correspondent à l'unité « myrtille » seront activées tandis que les autres concepts proches, les « compétiteurs sémantiques », seront progressivement inhibés. Lors de la récupération lexicale au niveau du lexique orthographique, les propriétés sémantiques activées diffusent à leur tour de l'activation à l'unité orthographique qui correspond au concept cible et, dans une moindre mesure, aux unités orthographiques connectées aux autres concepts qui partagent des propriétés sémantiques avec le concept cible.

Avant même que ces unités orthographiques ne soient complètement activées, celles-ci propagent déjà de l'activation vers les unités graphémiques qui les composent. Celles-ci à leur tour renvoient de l'activation vers les unités orthographiques, renforçant de la sorte l'unité orthographique cible tout en inhibant les unités concurrentes.

• La voie sous-lexicale

Cette voie permet de traiter la plupart des mots à l'exception des mots irréguliers et/ou inconsistants mais serait la seule à pouvoir traiter des mots nouveaux ou des mots inventés qui respectent les règles phono- et graphotactiques de la langue française (/flup/ sur le modèle de FLÛTE). Le processus cognitif qui dispose des connaissances utiles à la dérivation d'une orthographe plausible pour les mots nouveaux ou les pseudomots dictés se fonde sur un ensemble de connaissances relatives aux différentes manières de convertir les unités phonologiques en unités graphémiques admises dans la langue. Ces connaissances sont pondérées en fonction de la fréquence d'apparition des correspondances à l'intérieur des mots mais aussi en fonction de la position qu'ils y occupent. La probabilité d'apparition de la graphie F à l'initiale des mots est évaluée à 85 % alors que la graphie PH atteint à peine les 11 % ; la graphie EAU n'apparaît jamais à l'initiale d'un mot (sauf dans le mot

unisyllabique EAU) alors qu'elle est fréquente à la fin du mot (MARTEAU). Il est donc supposé qu'un processus de segmentation phonologique opère d'abord de manière sérielle pour fractionner l'information phonologique en unités phonologiques plus petites (phonèmes, syllabes) qui sont temporairement maintenues dans une mémoire à court terme (le buffer phonologique), le temps que leur soit assignée, selon un processus sériel, leur contrepartie graphémique la plus fréquente. Cette représentation sera ensuite assemblée et maintenue temporairement dans une mémoire tampon propre au langage écrit (le buffer graphémique), le temps que soient activés les processus périphériques propres à la modalité de production écrite sélectionnée (écriture manuscrite, dactylographie ou encore épellation orale).

3.1.2. Les dysgraphies centrales

Les profils pathologiques identifiés en écriture obéissent à des dissociations parallèles à celles rencontrées en lecture.

• La dysgraphie de surface

Depuis la publication de Beauvois et Derouesné (1981), des altérations sélectives de la voie lexicale sont rapportées chez les patients qui présentent une dysgraphie de surface (e.g., de Partz, Seron & Van der Linden, 1992 ; Tsapkini & Rapp, 2010 ; Weekes, Davies, Parris & Robinson, 2003). Leurs performances en écriture sous dictée sont influencées par la régularité orthographique, les mots à correspondances phono-graphémiques inconsistantes et/ou irrégulières étant significativement plus difficiles à orthographier que les mots réguliers et les pseudomots, et ce, d'autant plus que les mots à orthographier sont peu fréquents. La production écrite des mots inconsistants et irréguliers dérivant essentiellement de l'utilisation de la voie sous-lexicale, les erreurs dominantes correspondent à des réponses phonologiquement plausibles (EPP) (e.g., « baptême » → BATAIME). Les productions erronées ne se limitent pas pour autant à une transcription phonétique systématique du mot à orthographier. Il n'est pas rare en effet que certaines particularités orthographiques soient conservées alors que d'autres ne le sont pas (e.g., « nymphe » → NYNFE). Les mots homophones non homographes dont l'orthographe dépend de manière critique du contexte sémantique (e.g., « Le cygne sort de l'étang ») constituent des cibles particulièrement sensibles pour les patients qui présentent une dysgraphie de surface.

Deux formes de dysorthographie de surface ont été mises en évidence selon que les différents symptômes qui viennent d'être décrits sont ou non associés à des troubles sémantiques (Beeson & Rapcsak, 2015). La *forme lexicale (non sémantique)* se traduit par la perte ou la dégradation des unités orthographiques et est principalement rapportée chez des patients victimes d'accidents vasculaires sur le trajet de l'artère cérébrale postérieure occasionnant des lésions régulières de la voie ventrale temporo-occipitale gauche, et plus particulièrement de la VWFA, région cible des traitements orthographiques (Dehaene & Cohen, 2011 ; Purcell, Turkeltaub, Eden, & Rapp, 2011). De manière concordante, des études en imagerie fonctionnelle menées chez des sujets sains ont montré un recouvrement des activations cérébrales dans cette même région corticale au cours de la lecture et de l'écriture des mots, renforçant l'hypothèse de représentations orthographiques partagées par les deux

tâches. Doit-on néanmoins s'attendre à une association systématique d'une dysgraphie et d'une dyslexie de surface chez les patients qui présentent des lésions de la VWFA ? Si certains patients présentent effectivement une association des deux déficits (Behrmann & Bub, 1992; Purcell, Jiang & Eden, 2017), il est plus fréquent d'observer une dysgraphie de surface avec une forme plus légère de dyslexie de surface (de Partz et al., 1992; Tsapkini & Rapp, 2010), voire une dysgraphie de surface en l'absence de dyslexie de surface (Beauvois, 1981). Ces deux dernières formes de dissociation s'expliquent par l'opacité plus importante des règles grapho-phonologiques.

La *forme sémantique* de la dysgraphie de surface est décrite tant dans les pathologies focales aiguës que dans les états neurodégénératifs et en particulier dans la démence sémantique (Graham, Simons, Patterson & Hodges, 2000), ainsi que dans la démence d'Alzheimer (Lambert, Giffard, Nore, de la Sayette, Pasquier & Eustache, 2007). Ces patients présentent des lésions ou atrophies incluant le cortex temporal latéral antérieur et/ou le cortex temporo-pariétal gauche (ou dominant à gauche quand l'atrophie est bilatérale). Les déficits sémantiques peuvent concerner sélectivement deux composantes essentielles de la cognition sémantique : les représentations sémantiques ou les processus de contrôle sémantique dont le rôle est de réguler l'activation des connaissances sémantiques en vue de fournir une réponse adaptée au contexte ou à la tâche demandée (Jefferies & Lambon Ralph, 2006). Ainsi, dans une tâche d'appariement de mots écrits, il pourrait être demandé à un patient de rechercher parmi trois noms écrits d'animaux (VAUTOUR, OURS BLANC, CHÈVRE) celui qui correspond à l'animal qui appartient à la même famille que MANCHOT alors qu'il pourrait lui être demandé par la suite de rechercher, parmi ces mêmes mots écrits, l'animal qui vit dans le même milieu que le manchot. Dans la première situation, le patient va devoir faire appel aux propriétés génériques que cet animal partage avec un des trois autres animaux alors que, dans la deuxième situation, il a à se concentrer sur le milieu de vie du manchot en faisant abstraction des autres propriétés.

La dysgraphie de surface rapportée pour ces deux types de déficits sémantiques présente des différences qualitatives et de niveau de sévérité (Jefferies, Rogers, Hoppers & Lambon Ralph, 2010). On se rappellera que le trouble sémantique lié à la *dégradation des connaissances sémantiques* se manifeste généralement dans toutes les tâches qui recrutent le système sémantique (langage spontané, dénomination orale et écrite, tâche d'appariement et de vérification sémantique à l'oral et à l'écrit, fluence verbale catégorielle) à des degrés variables selon la complexité sémantique de la tâche (e.g., la tâche d'appariement mots/images étant plus simple que la tâche de vérification mots/image). Il est en outre relevé des corrélations élevées entre les performances recueillies aux différentes tâches sémantiques ainsi qu'une consistance significative des erreurs entre les différentes tâches sémantiques pour peu qu'elles utilisent les mêmes items. Cela signifie que ce sont les mêmes items qui sont erronés d'une épreuve à l'autre sans pour autant que le type d'erreur soit nécessairement identique. Les performances de ces patients sont aussi sensibles à la familiarité des concepts, les items les plus familiers créant des traces plus solides en mémoire à long terme et donc plus résistantes à la dégradation.

Quant au *déficit du contrôle exécutif*, il expliquerait davantage les performances de patients aphasiques principalement, qui présentent des lésions aiguës préfrontales gauches. Ce déficit porte ici aussi sur les tâches qui recrutent le système sémantique dans la mesure où elles nécessitent elles aussi des niveaux plus ou moins importants de contrôle sémantique (Noonan, Jefferies, Visser & Lambon Ralph, 2013). On s'attend à observer un taux d'erreurs comparable dans les tâches sémantiques qui sollicitent le même niveau de contrôle exécutif : soit différentes versions de la même tâche sémantique (e.g., l'épreuve de vérification mot/image proposée à deux moments différents dans les modalités auditive et écrite), soit la même tâche proposée dans la même modalité à deux moments différents.

En écriture sous dictée, les patients qui présentent une dégradation sémantique manifestent une sensibilité plus importante à la régularité orthographique et à la fréquence des mots écrits, et produisent davantage d'erreurs de régularisation que les patients qui présentent un déficit du contrôle sémantique (Jefferies, Rogers, Hoppers & Lambon Ralph, 2010). Qualitativement, les déficits de dégradation sont, à l'écrit aussi, marqués par la constance des erreurs à l'inverse des patients qui présentent un déficit du contrôle sémantique.

• La dysgraphie phonologique

Les déficits de la voie sous-lexicale sont à l'origine de cette forme de dysgraphie et sont caractérisés par des difficultés à orthographier les pseudomots alors que les mots familiers sont relativement bien préservés (Henry, Beeson, Stark & Rapsak, 2007; Rapsak et al., 2009). En réponse aux pseudomots dictés, ces patients produisent des erreurs de lexicalisation (e.g., élestrin → ILLETRÉ; déritte → DIRIGE), des productions écrites phonologiquement non plausibles mais proches visuellement de la cible (e.g., gope → GLIPE). Même si la production des mots est mieux préservée, leurs performances peuvent être influencées par différentes variables lexico-sémantiques, telles que la fréquence, l'imageabilité/la concrétude (les mots à faible degré d'imagerie/abstraits étant plus difficiles à orthographier que les mots à haut degré d'imagerie/de concrétude), la catégorie grammaticale (les mots fonctionnels étant plus difficiles que les verbes et les substantifs). Les erreurs produites correspondent à des erreurs phonologiquement non plausibles présentant une proximité visuelle/orthographique avec la cible (e.g., secret → SECURT), ce qui traduit une connaissance lexicale partielle. Il sera relevé aussi, mais de manière plus secondaire, des paraphrasies morphologiques (e.g., aspiration → ASPIRATEUR) et des substitutions de mots fonctionnels le plus souvent par d'autres mots fonctionnels (e.g., tu → TOI).

• La dysgraphie profonde

Cette forme de dysgraphie se manifeste par l'incapacité quasi complète à écrire les pseudomots et à réaliser la conversion des phonèmes en graphèmes. Les erreurs produites en réponse aux pseudomots correspondent le plus souvent à des non-réponses et à des lexicalisations. À la différence des dysgraphies phonologiques, les erreurs ne correspondent qu'exceptionnellement à des non-mots, ce qui traduit l'utilisation quasi exclusive de la voie lexicale. Si l'effet de la lexicalité se marque très nettement chez les dysgraphiques profonds, leurs performances en écriture

sous dictée de mots ne sont que partiellement préservées. Parallèlement à ce qui est relevé en lecture, les patients produisent de manière caractéristique des paraphrasies sémantiques (e.g., « nymphe » → ELFE), morphologiques (e.g., « drame » → DRAMATIQUE) et visuelles (e.g., « habitude » → BITUME). Leurs performances sont, d'ailleurs, que chez les dysgraphiques phonologiques, influencées par la fréquence d'usage, l'imagerie/la concrétude et la classe grammaticale des mots dictés (Bub & Kertesz, 1982).

S'il est généralement admis que l'altération de la voie sous-lexicale est à l'origine des difficultés dominantes à orthographier les pseudomots, les erreurs produites en réponse aux mots et les effets lexicaux observés ont reçu des interprétations diverses. Pour les défenseurs des modèles à double-voie (Coltheart et al., 2001; Perry et al., 2007), il est supposé que le déficit de la voie sous-lexicale s'accompagne de déficits additionnels de la voie lexicale. Par contre, d'autres auteurs (Folk, Rapp & Goldrick, 2002; Rapp & Beeson, 2015; Rapp et al., 2009) estiment que ce même déficit de la voie sous-lexicale peut à lui seul rendre compte des difficultés à écrire sous dictée les mots chez les dysgraphiques phonologiques (et bien d'ailleurs encore chez les dysgraphiques profonds) dans le sens où le support de cette voie est supposé requis chez le sujet normal pour orthographier des mots peu familiers et/ou qui disposent de représentations sémantiques plus ambiguës, comme c'est le cas des mots de basses fréquences, des mots abstraits, des mots fonctionnels et des morphèmes liés (flexions verbales et affixes). C'est aussi via l'interaction des voies lexicale et sous-lexicale qu'il est possible d'éliminer les paraphrasies sémantiques et/ou formelles résultant des interférences créées par les compétiteurs sémantiques ou lexicaux. Autrement dit, le profil caractéristique de la dysgraphie phonologique traduirait les limitations fonctionnelles de la voie lexicale quand celle-ci doit fonctionner de concert avec une voie sous-lexicale déficiente.

L'hypothèse que défendent les connexionnistes pour rendre compte de la dysgraphie phonologique (Jefferies, Sage & Lambon Ralf, 2007; Rapp & Beeson, 2015) est celle d'un déficit unique au niveau des représentations et traitements phonologiques. À l'appui de cette hypothèse, les auteurs décrivent plusieurs cas de dysgraphies phonologiques chez des patients qui présentent une dyslexie phonologique et/ou des déficits phonologiques en répétition ou encore des difficultés à des épreuves métaphonologiques. Celles-ci requièrent du patient de pouvoir identifier, maintenir et manipuler des informations phonologiques sous-lexicales (e.g., tâches de jugements de rimes, de segmentation ou d'assemblage phonologique).

Dans la suite, nous approfondirons deux composants, le lexique orthographique et le buffer graphémique, pour évaluer leur implication en lecture, préciser la structure de la représentation orthographique et insister sur les interactions bidirectionnelles qui ont été démontrées entre ces deux composants.

• Le lexique orthographique

Une question qui reste débattue est celle de savoir s'il existe des *représentations lexicales orthographiques distinctes en lecture et en écriture*, supposant l'existence de deux lexiques orthographiques (d'entrée et de sortie) autonomes dans l'architecture cognitive (Hillis,

Rapp & Caramazza, 1999) ou si, au contraire, ces représentations sont partagées par les deux tâches mais associées de procédures d'activation/récupération spécifiques (Purcell et al., 2017). L'existence de lexiques orthographiques indépendants est essentiellement soutenue par l'observation de dissociations entre les tâches de lecture et d'écriture chez les patients cérébrolésés, soit des déficits en écriture en l'absence de déficits comparables en lecture (une dysgraphie de surface sans dyslexie de surface : Beauvois & Derouesné, 1981 ; une dysgraphie profonde sans trouble de lecture : Hillis et al., 1999), soit des déficits en lecture sans déficits comparables en écriture (Friedman, 1982). Ces dissociations restent néanmoins fragiles car elles ne permettent pas réellement d'écarter à ce jour une interprétation en termes de déficit d'accès à un lexique orthographique unique. Par ailleurs, d'autres travaux rapportent des déficits tant en lecture qu'en écriture. Plus particulièrement, Behrmann et Bub (1992) décrivent un patient qui présente une dyslexie et une dysgraphie de surface et qui produit des erreurs sur les mêmes mots irréguliers dans l'une et l'autre tâche. Une étude en rééducation (Hillis, 1993) met en évidence des effets de généralisation à l'écriture sous dictée à la suite d'un traitement mené sur des mots irréguliers en lecture. Actuellement, des évidences en faveur d'un lexique orthographique unique proviennent largement des données expérimentales recueillies auprès des sujets normaux (e.g., Burt & Tate, 2002) et des données issues d'études en neuro-imagerie et particulièrement celles qui utilisent le paradigme d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle-adaptation (fMRI-A) chez des sujets sains (Rapp, Purcell, Hillis, Capasso & Miceli, 2016).

Un autre point concerne la *structure des représentations orthographiques*. Différentes études menées chez des patients qui présentent des déficits au niveau du lexique orthographique ou du buffer graphémique montrent que les représentations orthographiques codent les identités abstraites des lettres et leurs positions respectives et qu'elles offrent de plus une structure multidimensionnelle à plusieurs paliers représentant différents types d'informations, respectivement, l'identité des graphèmes, leur position, leur statut consonne/voyelle (par la suite C/V), les limites grapho-syllabiques et l'indicateur de redoublement d'un graphème (Fischer-Baum & Rapp, 2014 ; Rapp & Fischer-Baum, 2015) (tableau 2).

• Le buffer graphémique

Caramazza, Miceli, Villa et Romani (1987) ont postulé l'existence d'une mémoire de travail, le buffer graphémique, initialement conçue en production écrite pour assurer la transition entre des composantes de traitement qui opèrent sur des unités de tailles différentes : en amont, les représentations orthographiques issues de la voie lexicale et les représentations assemblées issues de la voie sous-lexicale et, en aval, des processus de traitement sériels qui transforment la séquence des graphèmes abstraits en une suite de lettres. En tant que mémoire de travail, la fonction du buffer graphémique consiste tout à la fois à maintenir actives les représentations orthographiques en rendant disponible l'identité des lettres individuelles abstraites et leur position dans la séquence, le temps que se réalisent : soit la production de la forme physique des lettres en écriture

TABEAU 2 : Structure interne de la représentation orthographique du mot COLLAGE, constituée de deux morphèmes : le morphème indépendant (radical) et le morphème dépendant (suffixe).

Morphème	Radical			Suffixe		
	B+1	B+2	B+3	B+1	B+2	B+3
(1) Position						
(2) Identité	< C >	< O >	< L >	< A >	< G >	< E >
(3) Statut C/V	C	V	C	V	C	V
(4) Rôle syllabique	Attaque	Noyau	Coda	Attaque	Noyau	Coda
(5) Quantité	Double					

Les cinq traits de chaque unité de représentation orthographique y sont décrits : (1) la position de la lettre à l'intérieur de la syllabe ; (2) l'identité de la lettre ; (3) le statut de la lettre en tant que consonne ou voyelle ; (4) le rôle de la lettre à l'intérieur de la syllabe ; (5) la quantité de lettres (adaptée de Rapp & Fischer-Baum, 2014).

manuscrite, soit la sélection des lettres sur le clavier d'un ordinateur, soit encore l'énoncé oral du nom de chacune des lettres en épellation orale (Margolin & Goodman-Schulman, 1992).

Depuis l'étude de Caramazza et al. (1987) chez leur patient, LB, de nombreux cas d'altération spécifique de cette mémoire de travail ont été rapportés dans la littérature dont se dégage un profil sémiologique commun :

- leurs performances écrites sont déficitaires dans toutes les tâches qui requièrent l'activation d'une représentation orthographique, quelle que soit leur modalité d'entrée (dénomination écrite, écriture sous dictée, écriture spontanée ou copie différée)⁸ et quelle que soit leur modalité de sortie (écriture manuscrite, épellation orale, dactylographie ou manipulation de lettres mobiles) ;
- la convergence des voies lexicale et sous-lexicale au niveau du buffer rend compte du fait que les déficits sont qualitativement semblables pour les mots et pour les pseudomots même s'il est généralement observé une différence quantitative au détriment de ces derniers et sans que cette différence n'ait l'amplitude de celle relevée chez les patients qui présentent des déficits de la voie sous-lexicale ;
- le type d'erreurs dominant dans toutes les tâches écrites correspond, selon des proportions variables, à des erreurs qui portent sur l'identité ou l'ordre des lettres. Il s'agit de *paraphrasies littérales* de différents types : des substitutions (e.g., « vétérinaire » → VETEVINAIRE), omissions (e.g., « symptôme » → SYMPOME), permutations (e.g., « bilan » → LIBAN), déplacements de lettres dans une position incorrecte (e.g., « authentique » → AUTENHTIQUE), ou encore additions (e.g., « victuailles » → VINCTUAILLES). Les erreurs multiples combinent plusieurs de ces erreurs (e.g., « salamandre » → ALAG) et leur fréquence a tendance à s'accroître

avec la longueur du mot et la sévérité du déficit. On notera que les erreurs produites correspondent le plus souvent à des non-mots (des structures qui ne sont pas nécessairement prononçables) que les stimuli soient des mots ou des pseudomots ;

– le buffer graphémique étant assimilé à une mémoire de travail, par définition temporaire et sensible à l'interférence, deux caractéristiques importantes concernent les effets de longueur (exprimée en nombre de lettres) et les effets de position sérielle. Concernant l'effet de longueur, il est attendu que les mots et les pseudomots longs soient moins bien traités que les mots et les pseudomots courts. Cet effet de longueur est recherché en comparant la proportion de lettres erronées en fonction du nombre total de lettres que comptent les mots (ou les pseudomots) courts et longs. Quant à l'effet de position sérielle, il renvoie au fait que les erreurs ne se distribuent pas de la même manière selon les positions occupées par les lettres à l'intérieur du mot. Deux profils de distribution sont mis en évidence : soit une distribution réalisant une courbe en U avec une majorité d'erreurs relevée dans la partie centrale du mot, qui correspond, en plus accentué, au profil de la distribution des glissements de plume chez les sujets normaux (Wing & Baddeley, 1980, 2009), soit une distribution linéaire des erreurs du début à la fin du mot. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour rendre compte de ces différentes distributions (voir pour discussion, Krajenbrink, Nickels, & Kohnen, 2021). Pour certains auteurs (Caramazza & Miceli, 1990; Costa, Fischer-Baum, Capasso, Miceli & Rapp, 2011), elles reflètent des altérations des différentes fonctions du buffer graphémique : a) la courbe en U traduirait les limitations des capacités de stockage des unités graphémiques, la position médiane présentant un niveau d'interférence entre lettres adjacentes plus élevé que les lettres situées aux positions extrêmes ; b) la progression linéaire du nombre d'erreurs renverrait davantage à l'effacement anormalement rapide de la trace mnésique lié au

8 Les tâches de copie servile et de copie graphémique (transcodage d'une casse dans une autre) sont préservées dans la mesure où le patient garde le stimulus sous les yeux.

dysfonctionnement du processus qui assure la stabilité temporelle de la représentation. Dans ce cas, les lettres initiales, traitées en premier, sont épargnées, tandis que les traces des lettres qui suivent se perdent d'autant plus rapidement qu'elles s'écartent du début de la séquence. Pour d'autres auteurs (Borman, Wallesch & Blanken, 2008), les deux types de distribution renvoient aux interactions entre le lexique orthographique et le buffer graphémique : la courbe linéaire serait la conséquence directe d'une activation lexicale insuffisante sur le fonctionnement du buffer graphémique par ailleurs intact, tandis que la courbe en U traduirait davantage l'effet en retour d'un déficit du buffer graphémique sur le fonctionnement du lexique orthographique.

Comme nous venons de le préciser, le buffer graphémique a initialement été considéré comme une mémoire à court terme dédiée à la production du langage écrit. Caramazza et al. (1987) (et par la suite, Caramazza, Capasso, Miceli, 1996; Tainturier & Rapp, 2003; Perry et al. 2007) ont défendu l'idée que cette composante mnésique devait être commune à la production écrite et à la lecture puisque cette dernière tâche implique aussi des traitements des représentations graphémiques, en entrée néanmoins. En réexaminant les premiers cas de déficit du buffer graphémique, ces auteurs constatent que LB (Caramazza et al., 1987) présente en plus de son trouble de l'écriture un déficit important en lecture de pseudomots, attribué initialement à un déficit des conversions grapho-phonologiques. Contrairement à la production écrite, les processus de lecture diffèrent en aval pour les mots et les pseudomots. En effet, les unités abstraites des lettres activent en parallèle les unités orthographiques correspondant aux mots au niveau du lexique orthographique tandis que les unités correspondant aux pseudomots doivent être assemblées via la voie sous-lexicale par le système de conversion sérielle grapho-phonologique qui opère sur des unités plus petites (graphèmes ou syllabes). Il est donc nécessaire que les unités graphémiques soient maintenues plus longtemps dans une mémoire à court terme, le temps que se réalisent les conversions grapho-phonologiques. L'altération du buffer graphémique devrait donc affecter davantage la lecture des pseudomots que celle des mots. Tainturier et Rapp (2003) apportent un appui à cette hypothèse avec le cas MC qui présente d'importants déficits en lecture (limités aux pseudomots) et en écriture avec une dissociation entre les mots et les pseudomots.

Comment différencier un trouble de lecture lié à un déficit du buffer graphémique d'un déficit des conversions grapho-phonologiques puisque, dans l'un et l'autre cas, il est relevé des difficultés plus importantes pour les pseudomots ? Il est d'abord relevé que MC présente toutes les caractéristiques d'un déficit du buffer graphémique en écriture de mots et de pseudomots. Deuxièmement, les performances en lecture des pseudomots sont quantitativement et qualitativement similaires aux performances d'écriture des pseudomots. Troisièmement, dans la condition où la lecture des mots et des pseudomots est intentionnellement ralentie de manière à solliciter davantage le buffer graphémique, les performances de MC en lecture de mots diminuent de manière très significative alors que la lecture des pseudomots n'est pas plus impactée dans cette condition qu'elle ne l'était en temps normal. Les effets de ce ralentissement

ont été recherchés dans trois tâches : a) une épreuve de lecture de mots parmi des pseudomots qui a pour effet de solliciter davantage la voie sous-lexicale, b) la même tâche avec les mêmes stimuli présentés en miroir, et c) une tâche de reconstitution de mots et pseudomots épelés par l'examineur à raison d'une lettre par seconde.

• Les interactions entre les voies lexicale et sous-lexicale

Si la littérature relative aux dysgraphies acquises a fourni de nombreux faits empiriques à l'appui de l'autonomie fonctionnelle et neuronale des deux voies lexicale et sous-lexicale en écriture, elle a aussi mis en évidence des interactions régulières entre elles (Rapp & Fischer-Baum, 2015; McCloskey, Macaruso & Rapp, 2006; Miceli & Costa, 2014).

Chez le sujet sain, même si les deux voies lexicales et sous-lexicales s'activent en parallèle pour produire l'orthographe du mot qui lui est dicté, la voie lexicale intacte, et plus rapide, suffit à assurer la sélection de la représentation orthographique correcte. Par contre, les déficits sémantiques et/ou lexicaux que présentent régulièrement les patients aphasiques les empêchent souvent d'atteindre le seuil d'activation du mot cible, laissant la place à des paraphrasies sémantiques qui correspondent aux concurrents lexicaux sémantiquement liés qui n'ont pas pu être inhibés. Si les procédures de conversion phono-graphémiques sont intactes, voire même partiellement intactes, celles-ci devraient permettre de contraindre la sélection lexicale et d'augmenter les chances de produire la réponse correcte. Le cas J.J. rapporté par Hillis et Caramazza (1991) illustre cette interaction entre les deux voies. Ce patient présente des déficits de la voie lexicale et un déficit modéré des conversions phono-graphémiques. Il ne produit jamais d'erreurs phonologiquement plausibles quand sa compréhension des mots dictés est correcte ou partiellement correcte, alors que ce type d'erreurs est fréquent quand les mots ne sont pas compris.

Une interaction se manifeste aussi dans l'autre sens, en cas d'altération de la voie lexicale et de préservation des conversions phono-graphémiques (Rapp, Epstein & Tainturier, 2002). Chez leur patient, L.A.T., qui présente une démence d'Alzheimer, les erreurs phonologiquement plausibles produites en écriture sous dictée manifestent le résultat de l'action conjointe des deux voies. Il existe en effet un nombre élevé d'erreurs dans lesquelles ce patient anglophone produit une partie de l'inconsistance orthographique du mot tandis qu'il en régularise une autre (e.g., « bouquet » est écrit BOUKET : le phonème /k/ reçoit sa contrepartie graphémique la plus fréquente K alors que /e/ transcrit ET correspond à la conversion la plus rare. Cette interaction est aussi observée lors de la récupération spontanée des fonctions cognitives. Dans une étude longitudinale, Hillis, Rapp et Caramazza (1999) relèvent une importante dysgraphie chez R.C.M. une semaine après la survenue d'un accident vasculaire cérébral. Celle-ci se manifeste par un taux élevé (56 %) de paraphrasies sémantiques en écriture sous dictée et des difficultés importantes à écrire les pseudomots (58 % d'erreurs). Trois semaines plus tard, R.C.M. commence à pouvoir utiliser la voie sous-lexicale (33 % d'erreurs pour les pseudomots) et le taux de paraphrasies sémantiques diminue sensiblement (11 %).

• Les interactions entre le lexique orthographique et le buffer graphémique

Dans leur modèle à double-voie interactif et en cascade, Falconer et Buchwald (2013) envisagent une interactivité bidirectionnelle entre le lexique orthographique et le buffer graphémique. L'influence des activations lexicales en provenance du lexique orthographique sur le fonctionnement du buffer graphémique a été mise en évidence à plus d'une reprise. Depuis les travaux de Sage et Ellis (2004), les influences de variables lexicales sur le fonctionnement du buffer graphémique ont été mises au jour. Celles-ci concernent plus particulièrement l'influence de la fréquence d'usage, l'âge d'acquisition, la composition morphologique, l'imagerie et la densité du voisinage orthographique, selon les patients.

Les influences (par rétroaction) du buffer graphémique vers le lexique orthographique s'appuient sur différentes études de patients anglophones qui présentent en dénomination écrite des erreurs sémantiques où il est observé un recouvrement orthographique supérieur à celui du niveau du hasard (Falconer & Buchwald, 2013; McCloskey et al., 2006; Rapp et al., 2002). Ainsi, par exemple, quand le patient R.M.I produit en dénomination écrite le mot PRIEST face à l'image d'un saint, Falconer et Buchwald (2013) supposent que l'unité lexicale PRIEST est activée plus que d'autres voisins sémantiques (e.g., POPE) car elle partage les lettres I, S, T avec l'unité lexicale cible SAINT. La compétition entre SAINT et PRIEST s'accroît et peut expliquer que PRIEST soit sélectionné à la place de la cible et ce d'autant plus que celle-ci se trouve moins activée.

3.1.3. Les processus périphériques d'écriture

Au-delà du buffer graphémique, les modèles (Margolin & Goodman-Schulman, 1992; McCloskey et al., 2018; Rapp & Caramazza, 1997) postulent l'existence de représentations mentales et de mécanismes de traitement distincts selon les principales modalités de production écrite : l'écriture manuscrite, l'épellation orale et la dactylographie (McCloskey, Reilhac & Schubert, 2018; Menichelli, 2008; Purcell et al., 2011). Dans la suite, nous nous concentrerons surtout sur l'écriture manuscrite, les cas de dissociations au niveau de la dactylographie et de l'épellation restant peu nombreux.

Concernant l'écriture manuscrite, il est supposé que les représentations abstraites des lettres (maintenues dans le buffer graphémique) activent les *représentations allographiques* selon la police et la casse choisies pour la production écrite (e.g., majuscules d'imprimerie). Ces représentations allographiques représentent les multiples variantes de formes que peuvent prendre les représentations graphémiques abstraites. Elles reposeraient sur des caractéristiques visuo-spatiales, les formes des lettres physiquement similaires (e.g., H-N; e-a) se trouvant plus proches les unes des autres dans l'espace représentationnel que les formes physiquement éloignées (Q-V; j-x). Ces représentations allographiques fonctionneraient comme des espèces de « gabarits » qui guideraient la planification grapho-motrice et la sélection des traits grapho-moteurs appropriés (figure 7). L'hypothèse d'un niveau de spécification allographique n'est néanmoins pas partagée par tous les auteurs. Rapp et Caramazza (1997; Menichelli, 2008; Menichelli, Rapp & Semenza, 2008; Miozzo &

De Bastiani, 2002) proposent au contraire que les représentations abstraites amodales maintenues dans le buffer graphémique activent directement les patterns moteurs graphiques organisés ou indexés en fonction de la casse et de la police.

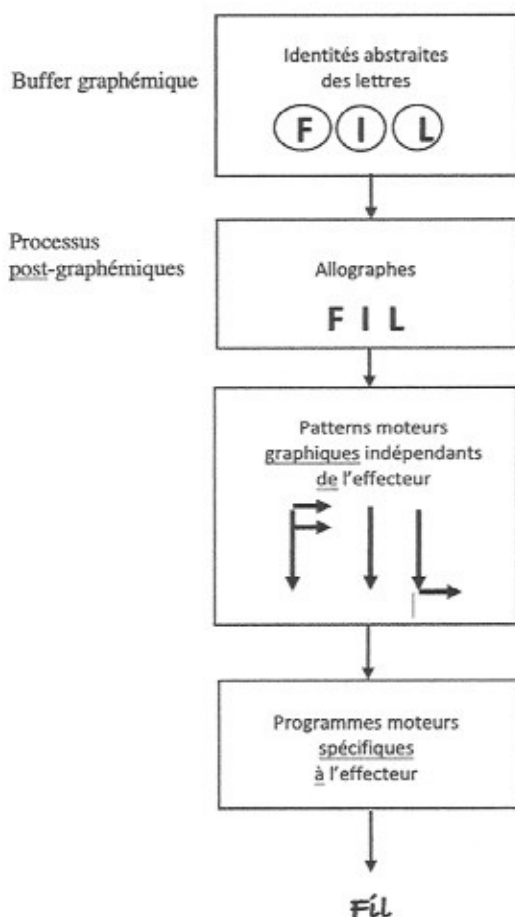


FIGURE 7 : Représentations post-graphémiques et processus d'écriture (McCloskey, 2018).

Au niveau pathologique, certains patients présentent des difficultés à activer ou sélectionner les formes appropriées des lettres. Ce déficit post-graphémique peut s'exprimer différemment. Il se manifeste par des difficultés à contrôler la casse ou la police, les patients produisant les mots dans des polices ou casses alternées (e.g., mIXed CasE, Forbes & Venneri, 2003) ou par l'impossibilité de produire une police ou une casse particulière. D'autres patients présentent des difficultés plus ou moins sévères à utiliser les minuscules (Weekes, 1994) et d'autres, les majuscules (Miceli, Capasso, Benvegnù & Caramazza, 2004). D'autres, enfin, préservent assez bien la casse et la police mais produisent des substitutions de lettres bien formées qui présentent une proximité de nature visuo-spatiale avec la lettre-cible (Rapp & Caramazza, 1997).

Au-delà des conversions allographiques, les *processus de planification grapho-motrice* permettraient de dériver la séquence (abstraite) des traits graphiques nécessaires à la réalisation de chaque allographe. Ces processus coderaient

le nombre de traits graphiques, leur orientation, leur taille relative, leur position et leur ordre et sont supposés être indépendants de l'effecteur (main gauche, main droite, pied gauche ou pied droit). Ces processus ne spécifieraient donc pas les mouvements en rapport avec les muscles et les articulations spécifiques à un effecteur particulier (Rapp & Caramazza, 1997). Certains patients présentent un profil d'erreurs compatible avec une altération des programmes moteurs graphiques en l'absence de toute atteinte élémentaire des fonctions motrices et sensorielles. Les erreurs qu'ils produisent sont des malformations graphiques qui vont des productions non identifiables jusqu'à une écriture lente et laborieuse, en passant par la production de lettres mal formées dans lesquelles seuls certains traits sont reconnaissables. Les traits graphiques peuvent apparaître déconnectés, omis, dupliqués mal positionnés. Chez ces patients, la probabilité de produire une erreur est directement liée au nombre de traits graphiques partagés par la lettre-cible et la lettre erronée. De plus, la fréquence de la lettre affecterait les productions, les lettres les moins fréquentes étant les plus vulnérables (de Partz et al., 2005; McCloskey et al., 2018; Miozzo & De Bastiani, 2002; Rapp & Caramazza, 1997) (figure 8).

Il sera aussi postulé par certains chercheurs (McCloskey et al., 2018) l'existence d'une mémoire de travail grapho-motrice requise dans la modalité d'écriture manuscrite. Cette mémoire de travail est supposée maintenir actifs les « patrons » grapho-moteurs dans une position sérielle spécifique. Chez leurs patients NGN qui présentent des déficits limités à l'écriture manuscrite, ces auteurs relèvent essentiellement des erreurs de substitutions de lettres proches sur le plan grapho-moteur (e.g., RUMOR → BUMOR) évocatrices d'un déficit au niveau de la planification graphomotrice qui spécifie les traits graphiques nécessaires à la production des lettres. Des analyses de la rapidité d'écriture et de la structure des traits graphiques suggèrent que ces erreurs sont liées à l'activation incomplète des patrons grapho-moteurs.

Lettre stimulus	F	R	F
			

FIGURE 8 : Déficits des patterns moteurs graphiques observés dans l'écriture sous dictée de trois lettres (adapté de McCloskey, 2018, p. 440).

Enfin, les programmes moteurs graphiques sont traités en *informations neuro-musculaires* commandant les muscles du système effecteur spécifique (e.g., main droite) selon divers paramètres d'exécution motrice relatifs à la taille absolue des traits, leur durée et la force musculaire à fournir. L'écriture est, par ailleurs, une activité motrice complexe dont la correction et la rapidité dépendent de *feed-back* tout à la fois visuels et kinesthésiques.

Les troubles de l'exécution motrice sont très couramment observés dans les maladies neurologiques telles que les accidents vasculaires cérébraux (hémiparésies), la maladie de Parkinson (micrographie), la maladie de Huntington

(macrographie), les pathologies cérébelleuses (dysmétrie graphique avec production de lettres de tailles inégales, espacées par défaut de coordination du geste graphique).

Contrairement à l'écriture manuscrite, la *production dactylographique* n'est pas directement liée à la réalisation de la forme de la lettre mais nécessite d'appuyer sur des touches de saisie alphanumériques au moyen d'un ou de plusieurs doigts (selon le niveau d'expertise de l'utilisateur) disposés sur l'espace standard d'un clavier. Cette modalité de production écrite est une fonction particulièrement complexe qui requiert la coordination entre des fonctions langagières, des fonctions praxiques, visuo-spatiales et motrices. Quelques rares études ont décrit des déficits sélectifs (ou dominants) de l'écriture au clavier, la dystypie, à la suite d'accidents vasculaires (Otsuki, Soma, Arihiro, Watanabe, Moriwaki & Naritomi, 2002), voire dans les suites d'une implantation DBS chez un patient parkinsonien (Wong, Armstrong, Almeida, Wagle Shukla, Patterson & Okun 2022).

En *épellation orale*, et sur base de l'information orthographique maintenue dans le buffer graphémique, la production du mot écrit se réalise via l'énumération des noms des lettres qui composent le mot « dicté » récupéré dans le lexique phonologique (e.g., « charade » → C – H – A – R – A – D – E). Par la suite, les processus de planification phonétique et articulatoire de la parole sont activés pour permettre la production des noms des lettres. Au niveau de la pathologie, certains patients sont incapables de récupérer le nom des lettres qui composent le mot (ou le pseudomot) alors qu'ils sont parfaitement capables de les produire en écriture manuscrite (Bevan et al., 2003). Inversement, d'autres patients présentent un bon niveau de performances en épellation orale et des difficultés en écriture manuscrite, sans que celles-ci ne puissent être attribuées à des déficits moteurs plus généraux (McCloskey et al., 2018; Rapp, & Caramazza, 1997).

3.2. Évaluation de la production écrite

3.2.1. La spécificité des troubles de la production écrite

L'utilisation dominante de la tâche d'écriture sous dictée dans l'évaluation des productions écrites demande de s'assurer de l'intégrité des composantes auditivo-verbales d'entrée ou à tout le moins de l'existence d'un profil de performances qui relève d'altérations cognitives différentes de celles qui sont impliquées dans la production écrite. Si l'intégrité de ces traitements n'a pas été ou pas été suffisamment objectivée dans d'autres épreuves langagières, il est souhaitable de proposer préalablement aux patients de répéter les items quelques jours avant la passation de l'épreuve d'écriture sous dictée (tableau 3).

À défaut de pouvoir utiliser la répétition chez certains patients, d'autres tâches qui recrutent les composantes auditivo-verbales peuvent être exploitées. Si le patient dispose de bonnes capacités de reconnaissance écrite, une tâche d'appariement entre un mot (ou un pseudomot) produit oralement et son correspondant écrit parmi différents distracteurs phonologiquement proches (e.g. (pseudomots), /gaRɛ/ → RAGUIN – GADIN – GARIN – GANIN) s'avère une bonne alternative.

TABEAU 3 : Comparaison des performances du cas XY pour les mêmes items présentés en répétition et deux semaines plus tard en écriture sous dictée (document interne).

	Écriture sous dictée	Répétition et inversement
Phonèmes/graphèmes	7/36*	32/36*
• Lexicalité		
Mots	9/13*	12/13
Non-mots	0/13*	6/13*
• Imagerie		
I+	23/30*	28/30
I-	8/30*	24/30*
• Classe grammaticale		
Substantifs	7/10*	9/10
Adjectifs	3/10*	8/10*
Verbes	2/10*	9/10
Fonctionnels	2/10*	10/10
Erreurs mots	Paraphrasies littérales (35%) « tulipe » → TUIPE « couvercle » → COURCE Non réponses (29%) Paraphrasies sémantiques (13%) « drame » → CATASTROPHE « chercheur » → SCIENCES	Paraphrasies phonémiques/articulatoires (100 %) « drame » → tram/ ... + (sens ? « Une erreur, un problème, une catastrophe. ») « pantalon » → patat/ ...+

* Résultats inférieurs aux normes.

En écriture sous dictée, les scores de XY, qui présente une aphasie de Broca avec agrammatisme en production et en compréhension auditive et écrite, sont déficitaires pour toutes les épreuves et sous-épreuves. La patiente est incapable de produire une réponse quand des pseudomots lui sont présentés et les conversions phono-graphémiques se limitent à la production écrite des seules voyelles (le phonème correspondant au nom de la lettre). Concernant les mots, il est relevé un effet des variables d'imagerie (les mots à faible degré d'imagerie sont largement déficitaires) et de classe grammaticale (les substantifs sont mieux traités que les mots appartenant aux autres classes grammaticales). Cet effet d'imagerie est clairement lié dans l'évaluation standard à un déficit de nature sémantique car les performances de XY sont déficitaires pour les mots abstraits dans une épreuve d'appariement de synonymes sur entrées conjointes orale et écrite. En écriture sous dictée de mots, les erreurs correspondent par ordre décroissant d'importance à : des paraphrasies littérales (sans lien phonologique), des non-réponses et des paraphrasies sémantiques.

En répétition des mêmes items, les performances répondent à un profil différent. Elles sont d'abord significativement supérieures à celles enregistrées à l'écrit et le profil des erreurs est dominé par des paraphrasies phonémiques et des troubles articulatoires, exclusivement. Même s'il est observé un effet de la lexicalité, celui-ci n'a pas la même signification que l'effet observé en production écrite. Les erreurs sont identiques à celles qui sont relevées pour les mots et relèvent davantage de troubles de la production orale. Nous avons donc conclu à l'existence d'un déficit spécifique à la production écrite (dysgraphie profonde et présence de paraphrasies littérales suspectes d'un déficit du buffer graphémique surajouté ou de l'effet des imprécisions lexicales sur le fonctionnement du buffer graphémique) (Borman et al., 2008).

3.2.2. L'intégrité des voies lexicales et sous-lexicales

• La voie lexicale

En admettant que les traitements sémantiques soient préservés aux différentes épreuves sémantiques (décrites pour l'évaluation sémantique en lecture à haute voix), il est important d'évaluer la récupération des unités orthographiques au moyen de deux épreuves : l'écriture sous dictée et la dénomination écrite.

En optant pour une épreuve de *dénomination écrite*, le choix se porte sur une des épreuves les plus exigeantes sur les plans sémantique et lexical. La tâche requiert en effet de devoir activer les connaissances sémantiques les plus complètes pour permettre l'activation de l'unité orthographique cible. En dénomination écrite – et à la différence des tâches de transposition telles que l'écriture sous dictée, la lecture ou la répétition –, aucun indice de forme ne peut être exploité par le patient via la voie sous-lexicale pour contraindre la récupération lexicale. En clinique, ce sont les items de l'épreuve de l'épreuve de dénomination orale qui sont le plus souvent présentés au patient à l'écrit, à la recherche d'une dissociation entre les deux lexiques, sans adaptation aux variables qui seraient plus spécifiques à la production écrite. Nous relevons néanmoins à ce jour une épreuve courte de dénomination écrite de noms et verbes dans la Batterie d'Évaluation Cognitive du Langage (BECLA) de Macoir et al. (2015). Idéalement, nous devrions pouvoir disposer d'une épreuve qui teste plus spécifiquement la récupération des unités orthographiques pour les substantifs et pour les verbes, en recherchant les effets de la fréquence d'usage des mots écrits, de leur âge d'acquisition, et de l'étendue du voisinage orthographique tout en neutralisant la régularité orthographique et la décomposition morphologique. Si nous disposions d'une telle épreuve, il pourrait aussi être intéressant de proposer ces items en écriture sous dictée de manière à évaluer l'apport de la voie sous-lexicale dans la tâche d'écriture sous dictée.

L'épreuve d'écriture sous dictée permet de tester de façon fiable les deux voies d'écriture. Pour tester la voie sous-lexicale, il sera proposé une tâche d'écriture de mots et de pseudomots en nombre suffisant, courts et longs, appariés selon leur longueur, en neutralisant leur structure syllabique, et leur voisinage orthographique (et si possible le voisinage phonologique dans la mesure où les traitements auditivo-verbaux sont sollicités en entrée). Pour tester la voie lexicale, une seconde épreuve doit nécessairement pouvoir contrôler l'effet de régularité et au mieux l'effet de consistance orthographique, ainsi que son interaction avec la fréquence, les variables de longueur, catégorie grammaticale et imagerie étant par ailleurs neutralisées. Citons encore, parmi les épreuves d'écriture sous dictée, la dictée d'homophones non homographes en proposant une phrase qui lève l'ambiguïté sémantique indispensable à la sélection de la bonne orthographe (« Vous écrivez QUART tel qu'il apparaît dans la phrase "Il est six heures et quart." » (de Partz, 1994, 1999, en préparation).

• La voie sous-lexicale

Comme pour la lecture, il s'agit de vérifier au préalable l'état des traitements phonologiques et métaphonologiques avec une attention particulière aux épreuves de discrimination phonologique, de répétition de pseudomots ainsi que

de la mémoire à court terme verbale. (Majerus et al., 2005 ; Van der Kaa & Majerus, 2007).

Segmentation phonologique. Selon la fiabilité des productions orales du patient, l'épreuve de suppression phonémique sera proposée en modalité orale en utilisant un matériel de pseudomots pour éviter que les patients n'utilisent leurs connaissances orthographiques préservées pour segmenter les mots en phonèmes. Toute présentation écrite sera également évitée pour les mêmes raisons. Dans son travail de fin d'études, Habran (2021) propose une épreuve de suppression phonémique à destination d'adultes dyslexiques (de développement). La suppression se réalise à l'intérieur de pseudomots uni- et bisyllabiques de manière à ne pas trop charger la mémoire de travail. L'auteure cible la plupart des consonnes de la langue française à l'intérieur d'un cluster consonantique (e.g., suppression du dernier son de /fylirg/ → /fylir/...), les voyelles étant jugées trop faciles. Trois consignes de suppression sont proposées de manière à ce que celles-ci concernent la partie initiale, médiane et finale des pseudomots.

3.2.3. Le buffer phonologique

Le buffer phonologique est une mémoire de travail propre à la production orale. Elle est supposée intervenir dans le traitement des pseudomots proposés dans une tâche d'écriture sous dictée. Ce même composant mnésique est recruté dans les tâches de lecture et de répétition des pseudomots et concerne plus rarement ou dans une moindre proportion les mots de la langue (Shallice, Rumati & Zadini, 2000). Une atteinte à ce niveau se marquera par un effet de la longueur des stimuli proposés dans le sens où la proportion d'erreurs augmente en fonction de la longueur des pseudomots tandis que les erreurs produites sont de nature phonologique.

3.2.4. Le système des conversions phono-graphémiques

Pour tester l'intégrité de ce système de conversion, il est proposé au patient une tâche de dictée assignant aux phonèmes les correspondants graphémiques plausibles. Il est donc demandé pour chaque phonème de fournir deux (ou trois) graphèmes (e.g., /o/ → AU, EAU, AUD...).

3.2.5. Le buffer graphémique

Si l'évaluation des voies lexicales et sous-lexicales met en évidence la présence d'erreurs littérales isolées ou multiples, celles-ci sont suspectes d'un déficit du buffer graphémique. Pour vérifier cette hypothèse, il sera utile de proposer aux patients une épreuve qui teste l'effet de la longueur (en nombre de lettres : 3-4 vs 7-10 lettres) des mots et des pseudomots en les appariant en fonction de leur structure grapho-syllabique écrite et de la densité de leur voisinage orthographique. Dans la même épreuve, il sera en outre possible de contraster les mots courts et les mots longs en fonction de la fréquence d'usage en veillant à contrôler les variables de composition morphologique, classe grammaticale, âge d'acquisition et degré d'imagerie (Guichard, 2013).

Outre l'écriture sous dictée, il est aussi possible de tester les mots et pseudomots courts et longs dans les tâches de copie différée. Dans cette dernière tâche, il est demandé au patient de regarder attentivement un mot ou un pseudomot présenté sur un carton ou sur écran d'ordinateur. La cible

est ensuite soustraite au regard du patient et un délai de dix ou quinze secondes est introduit avant que le patient ne soit autorisé à copier la cible sur papier non ligné et si possible dans son écriture habituelle. Il lui sera demandé de ne pas lire le mot à haute voix. Ces deux tâches se différencient en fonction des modalités d'entrée : l'écriture sous dictée recrute différents traitements auditivo-verbaux tandis que la copie différée implique la modalité verbale écrite. Si la tâche d'écriture sous dictée est la plus fréquemment utilisée, la copie différée lui sera préférée si le patient présente des déficits au niveau des traitements auditivo-verbaux (e.g., troubles de l'identification phonémique, de l'accès au lexique phonologique d'entrée ou d'accès au système sémantique au départ de la modalité verbale auditive) ou si le clinicien souhaite complexifier la tâche chez des patients qui présentent des déficits légers en introduisant une tâche écrite interférente (e.g., copie de paires de chiffres inversés durant le délai d'attente) ce qui a pour effet de solliciter davantage le fonctionnement du buffer graphémique. L'analyse des erreurs est envisagée aux niveaux quantitatif et qualitatif, permettant d'envisager leur position sérielle. Sur le plan quantitatif, et comme souligné précédemment, l'évaluation de l'effet de la longueur se réalise sur base des proportions de lettres erronées dans la réponse par rapport au nombre de lettres que compte le mot ou le pseudomot à reproduire par écrit, la probabilité de réaliser une erreur sur un mot long étant plus élevée. L'effet de longueur revient donc à établir que la proportion des lettres erronées qui apparaissent dans les mots et pseudomots longs est supérieure à celle des lettres erronées relevée dans les mots et pseudomots courts. De l'analyse qualitative des erreurs tant au niveau des mots que des pseudomots devrait émerger une majorité de paraphrasies littérales isolées (substitutions, omissions, additions, permutations, déplacements) ou multiples, selon la sévérité du déficit. On se rappellera ici que la plupart des erreurs produites correspondent à des non-mots. En plus de la longueur, il est important d'établir la distribution relative des erreurs de manière à préciser si le patient présente une distribution des erreurs en U ou s'il s'agit plutôt d'une courbe linéaire suivant laquelle les erreurs augmentent du début à la fin du mot. Cette distribution se réalise classiquement selon la procédure de Wing et Baddeley (1980) qui prévoit de normaliser la distribution des erreurs pour des mots de différentes longueurs en fonction de cinq positions.⁹ Enfin, pour s'assurer que les paraphrasies relevées ne sont pas spécifiques à la modalité de production manuscrite, et donc liées en aval à un déficit d'un composant périphérique d'écriture, il sera utile de contraster un sous-ensemble d'items dans une tâche écrite qui ne recrute pas la production manuscrite, soit la dactylographie, la manipulation de lettres mobiles ou encore l'épellation orale, sachant que cette dernière tâche ne pourra pas être exploitée chez les patients qui présentent des troubles de la production orale. Il est attendu que la présence d'un déficit du buffer graphémique se manifeste de manière similaire (effet de longueur, types d'erreurs et distribution spatiale des erreurs à l'intérieur du mot) dans toutes les modalités de production. Il est possible néanmoins d'observer une différence

⁹ Voir aussi : Olson, Romani, Caramazza (2010) qui considèrent la position absolue des lettres quelle que soit la longueur du mot.

(parfois significative) entre les performances en écriture sous dictée et celles relevées dans la tâche d'épellation orale au détriment de cette dernière chez les sujets normaux qui nous servent de référence (de Partz et al., 2005), la tâche d'épellation étant moins familière que l'écriture manuscrite ou que la dactylographie.

3.2.6. Les processus périphériques

Pour tester les processus propres aux modalités de production écrite, il est classique de comparer les performances d'un patient dans une tâche d'écriture sous dictée de mots présentés en écriture manuscrite, en dactylographie (ou, à défaut, en lettres mobiles) et en épellation orale. Si l'altération sélective de l'écriture manuscrite est mise en évidence en l'absence de toute atteinte élémentaire des fonctions motrices et sensorielles, l'évaluation se poursuivra en testant les habiletés du patient à sélectionner les formes correctes des lettres dans une tâche de copie graphémique qui suppose un transcodage de lettres ou de mots d'une typographie ou d'une casse dans une autre. Cette tâche a pour particularité d'être dépendante tout à la fois de l'identification des lettres isolées (lecture) et de l'activation de la représentation allographique (ou de son indexation aux patterns moteurs graphiques correspondants). La difficulté à accéder à la forme peut produire des erreurs de sélection d'un code à l'autre ainsi que des erreurs de substitution de lettres visuo-spatialement proches (I – L) et se manifester dans toutes les tâches qui recrutent l'écriture manuscrite. Les erreurs sont toujours des lettres bien formées ou des lettres substituées aux lettres cibles qui présentent avec elles une proximité visuo-spatiale. Il peut être utile de vérifier la capacité du sujet à se représenter mentalement des formes de lettres en l'interrogeant, par exemple, sur les détails de l'image qu'il a créée dans une typographie particulière (e.g., « Y a-t-il une ligne horizontale dans la lettre A en majuscule d'imprimerie ? » ; « Combien de lignes verticales compte la lettre H ? », etc.).

La copie servile suffit, quant à elle, à examiner les patterns moteurs graphiques (et les paramètres d'exécution motrice en écriture). La production de lettres tronquées est un élément fort et directement visible en faveur du diagnostic d'une altération des patterns moteurs graphiques. La présence de substitutions entre lettres qui présentent une similitude grapho-motrice est plus difficile à établir car les variables visuo-spatiales et graphomotrices se recouvrent et sont dépendantes des caractéristiques propres à l'écriture du patient. Il peut être mené une analyse en traits graphiques des lettres produites par le patient soit avec papier-crayon (Rapp & Caramazza, 1997), soit au moyen de tablettes traçantes digitalisées utilisées en recherche (de Partz et al., 2005). Le principe de l'analyse est de segmenter les lettres produites par le patient de manière à identifier les traits produits et leur position, et de relever via la tablette la dynamique de la production manuelle.

4. Conclusion

La compréhension des troubles de la lecture et de l'écriture s'est non seulement enrichie de nouveaux cas de dissociations mais aussi de modèles théoriques qui commencent

à unifier les modèles classiques en opposition. Sur le plan méthodologique de la recherche, il est intéressant de voir aujourd'hui qu'elle intègre aux études de cas uniques des études sur de petits groupes de cas de dissociations semblables, des résultats de méta-analyses, des études longitudinales qui suivent la détérioration de ces deux fonctions langagières dans les pathologies neurodégénératives et en particulier dans les aphasies primaires progressives. De leur côté, les apports de différents paradigmes en neuro-imagerie fonctionnelle éclairent certaines des questions longuement débattues, comme par exemple l'unicité du lexique orthographique. Paradoxalement, les instruments d'évaluation en langue française n'offrent le plus souvent que les deux épreuves de lecture censées tester globalement les deux voies de lecture. On regrettera que ces épreuves de première ligne n'offrent que peu de contrôle des variables qui interfèrent avec les variables de régularité d'une part et de lexicalité d'autre part, ou que d'autres encore se limitent à un nombre trop restreint d'items pour pouvoir dégager des interprétations cognitives suffisamment fiables.

5. Lectures conseillées

- Ferrand, L. & Ayora, P. (2018). *Psychologie cognitive de la lecture* (2^e édition : manuel de synthèse). Paris : DeBoeck.
- Leff, A. & Starrfelt, R. (2014). *Alexia*. Londres : Springer.
- Rapp, B. & Fischer-Baum, S. (2014). Representation of orthographic knowledge. In : M. Goldrick, V. Ferreira, & M. Miozzo (Eds.). *The Oxford Handbook of Language Production*. Oxford University Press. p. 338-357.
- Rapp, B. & Fischer-Baum, S. (2015). Uncovering the cognitive architecture of spelling. In : A. Hillis (Ed.). *The Handbook of Adult Language Disorders (Second edition)*. New-York et Londres : Psychology Press, p. 59-86.
- Rapp, B. & Purcell, J. (2019). *Understanding how we produce written words: lessons from the brain*. Oxford : The Oxford Handbook of Neurolinguistic.
- Starrfelt, R. & Woodhead, Z. (2021). Reading and Alexia. In J. Barton & A. Leff (Eds.) : *Handbook of Clinical Neurology: Neurology of Vision and Visual disorders*. Elsevier p. 213-232.

Références

- Arguin, M., & Bub, D. (2005). Parallel processing blocked by letter similarity in letter by letter dyslexia: A replication. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 5, 589-602.
- Arguin, M., Fiset, S., & Bub, D. (2002). Sequential and parallel letter processing in letter-by-letter dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 19, 6, 535-555.
- Badecker, W., Hillis, A., & Caramazza, A. (1990). Lexical morphology and its role in the writing process: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Cognition*, 35, 205-243.

- Bak, T., & Hodges, J. (2003). Kissing and dancing—A test to distinguish the lexical and conceptual contributions to noun/verb and action/object dissociation: Preliminary results in patients with frontotemporal dementia. *Journal of Neurolinguistics*, 16, 169–181.
- Barton, J., Hanif, H., Björnström, L., & Hills, C. (2014). The word length effect in reading: A review. *Cognitive Neuropsychology*, 31, 378–412.
- Beauvois, M., & Dérouesné, J. (1979). Phonological alexia: Three dissociations. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 42, 1115–1124.
- Beauvois, M., & Dérouesné, J. (1981). Lexical or orthographic Agraphia. *Brain*, 104(1), 21–49.
- Beeson, P., & Rapcsak, S. (2015). Clinical diagnosis and treatment of spelling disorders. In: A. Hillis (Ed.) *The Handbook of Adult Language Disorders (Second edition)*. New-York and London: Psychology Press.
- Behrmann, M., & Bub, D. (1992). Surface dyslexia and dysgraphia: Dual routes, single lexicon. *Cognitive Neuropsychology*, 9(3), 209–251.
- Behrmann, M., & Plaut, D. (2014). Bilateral hemispheric processing of words and faces: Evidence from word impairments in prosopagnosia and face impairments in pure alexia. *Cerebral Cortex*, 24(4), 1102–1118.
- Berndt, R., Haendiges, A. N., Mitchum, C., & Wayland, S. (1996). An investigation of nonlexical reading impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 13(6), 763–801.
- Bevan, A., Robinson, G., Butterworth, B., & Cipolotti, L. (2003). To play «B» not to say «B»: Selective loss of letter names. *Neurocase*, 9, 2, 118–128.
- Bezy, C., Pariente, J., & Renard, A. (2016). GREMOTS : Batterie d'évaluation des troubles du langage dans les maladies neuro-dégénératives. DeBoeck supérieur.
- Bezy, C., Pariente, J., & Renard, A. (2021). GREMOTS : Batterie d'évaluation des troubles du langage dans les maladies neuro-dégénératives (Logiciel d'évaluation). DeBoeck supérieur Happyneuron.
- Bormann, T., Wallesch, C., & Blanken, G. (2008). "Fragment errors" in deep dysgraphia: Further support for a lexical hypothesis. *Cognitive Neuropsychology*, 25(5), 745–764.
- Bormann, T., Frings, L., Dressing, A., Glauche, V., & Weiler, C. (2018). Do all visual deficits cause pure alexia? Dissociations between visual processing and reading suggest "no". *Brain and Cognition*, 125, 69–77.
- Bub, D., & Kertesz, A. 1982. Deep agraphia. *Brain and Language*, 17, 146–165.
- Buchwald, A., & Falconer, C. (2014). Cascading activation from lexical processing to letter-level processing in written word production. *Cognitive Neuropsychology*, 31(7-8), 606–621.
- Buchwald, A., & Rapp, B. (2009). Distinctions between orthographic long-term memory and working memory. *Cognitive Neuropsychology*, 26(8), 724–751.
- Burt, J., & Tate, H. (2002). Does a Reading Lexicon Provide Orthographic Representations for Spelling? *Journal of Memory and Language*, 46, 518–543.
- Caccappolo-van Vliet, E., Miozzo, M., & Stern, Y. (2004). Phonological dyslexia without phonological impairment? *Cognitive Neuropsychology*, 21, 820–839.
- Caramazza, A., & Hillis, A. (1990). Levels of representation, co-ordinate frames, and unilateral neglect. *Cognitive Neuropsychology*, 7, 37–41.
- Caramazza, A., & Miceli, G. (1990). The structure of graphemic representations. *Cognition*, 37(3), 243–297.
- Caramazza, A., Capasso, R., & Miceli, G. (1996). The role of the graphemic buffer in reading. *Cognitive Neuropsychology*, 13(5), 673–698.
- 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.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2004) Specialization within the ventral stream: The case for the visual word form area. *Neuroimage*, 22, 466–476.
- Cohen, L., Henry, C., Dehaene, S., Molko, N., Lehericy, S., & Martinaud, O. (2004). The pathophysiology of letter-by-letter reading. *Neuropsychologia*, 42, 1768–1780.
- Coltheart, M. (2017). The assumptions of cognitive neuropsychology: Reflections on Caramazza (1984, 1986). *Cognitive Neuropsychology*, 34(7-8), 397–402.
- Coltheart, M. (1996). Phonological dyslexia: Past and future issues. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 749–762.
- 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, 204–256.
- Costa, V., Fischer-Baum, S., Capasso, R., Miceli, G., & Rapp, B. (2011). Temporal stability and representational distinctiveness: Key functions of orthographic working memory. *Cognitive Neuropsychology*, 28(5), 338–362.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Science*, 15, 254–262.
- de Partz, M. (1994). L'évaluation de la lecture en neuropsychologie. In J. Grégoire & B. Piérard (Eds.), *Évaluer les troubles de la lecture*. Bruxelles : De Boeck Université, 51–63.
- de Partz, M. (1999). Batterie d'évaluation des dyslexies acquises de l'adulte. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 49, 4, 313–323.
- de Partz, M. (en préparation). Batterie d'évaluation des troubles du langage chez les patients aphasiques chez les patients aphasiques.
- de Partz, M. (2019). Déficiences de la production écrite dans les aphasies primaires progressives. *Revue de Neuropsychologie de Langue Française*, 11(3), 176–187.
- de Partz, M., Lochy, A., & Pillon, A. (2005). Multiple levels of letter representation in written spelling: Evidence from a single case of dysgraphia with multiple deficits. *Behavioural Neurology*, 16, 119–144.
- de Partz, M., Seron, X., & Van der Linden, M. (1992). Re-education of a surface dysgraphia with a visual imagery strategy. *Cognitive Neuropsychology*, 9(5), 369–401.

- Derouesné, J., & Beauvois, M. F. (1979). Phonological processing in reading: Data from alexia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 42(12), 1125-1132.
- Derouesné, J., & Beauvois, M. (1985). The « phonemic » stage in the non-lexical reading process: Evidence from a case of phonological alexia. In K., Patterson, J., Marshall, & M., Coltheart, *Surface Dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. Hove, London: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 399-457.
- Dickens, J., DeMarco, A., van der Stelt, C., Snider, S., Lacey, E., Medaglia, J. ... & Turkeltaub, P. (2021). Two types of phonological reading impairment in stroke aphasia. *Brain Communications*, 3, 3, 1-17.
- Drori, S., & Henik, A. (2006). Concreteness and Context Availability in Lexical Decision Tasks. *The American Journal of Psychology*, 119, 1, 45-65.
- Falconer, C., & Buchwald, A. (2013). Do activated letters influence lexical selection in written word production? *Aphasiology*, 27, 849-866.
- Ferrand, L. (2007). *Psychologie cognitive de la lecture*. Bruxelles : De Boeck Université, Collection Ouvertures Psychologiques.
- Fiset, D., Gosselin, F., Blais, C., & Arguin, M. (2006). Inducing letter-by-letter dyslexia in normal readers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(9), 1466-1476.
- Folk, J., Rapp, B., & Goldrick, M. (2002). The interaction of lexical and sublexical information in spelling: What's the point? *Cognitive Neuropsychology*, 19(7), 653-671.
- Forbes K., & Venneri, A. (2003). A case for case: Handling letter case selection in written spelling. *Neuropsychologia*, 41, 16-24.
- Francis, D., & Riddoch, J. (2001). Treating agnosic alexia complicated by additional impairments. *Neuropsychological Rehabilitation*, 11, 2, 113-145.
- Friedman, R., (1982). Mechanisms of reading and spelling in a case of alexia without agraphia. *Neuropsychologia* 20, 5, 533-545.
- Gilmore, G., Hersch, H., Caramazza, A., & Griffin, J. (1979). Multi-dimensional letter similarity derived from recognition errors. *Perception and Psychophysics* 25, 425-431.
- Graham K., Simons J., Pratt K., Patterson K., & Hodges J. (2000). Insights from semantic dementia on the relationship between episodic and semantic memory. *Neuropsychologia*, 38(3), 313-24.
- Habran, I. (2021). Élaboration d'une tâche sous-tendant les habiletés de lecture pour adultes en vue d'améliorer le diagnostic de dyslexie à l'Université. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en logopédie. Université de Liège (promotrice : Martine Poncelet).
- Harm, M., & Seidenberg, M. (2004). Computing the meanings of words in reading: Cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychological Review*, 111(3), 662-720.
- Harris, L., Olson, A., & Humphreys, G. (2013). Overcoming the effect of letter confusability in letter-by-letter reading: A rehabilitation study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 23, 3, 429-462.
- Henry, M., Beeson, P., Stark A., & Rapcsak S. (2007). The role of left perisylvian cortical regions in spelling. *Brain and Language*, 100(1), 44-52.
- Hillis, A. (1993). The role of models of language processing in rehabilitation of language impairments. *Aphasiology*, 7(1), 5-26.
- Hillis, A., & Caramazza, A. (1991). Mechanisms for accessing lexical representations for output: Evidence from a category-specific semantic deficit. *Brain and Language*, 40, 106-144.
- Hillis, A., Rapp, B., Benzing, L., & Caramazza, A. (1998). Dissociable coordinate frames of unilateral neglect: "viewer-centered" neglect. *Brain and Cognition*, 37, 3, 491-526.
- Hillis, A., Rapp, B., & Caramazza, A. (1999). When a rose is a rose in speech but a tulip in writing. *Cortex*, 35(3), 337-356.
- Howard, D., & Best, W. (1996). Developmental phonological dyslexia: Real word reading can be completely normal. *Cognitive Neuropsychology*, 13(6), 887-934.
- Howard, D., & Patterson, K. (1992). Pyramid and Palm Trees: A test of semantic access from pictures and words. Bury St Edmunds, UK: Thames Valley Test Company.
- Jefferies, E., & Lambon Ralph, M. (2006). Semantic impairment in stroke aphasia versus semantic dementia: A case-series comparison. *Brain*, 129, 2132-2147.
- Jefferies, E., Rogers, T., Hopper, S., & Ralph, M. (2010). « Pre-semantic » cognition revisited: critical differences between semantic aphasia and semantic dementia. *Neuropsychologia*, 48(1), 248-61.
- Jefferies, E., Sage, K., & Lambon Ralph, M. (2007). Do deep dyslexia, dysphasia and dysgraphia share a common phonological impairment? *Neuropsychologia*, 45, 1553-1570.
- Jeremy, J., Purcell, T., Schubert, M., & Hillis, A. (2015). Acquired impairments in reading. In A. Hillis (Ed.) *The Handbook of Adult Language Disorders*. London: Psychology Press.
- Jourdain, C., Zagar, D., & Lété, B. (2008). Evaluer les difficultés de lecture chez l'adulte. In J. Grégoire (Ed.), *Évaluer les apprentissages. Les apports de la psychologie cognitive*. Louvain-la-Neuve, De Boeck Supérieur, « Perspectives en éducation et formation », 100-131.
- Kay, J., Lesser, R., & Coltheart, M. (1992). *Psycholinguistic assessment of language processing in aphasia*. Hove: Erlbaum.
- 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., Giffard, B., Nore, F., de la Sayette, V., Pasquier, F., & Eustache, F. (2007). Central and peripheral agraphia in Alzheimer's disease: from the case of Auguste D. to a cognitive neuropsychology approach. *Cortex*, 43(7), 935-51.
- Leff, A., Spitsyna, G., Plant, G., & Wise, R. (2006). Structural anatomy of pure and hemianopic alexia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 50, 841-851.

- Lemay, M. (1992). *Examen des dyslexies acquises (EDA)*. Montréal: Les Éditions Pointcarré.
- Macoir, J., Jean, C., & Gauthier, C. (2015). *La Batterie d'Évaluation Cognitive du Langage (BECLA)* DOI: 10.13140/RG.2.1.2077.8328
- Macoir, J., Fossard, M., Saint-Pierre, M., & Auclair-Ouellet, N. (2012). Phonological or procedural dyslexia: specific deficit of complex grapheme-to-phoneme conversion. *J. Neurolinguist*, 25, 163–177.
- Majerus, S., Van der Kaa, M., Renard, C., Van der Linden, M., & Poncellet, M. (2005). Treating verbal short-term memory deficits by increasing the duration of temporary phonological representations: A case study. *Brain and Language*, 95(1), 174–175.
- Malhi, S., McAuley, T., Lansue, & Buchanan, L. (2019). Concrete and abstract word processing in deep dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*, 51, 309–323.
- Margolin, D., & Goodman-Shulman, R. (1992). Oral and written spelling impairments. In D. I. Margolin (Ed.), *Cognitive neuropsychology in clinical practice*. London: Oxford University Press. pp. 263–297.
- McCandliss B., Cohen L., & Dehaene S. (2003). The visual word form area: Expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Science*, 7(7), 293–299, 2003.
- McCloskey, M., Macaruso, P., & Rapp, B. (2006). Grapheme-to-lexeme feedback in the spelling system: Evidence from a dysgraphic patient. *Cognitive Neuropsychology*, 23(2), 278–307.
- McCloskey, S., Reilhac, C., & Schubert, T. (2018). A deficit in post-graphemic writing processes: Evidence for a graphomotor buffer. *Cognitive Neuropsychology*, 35, 8, 430–457.
- Menichelli, A. (2008). Allographic agraphia: A case study. *Cortex* 44 (7), 861–868.
- Menichelli A, Rapp B, & Semenza C. (2008). Allographic agraphia: A case study. *Cortex*, 44(7), 861–8.
- Meulenbroek, R., & Van Galen, G. (1990). Perceptual-motor complexity of printed and cursive letters. *The Journal of Experimental Education*, 58, 2, pp. 95–110.
- Miceli G, Capasso R, Benvegù B, & Caramazza A. (2004). The categorical distinction of vowel and consonant representations: evidence from dysgraphia. *Neurocase*. 10, 2, 109–21.
- Miceli, G., & Costa, V. (2014). The role of lexical and sublexical orthography in writing: Autonomy, interaction and neuro-functional correlates. In M. Goldrick, V. Ferreira, & M. Miozzo (Eds.), *The Oxford Handbook of Language Production*, New York: Oxford University Press, pp. 358–378.
- Mycroft, R., Behrmann, M., & Kay, J. (2009). Visuo-perceptual deficits in letter-by-letter reading? *Neuropsychologia*, 47, 7, 1733–44.
- Noonan, K., Jefferies, E., Visser, M., & Lambon Ralph, M. (2013). Going beyond inferior prefrontal involvement in semantic control: Evidence for the additional contribution of dorsal angular gyrus and posterior middle temporal cortex. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 25(11), 1824–50.
- Otsuki, M., Soma, Y., Arihiro, S., Watanabe, Y., Moriwaki, H., & Naritomi, H. (2002). Dystypia: Isolated typing impairment without aphasia, apraxia or visuospatial impairment. *European. Neurology*, 47, 136–140.
- Patterson, K., Marshall, J., & Coltheart, M. (1985). *Surface Dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. Hove, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Perry, C., Ziegler, J., & Zorzi, M. (2007). Nested modeling and strong inference resting in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 27, 301–333.
- Plaut, D., McClelland, J., Seidenberg, M., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 56–115.
- Price, C., & Devlin J. (2003). The myth of the visual word form area. *Neuroimage*, 19, 3, 473–81.
- Purcell, J., Jiang, X., & Eden, G. (2017). Shared orthographic neuronal representations for spelling and reading. *Neuroimage*, 147, 554–567.
- Purcell, J., Turkeltaub, P., Eden, G., & Rapp, B. (2011). Examining the central and peripheral processes of written word production through meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 2, 239.
- Rapcsak, S., & Beeson, P. (2015). Neuroanatomical correlates of spelling and writing. In: A. Hillis (Ed.) *The Handbook of Adult Language Disorders*. London: Psychology Press.
- Rapcsak, S., Beeson, P., Henry, M., Leyden, A., Kim, E., Rising, K., Andersen, S., & Cho, H. (2009). Phonological dyslexia and dysgraphia: Cognitive mechanisms and neural substrates. *Cortex*, 45 (5), 575–591.
- Rapp, B., & Caramazza, A. (1997). From graphemes to abstract letter shapes: Levels of representation in written spelling. *Journal of Experimental Psychology*, 23, 1130–52.
- Rapp, B., Epstein, C., & Tainturier, M. (2002). The integration of information across lexical and sublexical processes in spelling. *Cognitive Neuropsychology*, 19, 1–29.
- Rapp B, Purcell J, Hillis, A, Capasso, R., & Miceli, G. (2016). Neural bases of orthographic long-term memory and working memory in dysgraphia. *Brain*, 139, 588–604.
- Ripamonti, E., Aggüjaro, S., Molteni, F., Zonca, G., Frustaci, M., & Luzzatti, C. (2014). The anatomical foundations of acquired reading disorders: A neuropsychological verification of the dual-route model of reading. *Brain and Language*, 134, 44–67.
- Rosazza, C., Appollonio, I., Isella, V., & Shallice, T. (2007). Qualitatively different forms of pure alexia. *Cognitive Neuropsychology*, 24, 393–418.
- Sage, K., & Ellis, A. W. (2004). Lexical influences in graphemic buffer disorder. *Cognitive Neuropsychology*, 21(2), 381–400.
- Schubert, T., & McCloskey, M. (2013). Prelexical representations and processes in reading: Evidence from

- acquired dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 30, 6, 360-395.
- Schubert, T., & McCloskey, M. (2015). Recognition of oral spelling is diagnostic of the central reading processes. *Cognitive Neuropsychology*, 32, 2, 80-88.
- Schubert, T., Reilhac, C., & McCloskey, M. (2018). Knowledge about writing influences reading: Dynamic visual information about letter production facilitates letter identification. *Cortex*, 103, 302-315.
- Seidenberg, M., & McClelland, J. (1989). A distributed developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523-568.
- Shallice, T., Rumiat, R.I., & Zadini, A. (2000). The selective impairment of the phonological output buffer. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 517-546.
- Sheldon, C., Abegg, M., Sekunova, A., & Barton, J. (2012). The word-length effect in acquired alexia, and real and virtual hemianopia. *Neuropsychologia*, 50, 841-851.
- Spang, K., Grimsen, C., Brunner, F., & Fahle, M. (2019). Pure alexia with intact perception of complex visual stimuli: A case study. *Neurocase*, 25, 5, 159-168.
- Starrfelt, R., & Shallice, T. (2014). What's in a name? The characterization of pure alexia. *Cognitive Neuropsychology*, 31, 5-6, 367-377.
- Tainturier, M., & Rapp, B. (2003). Is a single graphemic buffer used in reading and spelling? *Aphasiology*, 17(6/7), 537-562.
- Teichmann, M., Sanches, C., Moreau, J., Ferrieux, S., Mogues, M., Dubois, B., Cacouault, M., & Sharifzadeh, S. (2019). Does surface dyslexia/dysgraphia relate to semantic deficits in the semantic variant of primary progressive aphasia? *Neuropsychologia*, 135, 107241, 1-11.
- Tree, J. (2008). Two types of phonological dyslexia – a contemporary review. *Cortex*, 44, 698-706.
- Tsapkini, K., & Rapp, B. (2010). The orthography-specific functions of the left fusiform gyrus: Evidence of modality and category specificity. *Cortex*, 46(2), 185-205.
- Van der Kaa, M., & Majerus, S. (2007). Evaluation et rééducation du versant « phonologique » de la mémoire à court terme. In G. Aubin, F. Coyette, P. Pradat-Diehl, & C. Vallat-Azouvi (Eds.), *Neuropsychologie de la mémoire de travail*. Marseille : Solal, pp. 87-111.
- Warrington, E., & James, M. (2000). *Visual Object and Space Perception Battery* (VOSP). Bury St Edmunds, UK: Thames Valley Company.
- Weekes, B., (1994). A cognitive-neuropsychological analysis of allograph errors from a patient with acquired dysgraphia. *Aphasiology*, 8, 409-425.
- Weekes, B., Davies, R., Parris, B., & Robinson, G. (2003). Age of acquisition effects on spelling in surface dysgraphia. *Aphasiology*, 17(6-7), 563-584.
- Wing, A., & Baddeley, A. (1980). Spelling errors in handwriting: A corpus and a distributional analysis. In U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling*. London: Academic Press.
- Wing, A., & Baddeley, A. (2009). Righting errors in writing errors: The Wing and Baddeley (1980) spelling error corpus revisited. *Cognitive Neuropsychology*, 26, 223-226.
- Wong, J., Armstrong, M., Almeida, L., Wagle Shukla, A., Patterson, A., Okun, M., & Malaty, I. (2020). Case Report: Globus Pallidus Internus (GPi) Deep Brain Stimulation Induced Keyboard Typing Dysfunction. *Frontiers in Human Neurosciences* 14:583441.
- Woollams, A., Lambon Ralf, M., Plaut, D., & Patterson, K. (2007). SD-Squared: On the Association Between Semantic Dementia and Surface Dyslexia. *Psychological Review*, 114, 2, 316-339.
- Yong, K., Warren, J., Warrington, E., & Crutch, S. (2013). Intact reading in patients with profound early visual dysfunction. *Cortex*, 49, 2294-2306.
- Ziegler, J., Jacobs, A., & Stone, G. (1996). Statistical analysis of the bidirectional inconsistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 28(4), 504-515.