

La procédure de conversion phonie-graphie en production sous dictée

Patrick Bonin¹ et Marie Delattre^{2*}

¹LEAD-CNRS (UMR 5022), Institut Universitaire de France, Université de Bourgogne, Dijon, France

²Université d'Essex, Essex, Royaume-Uni

RÉSUMÉ

Notre étude avait pour objectif de mieux cerner le fonctionnement en temps réel de la procédure de conversion phonie-graphie en production sous dictée chez des adultes. Selon une hypothèse, seule la correspondance la plus fréquente entre en jeu dans le processus de conversion. Selon une autre hypothèse, les différentes correspondances phonie-graphie disponibles sont simultanément activées et entrent en compétition (Barry & Seymour, 1988). Des adultes produisaient sous dictée des mots qui étaient soit inconsistants, soit consistants. Parmi les mots inconsistants partageant la même rime (par ex. « blond », « plomb »), la rime avait une réalisation orthographique soit dominante (« -ond »), soit sous-dominante (« -omb »). Les mots sous-dominants étaient initialisés moins rapidement que ceux dominants, et ces deux catégories de mots étaient initialisées moins rapidement que les mots consistants (par ex. « plume »). Ce patron de résultats est en accord avec l'hypothèse d'activation de multiples correspondances phonie-graphie en production sous dictée.

The sublexical conversion procedure in spelling to dictation

ABSTRACT

Our study was aimed at investigating the phoneme-to-grapheme conversion procedure involved in spelling to dictation in adults. According to one hypothesis, only the most frequent phoneme-to-grapheme correspondence comes into play in the conversion process. According to another hypothesis, the different phoneme-to-grapheme correspondences, which are available for a given phoneme, are simultaneously activated and are in competition (Barry & Seymour, 1988). Adults had to write down from dictation words which were either inconsistent or consistent. Among the inconsistent

*Correspondance : LEAD-CNRS (UMR 5022), Université de Bourgogne, Pôle AAFE, Esplanade Érasme, 21065 Dijon. E-Mail : patrick.bonin@u-bourgogne.fr. Marie Delattre remercie la Fondation Fyssen pour son aide dans la réalisation de cette étude. Les auteurs souhaitent enfin remercier deux experts anonymes et Ludovic Ferrand pour leurs critiques constructives.

words sharing the same rime (e.g., the French words *blond*, *plomb*), the rime had either a dominant orthographic rendering (« -ond »), or a subdominant orthographic rendering (« -omb »). The subdominant words were initialized less rapidly than the dominant ones, and the latter two types of words were initialized less rapidly than consistent words (e.g., *plume*). The findings are consistent with the hypothesis according to which the different phoneme-to-grapheme correspondences which are available for a given phoneme are simultaneously activated and are in competition in spelling to dictation.

La théorie de la double voie en production orthographique sous dictée (par ex. Ellis, 1982, 1984, 1988 ; Hatfield & Patterson, 1984 ; Kreiner, 1992 ; Kreiner & Gough, 1990 ; Rapp, Epstein, & Tainturier, 2002 ; Tainturier & Rapp, 2001) postule que deux types de connaissances sont nécessaires pour produire l'orthographe de mots connus, nouveaux ou même de non-mots : des connaissances lexicales (holistiques) stockées en mémoire à long terme et des connaissances (analytiques) sur les liens entre unités sous-lexicales phonologiques et orthographiques. Cette théorie est rivale d'une conception orthographique à simple voie, d'inspiration connexionniste, selon laquelle seules des connaissances sur les liens entre unités phonologiques et orthographiques sont stockées (par ex. Bullinaria, 1994, 1997 ; Olson & Caramazza, 1994). Toutefois, cette dernière conception n'est pas dominante dans la littérature de la production orthographique. En effet, les chercheurs ont majoritairement choisi comme cadre théorique celui de la double voie (ce cadre n'est toutefois pas incompatible avec une conception connexionniste de la production sous dictée, voir Houghton & Zorzi, 2003). La théorie de la double voie est essentiellement étayée par des arguments issus de l'étude des performances de patients cérébrolésés (Tainturier & Rapp, 2001). Les données issues d'expériences chez des adultes normaux sur ce thème sont en effet encore relativement peu nombreuses (par ex. Bonin, Peereman, & Fayol 2001 ; Bonin, Collay, Fayol, & Méot, 2005 ; Delattre, Bonin, & Barry, 2006). Elles sont toutefois nécessaires si l'on souhaite aboutir à une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la production orthographique en temps réel chez l'adulte. La présente étude s'inscrit dans cette perspective et fournit des données qui permettent de mieux caractériser le rôle joué par les connaissances sous-lexicales dans la production orthographique sous dictée de mots connus.

Comme précisé, selon la théorie de la double voie, deux trajectoires cognitives – traditionnellement dénommées « voies » – sont nécessaires pour produire de l'orthographe. Une voie sous-lexicale (ou non-lexicale) permet de dériver une orthographe plausible pour des non-mots (par ex. « tabu ») ou pour des mots existants mais dont l'orthographe correcte est inconnue, comme c'est sans doute le cas pour de nombreux adultes du

mot « oxymore » (faut-il deux « m » ? le son « o » s'écrit-il « au » ou « o » ?). Pour les mots de la langue qui comportent des correspondances phonie-graphie fréquentes, la procédure de conversion conduit à leur production orthographique correcte. On se souviendra toutefois que, pour le français, Véronis (1988) avait montré qu'un mot sur deux ne pouvait être orthographié correctement sur la seule base des correspondances phonie-graphie¹.

Dans des langues comme le français ou l'anglais, il existe une importante quantité de mots pour lesquels les relations phonie-graphie sont ambiguës, peu prédictibles. En français, de nombreuses unités phonologiques (par ex. « /O/ », « /k/ »), admettent plusieurs possibilités orthographiques (par ex. « eau », « au », « o » et « ch », « k », « que »). En anglais, par exemple, le phonème « /i:/ » peut s'orthographier de différentes manières : *eel, tea, theme, thief, Keith, people, me, key, quay, ski...* (Delattre *et al.*, 2006). Les relations phonie-graphie ne sont donc pas stables, de sorte que le système orthographique français peut être qualifié de relativement opaque (Bonin, Collay, & Fayol, 2008). La voie lexicale est donc indispensable pour la production orthographique correcte de mots dont les correspondances phonie-graphie sont ambiguës ou relativement rares (par ex. *yacht, tank, yacinthe* etc.).

L'étude de patients dysgraphiques accreditte l'hypothèse des deux voies en production sous dictée (par ex. Beauvois & Derouesné, 1981 ; Shallice, 1981). Beauvois et Derouesné (1981) ont rapporté le cas d'un patient francophone (RG) qui souffrait de « dysgraphie lexicale ». Ce trouble se caractérisait par un nombre important d'erreurs phonologiquement plausibles en production de mots (par ex. « sens » produit « cense » ; « ciseaux » produit « sizo ») alors même que les non-mots étaient correctement produits. Plus précisément, il produisait correctement 93 % des mots ne comportant pas d'ambiguïté orthographique (par ex. « table »), 67 % de ceux en contenant une seule (par ex. « cible »), et seulement 36 % de ceux en possédant deux ou trois (par ex. « cyprès »). Ces erreurs se caractérisent par le recours à des correspondances phonie-graphie les plus fréquentes dans la langue. Ce patron de performances a été interprété comme étant dû à une atteinte de la voie lexicale. Shallice a décrit un patient anglophone (PR) qui présentait le déficit inverse de RG (Beauvois & Derouesné, 1981). Chez le patient PR, la production sous dictée des mots réguliers et irréguliers était préservée (94 % des mots produits correctement), tandis que seuls 18 % des non-mots étaient

¹ Plus précisément, à l'aide d'une simulation sur ordinateur, Véronis (1988) a estimé que seulement 52,7 % des formes graphiques du français pouvaient être prédites à partir de leur forme phonologique.

produits de manière plausible. Ce trouble a été interprété comme traduisant une atteinte de la voie sous-lexicale. Cette double dissociation constitue un argument fort en faveur de l'existence de deux voies en production orthographique.

INTÉGRATION DES VOIES LEXICALE ET SOUS-LEXICALE EN PRODUCTION ORTHOGRAPHIQUE DE MOTS

Il existe plusieurs formulations de la théorie de la double voie en production orthographique (par ex. Ellis, 1988 ; Kreiner, 1992 ; Kreiner & Gough, 1990 ; Margolin, 1984 ; Rapp *et al.*, 2002). La plus aboutie est celle proposée par Rapp *et al.* (2002) et illustrée par la Figure 1.

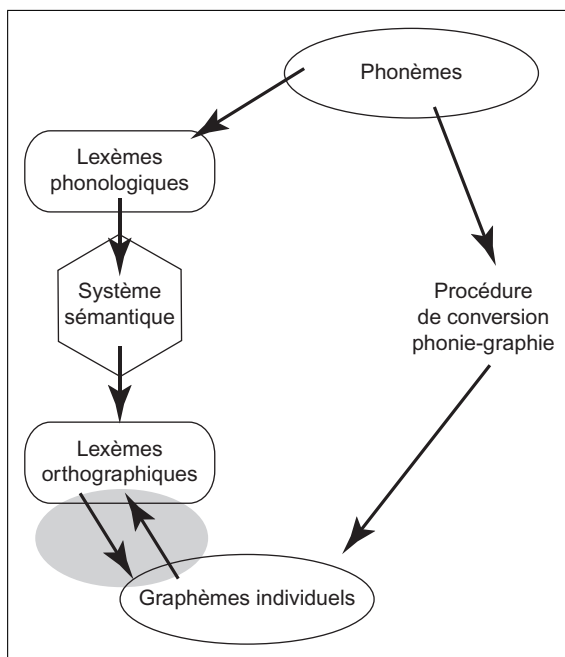


Figure 1. Modèle à double voie de la production sous dictée (d'après Rapp *et al.*, 2002)

Figure 1. Dual-route model of spelling to dictation (from Rapp *et al.*, 2002)

Dans des systèmes orthographiques relativement opaques, comme le français ou l'anglais, une procédure de récupération en mémoire de l'orthographe permet en théorie de produire correctement l'orthographe de tous les mots connus. Ainsi la voie sous-lexicale ne serait-elle qu'optionnelle, de sorte qu'elle n'interviendrait que pour la production de mots nouveaux ou pour celle de non-mots (Kreiner & Gough, 1990 ; Véronis, 1988). Toutefois, des données collectées tant chez des patients (Hillis & Caramazza, 1995 ; Rapp *et al.*, 2002) que chez des normaux (Bonin *et al.*, 2001 ; Bonin *et al.*, 2005 ; Delattre *et al.*, 2006 ; Kreiner, 1992, 1996) suggèrent que, conformément à la théorie de la double voie de Rapp *et al.* (2002), les deux voies sont mobilisées en parallèle dans la production de mots, et donc, ne fonctionnent pas de manière indépendante mais intégrées.

Les deux voies effectuent leurs traitements en parallèle et les sorties produites convergent au niveau du *buffer* graphémique. Plus précisément, Rapp *et al.* (2002) prévoient que les processus des voies lexicale et sous-lexicale activent à un niveau commun – le niveau des graphèmes – des graphèmes individuels (Figure 1). Le *buffer* graphémique correspond à une mémoire à court terme qui maintient actives les informations orthographiques (les graphèmes individuels) dans l'attente de leur prise en charge par des processus périphériques (par ex. traduction en codes allographiques, en forme des lettres, en mouvements graphiques).

En faveur de l'intégration des deux voies, Rapp *et al.* (2002) ont rapporté le cas d'un patient anglophone LAT qui produisait des erreurs phonologiquement plausibles en écriture sous dictée (par ex. le mot anglais *bouquet* orthographié « bouket ») comportant aussi des correspondances phonie-graphie rares. De telles erreurs correspondent au fait que des correspondances phonie-graphie rares sont remplacées par des correspondances plus fréquentes. Elles traduisent, selon Rapp *et al.* (2002), la mobilisation de la voie sous-lexicale. Toutefois, dans les erreurs phonologiquement plausibles de LAT, il y avait aussi des correspondances phonie-graphie rares alors que ce n'était pas le cas lorsqu'il produisait des non-mots construits à partir des mots cibles (par ex. « polige » construit à partir de *knowledge*). Pour Rapp *et al.* (2002), cet aspect des erreurs suggère l'intervention de la voie lexicale, même si cette dernière était fortement endommagée chez le patient. L'interprétation de telles erreurs est donc que LAT orthographiait essentiellement en ayant recours à la voie sous-lexicale. Cependant, la voie lexicale serait aussi en partie mobilisée. En effet, si la production orthographique du patient ne s'effectuait qu'avec le seul recours de la voie sous-lexicale, ses erreurs ne traduiraient que des correspondances phonie-graphie fréquentes, étant admis que la procédure de conversion

s'appuie sur les correspondances les plus fréquentes (voir plus loin). C'est donc la présence de correspondances phonie-graphie rares dans les erreurs de LAT sur des mots connus, qui suggère que les deux voies intègrent leur sortie au niveau du *buffer* graphémique.

Les effets de consistance chez des adultes sains (par ex. Bonin *et al.*, 2001 ; Bonin *et al.*, 2005 ; Delattre *et al.*, 2006) ont été aussi pris comme argument en faveur de l'intervention de la voie sous-lexicale en production sous dictée de mots connus. Ils se traduisent par des latences d'initialisation plus longues, et un nombre d'erreurs plus élevé, pour les mots inconsistants (par ex. *train*) que pour ceux consistants (par ex. *tube*). La consistance orthographique renvoie à la stabilité des correspondances qui existent entre deux ensembles de codes : les codes phonologiques et les codes orthographiques. Elle peut être caractérisée comme la proportion des mots qui possèdent des unités phonologiques communes ayant la même orthographe. Les effets de consistance ont été interprétés comme étant dû à un conflit entre les sorties fournies par les voies lexicales et non lexicales, conflit dont la résolution prend du temps (Bonin *et al.*, 2001). Plus précisément, lorsqu'un mot consistant doit être produit, les deux voies fournissent une orthographe congruente. En revanche, lorsqu'il est inconsistant (par ex. « tank »), un conflit se produit entre les deux sorties émises par les voies lexicales et sous-lexicales. Alors que la voie lexicale fournit la réponse orthographique correcte (« tank »), la voie sous-lexicale produit l'orthographe en sélectionnant les correspondances phonie-graphie les plus fréquentes (« tanque »). La réponse émise par cette dernière n'est donc pas correcte, mais phonologiquement plausible. Les deux réponses étant différentes, un conflit émerge au niveau des graphèmes individuels (Figure 1).

Les travaux conduits jusqu'à présent suggèrent donc fortement que la voie sous-lexicale intervient systématiquement dans la production en temps réel de mots connus, mais ils ne permettent pas de déterminer si la procédure de conversion phonie-graphie met en jeu un ou plusieurs graphèmes pour un phonème donné. Notre étude tente de répondre à cette question.

COMMENT FONCTIONNE LA VOIE SOUS-LEXICALE ?

Pour Tainturier et Rapp (2001), la voie sous-lexicale en production sous dictée met en jeu les processus suivants : segmentation, conversion,

assemblage. L'entrée auditive est d'abord segmentée en unités sous-lexicales. Les unités phonologiques font alors l'objet d'une conversion graphémique, c'est-à-dire de processus de conversion phonie-graphie. Les unités orthographiques sous-lexicales sont ensuite assemblées en une séquence de lettres abstraites. Toutefois, dans les modèles disponibles, les modalités précises de fonctionnement de la voie sous-lexicale restent peu spécifiées.

Concernant la taille des unités utilisées par le mécanisme de segmentation, il n'y a pas de consensus. Certains chercheurs ont proposé que des groupes de phonèmes ou des syllabes (Baxter & Warrington, 1987) seraient utilisés voire même des traits phonologiques (Tainturier, 1997). Dans la conception de Rapp *et al.* (2002) les phonèmes sont proposés comme unité d'encodage. Il est intéressant de remarquer que la conception orthodoxe de la double voie en lecture (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001) met en jeu des graphèmes et des phonèmes. Pour rester neutre sur la taille des unités précises qui sont utilisées, nous dirons donc que le processus de conversion met en jeu des correspondances phonie-graphie.

Les correspondances entre les unités sous-lexicales phonologiques et orthographiques sont élaborées au cours de l'apprentissage de l'orthographe. Les liens entre ces unités seraient codés sur la base de leur fréquence d'occurrence dans la langue (Goodman & Caramazza, 1986). Le processus de conversion phonie-graphie s'appuierait sur les correspondances les plus fréquentes. En attestent les erreurs phonologiquement plausibles observées chez des patients (par ex. Beauvois & Derouesné, 1981) dont nous avons déjà parlé.

La question théorique posée dans notre étude est celle de déterminer comment les différentes correspondances entre unités sous-lexicales phonologiques et orthographiques sont mobilisées *en temps réel* lors de la production de mots connus chez des adultes. En effet, comment fonctionne plus précisément la procédure de conversion phonie-graphie lors de la production en temps réel de l'orthographe ? Y a-t-il « calcul » ou sélection d'une seule correspondance phonie-graphie, la plus fréquente ? (hypothèse que nous qualifierons d'activation unique) ou bien la procédure de conversion mobilise-t-elle plusieurs correspondances phonie-graphie en parallèle ? (hypothèse d'activation de multiples correspondances).

Alors que des hypothèses explicites sur cette question ont été émises dans le cadre de la lecture à voix haute (par ex. Coltheart *et al.*, 2001 ; Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson, 1996 ; Seidenberg & McClelland, 1989), les modèles de la production sous dictée n'offrent pas une telle transparence. Sans entrer dans les détails, le modèle à double voie de lecture (appelé modèle DRC pour *Dual Route Cascaded*) proposé par

Coltheart *et al.* (2001) stipule que la voie sous-lexicale a recours à des règles de correspondances entre graphèmes et phonèmes. Une règle est active ou non et met en jeu *une seule* correspondance. En revanche, les modèles connexionnistes de la lecture proposent que des associations graphie-phonie *multiplés* entrent en jeu. En production sous dictée, plusieurs scénarios fonctionnels de recrutement des correspondances phonie-graphie peuvent être envisagés sur la base des modèles disponibles (Barry & Seymour, 1988 ; Ellis, 1988 ; Rapp *et al.*, 2002). Selon un premier scénario, seule la correspondance la plus fréquente est activée et entre en jeu dans le processus de conversion. Ce scénario est similaire à la proposition de Coltheart *et al.* (2001) en lecture. Telle est par exemple la proposition de Kreiner (1992) pour qui la voie sous-lexicale repose principalement sur les « règles » d'associations phonie-graphie les plus fréquentes. Selon un second scénario, les diverses correspondances phonie-graphie qui existent pour un phonème donné (ou pour toute autre unité sous-lexicale) sont activées mais une seule est sélectionnée, en l'occurrence la plus fréquente dans la langue (autrement dit, celle qui a la plus forte probabilité d'apparition dans la langue). Ce dernier scénario a été retenu par de nombreux chercheurs (par ex. Barry, 1988 ; Cuetos, 1993 ; Goodman-Schulman & Caramazza, 1987 ; Rapp *et al.*, 2002 ; Sanders & Caramazza, 1990). Dans ces deux scénarios, une seule correspondance entre véritablement en jeu et est directement en compétition avec les graphèmes activés au niveau de la voie lexicale (la compétition se produirait au niveau des graphèmes individuels). Selon un troisième scénario, les différentes correspondances phonie-graphie, qui existent pour un phonème donné (ou pour une autre unité sous-lexicale), sont simultanément activées (Barry & Seymour, 1988) et entrent directement en compétition avec les graphèmes activés via la voie lexicale. Il est important de noter que les trois scénarios sont compatibles avec la théorie de la double voie. De ces trois scénarios, nous retenons deux hypothèses : l'activation/sélection d'une correspondance phonie-graphie unique, l'activation de multiples correspondances phonie-graphie.

Les données rapportées par Barry et Seymour (1988) chez des normaux sont compatibles avec l'hypothèse d'activation de correspondances multiples. En effet, ils ont observé, chez des adultes qui orthographiaient des non-mots, que les orthographes produites pour un même phonème étaient variables sur l'ensemble des participants, ce qui suggère que plusieurs correspondances, et non une seule, sont stockées et mobilisées.

Afin de tester ces hypothèses, nous avons réalisé une expérience dans laquelle des adultes étaient soumis à une tâche de production de mots

sous dictée. Les latences d'initialisation graphiques et les erreurs étaient enregistrées. Les mots variaient quant à leur degré de consistance phono-orthographique. Les mots inconsistants, monosyllabiques, partageaient la même rime, mais ils différaient au niveau de la consistance phonie-graphie comme « nain » et « daim » qui partagent la rime /ɛ/. D'après des analyses effectuées par Ziegler, Jacobs et Stone (1996), la réalisation orthographique « -ain » est *dominante*, car beaucoup d'autres mots monosyllabiques la possèdent (par ex. « pain », « bain », « main », « train ») tandis que celle « -aim » est *sous-dominante*, car elle n'apparaît que rarement dans d'autres mots (par ex. « fain »). Les mots « nain » et « daim » sont donc tous les deux inconsistants dans la mesure où leur rime possède plusieurs réalisations orthographiques possibles, mais l'un comporte une rime dominante et l'autre une sous-dominante. Par ailleurs, nous avons comme condition contrôle des mots consistants.

Suivant l'hypothèse d'activation/sélection d'une correspondance « unique », pour les mots consistants et dominants, la voie sous-lexicale construit une sortie orthographique à partir des correspondances phonie-graphie les plus fréquentes. Cette sortie est donc congruente avec celle produite par la voie lexicale. On s'attend donc à ce que les mots dominants soient initialisés aussi rapidement que ceux consistants. En revanche, pour les mots sous-dominants, composés de correspondances phonie-graphie plus rares, les sorties des deux voies ne sont pas congruentes. Un conflit se produit dont la résolution prend du temps. Ainsi, les mots sous-dominants doivent-ils être initialisés plus lentement que les deux autres catégories de mots. Les mêmes prédictions valent pour les erreurs.

Selon l'hypothèse d'activation de correspondances multiples, la procédure de conversion phonie-graphie génère plusieurs options graphémiques pour un phonème donné. Dans ce cas, les mots dominants possèdent une rime orthographique, certes plus fréquente que ceux sous-dominants, mais ils possèdent plusieurs possibilités orthographiques en comparaison aux mots consistants. Donc, pour ces deux catégories de mots, un conflit se produit au niveau des sorties fournies par les deux voies (au niveau des graphèmes individuels, Figure 1), lequel nécessite du temps pour être résolu. Tel n'est pas le cas pour les mots consistants qui ne possèdent qu'une seule option graphémique. Selon cette hypothèse, les latences d'initialisation doivent être plus longues et les erreurs plus nombreuses pour les mots sous-dominants et pour ceux dominants comparativement à ceux consistants. On s'attend aussi à ce que les mots sous-dominants soient traités plus rapidement et avec moins de précision que ceux dominants.

MÉTHODE

Participants

40 étudiants de première année de psychologie de l'Université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand ont participé à l'expérience (âgés entre 18 et 20 ans, $m = 19,6$ ans). Ils recevaient des crédits de points pour leur participation. La langue maternelle des participants était le français. Tous avaient une audition normale et une vision normale ou corrigée.

Stimuli

Les items utilisés dans notre expérience étaient ceux de l'étude de Ziegler *et al.* (2004). Dans la mesure où les effets de consistance sont plus accusés sur les mots de basse fréquence, les items correspondaient à 72 mots monosyllabiques de basse fréquence (la liste des stimuli est fournie en Annexe). Trois catégories ont été considérées : des mots consistants, des mots inconsistants avec une rime orthographique dominante, et des mots inconsistants avec une rime orthographique sous-dominante. Pour les mots inconsistants, un membre de la paire possédait une orthographe dominante tandis que l'autre avait une orthographe sous-dominante. Comme déjà expliqué, les mots « nain » et « daim » ont la même rime phonologique /ɛ̃/ mais la rime orthographique « -ain » est dominante car beaucoup d'autres mots monosyllabiques possèdent cette dernière (par ex. « pain », « bain », « main », « train », etc.), tandis que celle « -aim » est sous-dominante car elle apparaît dans très peu de mots (par ex. « faim »).

Les trois types de mots ont été appariés sur différentes caractéristiques par Ziegler *et al.* (2004) (voir leur Tableau 1, p. 734). Les valeurs de consistance variaient entre zéro (inconsistant) et un (consistant) et provenaient d'analyses effectuées par Ziegler *et al.* (1996). La valeur de consistance est calculée en divisant le nombre (ou la fréquence) des amis par le nombre (ou la fréquence) des amis et des ennemis. Un ami est ici un mot dont la rime s'orthographe de manière identique au mot cible, et un ennemi un mot dont la rime phonologique s'orthographie différemment. Les mots sous-dominants ont beaucoup d'amis et d'ennemis. En revanche, les mots dominants ont approximativement le même nombre d'ennemis, mais beaucoup plus d'amis. Les mots consistants n'ont pas d'ennemi. Le voisinage phonologique avait été contrôlé car des effets inhibiteurs ont été observés en perception auditive (par ex. Vitevitch & Luce, 1999 ; Vitevitch, 2002) ainsi que le point d'unicité phonologique. Les items étaient aussi contrôlés sur la fréquence objective et subjective. Nous avons spécifiquement contrôlé la durée acoustique des items dans la mesure où les latences ont été mesurées à partir du début des mots auditifs. Nous sommes assurés enfin que la fréquence des bigrammes et celle des trigrammes étaient contrôlées car de tels effets ont pu être rapportés en production verbale écrite (Zesiger, Mounoud, & Hauert, 1993).

Appareillage

Le logiciel Eye and Pen (Chesnet & Alamargot, 2005) a été utilisé sur un ordinateur PC. Une tablette graphique (Wacom) et un stylet (UP-401) reliés à l'ordinateur ont permis l'enregistrement des latences. Les stimulus étaient présentés grâce à un casque (Philips stéréo SBC HP510).

Procédure

La passation était individuelle. Les stimuli auditifs étaient présentés de façon aléatoire par l'intermédiaire d'un casque. Les participants devaient écrire chaque stimulus le plus rapidement possible. Les temps d'initialisation graphiques étaient enregistrés par l'intermédiaire du logiciel Eye and Pen (Chesnet & Alamargot, 2005). Une phase d'entraînement de dix mots était proposée. Après chaque essai, ils devaient se positionner en début de ligne avec le stylet levé, en attendant la présentation du stimulus suivant. Chaque mot était produit sans majuscule, ni article. Lorsque les participants n'avaient pas compris un mot, ils devaient tracer une croix à l'endroit prévu pour le mot et passer à l'essai suivant.

Résultats

Les latences qui étaient supérieures de deux écarts-types de la moyenne des participants et des items ont été exclues des analyses. Les observations pour lesquelles une des conditions suivantes a été rencontrée ont été écartées : 1. un incident technique a perturbé l'essai expérimental ; 2. le participant a produit des erreurs orthographiques (soit des erreurs phonologiquement plausibles, soit des erreurs non-phonologiquement plausibles) ; 3. le participant n'a pas produit l'item cible (mauvaise audition). De plus, pour les items sur lesquels les participants commettaient des erreurs, l'item associé (dominant ou sous-dominant) était également retiré. Ainsi, 11,7 % des essais expérimentaux ont été retirés pour les latences. Les ANOVAs ont été conduites à la fois sur les participants (F_1) et les items (F_2).

Latences d'initialisation

L'effet de consistance s'est révélé significatif, $F_1(1,38) = 8,47$, $CME = 2\ 590,604$, $p < 0,05$; $F_2(2,56) = 2,41$, $CME = 10\ 716,051$, $p < 0,05$. Des comparaisons *a priori* (moyennes par participants) ont révélé que les mots dominants étaient initialisés moins rapidement que ceux consistants (+32 ms) ($p < 0,05$) ; de même les mots sous-dominants étaient moins vite produits que ceux consistants (+67 ms) ($p < 0,01$) (voir Figure 2). Enfin, les mots sous-dominants sont initialisés significativement moins rapidement que ceux dominants (+35 ms) ($p < 0,01$).

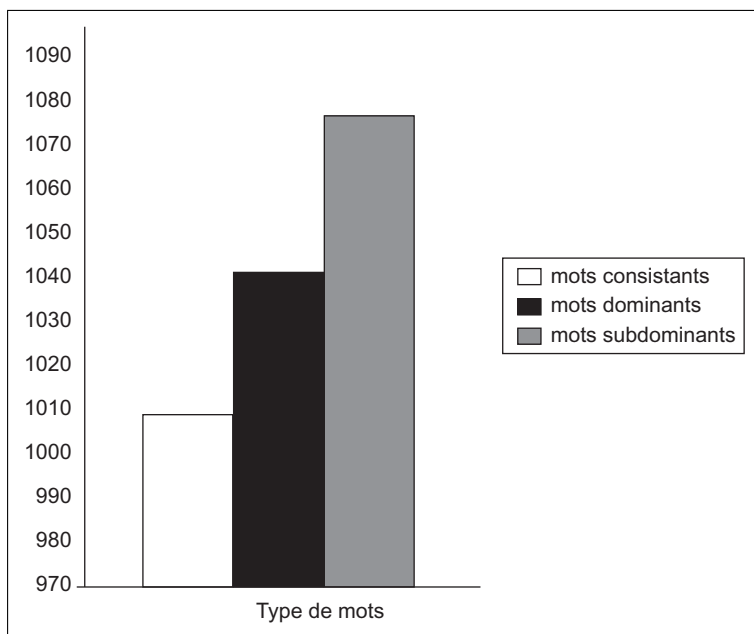


Figure 2. Latences en millisecondes en fonction du degré de consistance des mots (consistants, inconsistants dominants et sous-dominants)

Figure 2. Latency (ms) as function of the consistency of the words (consistent, inconsistent dominant and subdominant)

Erreurs.

Le pourcentage d'erreurs totales était plus important pour les mots inconsistants (18,5 %) que pour ceux consistants (7 %), $F_1(2,38) = 18,79$, $CME = 87,2$, $p < 0,001$; $F_2(2,53) = 13,761$, $CME = 11,807$, $p < 0,001$. Les comparaisons *a priori* ont révélé le même patron de résultats que celui rapporté pour les latences, de sorte qu'il y avait plus d'erreurs pour les mots sous-dominants que pour ceux dominants, ces deux dernières conditions étant significativement différentes de la condition « mots consistants ». De plus, les participants commettaient significativement plus d'erreurs phonologiquement plausibles pour les mots sous-dominants (9 %) que pour ceux dominants (6 %), $F_1(1,38) = 14,911$, $CME = 2,579$, $p < 0,001$; $F_2(2,53) = 8,493$, $CME = 6,82$, $p < 0,01$.

DISCUSSION

L'objectif de notre étude était de mieux cerner les modalités de conversion de la voie sous-lexicale dans la production orthographique sous dictée chez

l'adulte. Comme exposé en Introduction, la conception dominante de la production sous dictée est celle de la double voie dont la version la plus aboutie est celle proposée par Rapp *et al.* (2002). Selon cette conception, la production orthographique requiert à la fois des connaissances lexicales et sous-lexicales (Tainturier & Rapp, 2001). En fait, ces deux types de connaissances sont mobilisés dans la production de mots connus comme le suggèrent fortement les données neuropsychologiques (par ex. Rapp *et al.*, 2002) et celles issues d'expériences en temps réel conduites chez des adultes sains (par ex. Bonin *et al.*, 2001 ; Delattre *et al.*, 2006).

Notre intérêt s'est porté principalement sur la voie sous-lexicale dont les modalités précises de fonctionnement restent jusqu'alors peu spécifiées. Alors que les chercheurs s'accordent sur le fait que la voie sous-lexicale mobilise un processus de segmentation phonémique, une conversion phonie-graphie et un assemblage des unités graphémiques converties, des incertitudes pèsent, d'une part sur la taille des unités qui sont segmentées et, d'autre part, sur la manière dont s'opère la conversion. Concernant ce dernier point, nous avons cherché à déterminer si, pour des mots inconsistants (par ex. « train », « plomb », « nuit »), la conversion phonie-graphie s'effectuait principalement sur la base des correspondances phonie-graphie les plus fréquentes (Goodman-Schulman & Caramazza, 1987 ; Kreiner, 1992 ; Rapp *et al.*, 2002), ou si, lorsque plusieurs correspondances étaient disponibles pour une même unité phonologique, l'éventail des correspondances entrait en jeu dans l'élaboration d'une sortie orthographique (Barry & Seymour, 1988).

Afin de tester ces hypothèses, nous avons réalisé une expérience dans laquelle des adultes devaient produire des mots connus sous dictée. Les latences d'initialisation ainsi que les erreurs étaient mesurées. Nous avons comparé des mots inconsistants dont la rime orthographique était soit dominante (par ex. « vase », « hausse »), soit sous-dominante (par ex. « gaz », « sauce ») avec des mots consistants (par ex. « plume », « ruche »). Un effet graduel de la consistance a été observé sur les latences, de sorte que les mots sous-dominants étaient initialisés plus lentement que ceux dominants, les deux types de mots étant initialisés moins rapidement que ceux consistants. Ces résultats sont donc en faveur de l'hypothèse d'activation de multiples correspondances phonie-graphie (Barry & Seymour, 1988). Pour illustrer le scénario fonctionnel correspondant à cette hypothèse, prenons par exemple, les mots « nain » et « daim », l'un ayant une correspondance phonie-graphie dominante (« nain ») et l'autre sous-dominante (« daim »). Pour les deux types de mots et pour le phonème « /ɛ̃/ », la voie sous-lexicale active plusieurs options graphémiques « ain », « aim », « in », « ein ». . . Ces différentes options entrent en compétition avec l'orthographe récupérée par la voie lexicale. Ce conflit

nécessite du temps être résolu, ce qui se traduit par un ralentissement au niveau des latences et par un nombre d'erreurs plus élevé pour ces deux types de mots inconsistants comparés à ceux consistants. Si la voie sous-lexicale ne prenait en considération que la correspondance la plus fréquente (soit parce que seule celle-ci est activée, soit parce qu'elle est rapidement sélectionnée parmi les options disponibles), comme les mots dominants sont, comme ceux consistants, composés de correspondances phonie-graphie fréquentes, des performances similaires auraient dues être observées pour ces deux types d'items².

Une question importante est celle de savoir comment s'opère la sélection des différentes unités graphémiques activées au niveau des graphèmes individuels par les voies lexicale et non-lexicale ? En effet, lorsque le mot « daim » est produit sous dictée, les unités graphémiques « A+I+M » sont activées ainsi que celles « A+I+N ». Comment le système fait-il pour sélectionner l'orthographe attendue ? Pour rendre compte de la génération correcte de l'orthographe, il est admis que chez des orthographes sains, la sortie produite par la voie lexicale prévaut (Rapp *et al.*, 2002). Comment ? Cela est possible si l'on admet l'existence de connexions bidirectionnelles entre le niveau lexical orthographique (les lexèmes orthographiques) et le niveau des graphèmes individuels (Figure 1), lesquelles permettent d'amplifier la contribution de la voie lexicale par rapport à celle non-lexicale. Les arguments en faveur de telles rétroactions ont été présentés ailleurs (voir McCloskey, Macaruso, & Rapp, 2006 ; Roux & Bonin, 2009).

Les résultats de notre étude s'accordent avec ce qui a été rapporté en lecture. Dans une étude déjà ancienne, Glushko (1979) avait montré que des mots réguliers mais inconsistants (par ex. *wave* en anglais) étaient traités moins rapidement que des mots réguliers et consistants (par ex. *wade* en anglais), ce qui suggère que d'autres liens que ceux répondant à la définition de règles sont mobilisés. Plus récemment, dans une tâche de détection de lettres au sein de non-mots présentés brièvement et masqués, Lange (2002) a observé que le taux de détection incorrect des

²Plusieurs recherches (par ex. Peereman, Dufour, & Burt, 2009 ; Ziegler *et al.*, 2004) indiquent que la reconnaissance auditive de mots consistants est plus rapide que celle de mots inconsistants. Sur cette base, il pourrait être avancé que les effets de consistance observés dans notre étude s'enracinent dans les processus de reconnaissance puisque la production sous-dictée mobilise de tels processus. Toutefois, il est difficile de transposer directement les effets de consistance observés en reconnaissance à ceux de la présente étude car leur interprétation reste discutée. En effet, les effets orthographiques en reconnaissance auditive pourraient ne pas relever de la mobilisation de l'orthographe mais être dus au fait que les caractéristiques orthographiques des mots contraignent en partie la façon dont les représentations phonologiques sont restructurées (voir Peereman, Benbousselham, Dufour, & Bonin, 2007).

lettres J et S au sein de pseudohomophones (par ex. « GEUDI ») était plus élevé qu'au sein de non-mots appariés orthographiquement (par ex. « BEUDI »). La comparaison critique de l'étude était toutefois celle entre des pseudohomophones, qui le sont via une activation multiple des correspondances, et ceux pseudohomophones, l'étant via une activation unique d'une règle de correspondance. Ainsi « BONGOUR » est-il un non-mot pseudohomophone de « BONJOUR » seulement si la lettre G active plusieurs correspondances (« J » et « G ») et pas uniquement celle correspondant à la règle « G suivi d'un O donne le son /g/ ». La détection de la lettre « J » dans « BONGOUR » est plus difficile que dans « BONDOUR » seulement si la lettre « G » de « BONGOUR » active plusieurs correspondances graphème-phonème. Les résultats ont montré que les temps de décision étaient plus longs pour les deux types de non-mots (« GEUDI » et « BONGOUR ») comparativement à une condition contrôle orthographique (« BEUDI » et « BONDOUR »). Ces résultats sont donc en faveur de l'hypothèse de l'activation de multiples correspondances graphie-phonie en lecture et s'accordent avec nos présents résultats en production orthographique.

Il est important de remarquer que nos résultats sont compatibles avec une conception « simple voie » de la production orthographique. Comme déjà précisé, des modèles simples voie connexionnistes ont été proposés pour rendre compte de la production orthographique (par ex. Bullinaria, 1994, 1997 ; Olson & Caramazza, 1994). Dans ce type de modèle, des unités sous-lexicales phonologiques sont connectées avec des unités sous-lexicales orthographiques via des unités intermédiaires. Par exemple, le modèle *NETSpell* d'Olson et Caramazza (1994) génère des séquences de lettres en réponse à des séquences de sons. Dans ce modèle, il y a trois couches d'unités : des unités d'entrée qui codent les mots entendus ; des unités de sortie qui codent les « mots » écrits (l'orthographe) et des unités intermédiaires (voir aussi Bullinaria, 1994, 1997). Les modèles connexionnistes simple voie ont jusqu'alors connu des succès variables dans leur capacité à simuler correctement les données importantes de la littérature de la production orthographique normale et pathologique. À notre connaissance, le modèle connexionniste qui s'est avéré le mieux à même de simuler correctement les données normales et pathologiques les plus critiques de la littérature, est celui d'Houghton et Zorzi (2003), mais celui-ci est un modèle à double voie. Sans entrer dans les détails, dans ce modèle, les deux voies fonctionnent en parallèle et intègrent leur sortie respective. La voie lexicale comporte des unités d'entrée phonologiques qui sont reliées à des unités orthographiques via des unités cachées. La voie

sous-lexicale est réalisée à partir des mêmes unités d'entrée que celles de la voie lexicale ; ces premières sont directement reliées aux unités de sortie orthographiques. Nos résultats ne permettent pas de départager les deux types de modèles (simple voie versus à double voie) car ils sont compatibles avec les deux.

Les lecteurs familiers de la littérature sur la lecture à voix haute seront sans doute surpris que la conception de la double voie en production sous dictée ne fait pas explicitement référence à des *règles* de correspondances mais plutôt à des *degrés d'associations* phonie-graphie. Comme brièvement évoqué, le modèle DRC de Coltheart *et al.* (2001), qui s'inscrit totalement dans la théorie de la double voie, propose que la voie sous-lexicale s'appuie sur des règles de correspondances, et non sur des degrés d'associations graphie-phonie. Les règles de correspondance fonctionnent en tout ou rien : elles sont soit actives soit inactives. De plus, elles sont mobilisées sériellement, de gauche à droite. Coltheart *et al.* (2001) établissent une distinction fondamentale entre la régularité (qui obéit à des règles) et la consistance (qui réfère à des degrés de correspondances). Dans son modèle, la voie sous-lexicale est responsable des effets de régularité et non des effets consistance (voir Cortese & Simpson, 2000). Un mot peut être régulier car sa prononciation suit les règles de correspondance graphie-phonie (par ex. *mood*) mais peut-être inconsistant car il existe sur une unité sous-lexicale qui se prononce différemment parmi les mots qui la possèdent. La distinction entre régularité et consistance oppose deux théories fondamentales en lecture à voix haute (Coltheart *et al.*, 2001 ; Seidenberg & McClelland, 1989), lesquelles ont donné lieu à un nombre important de travaux et débats théoriques (pour une synthèse Ferrand, 2007). Dans notre étude, nous avons parlé de consistance et non de régularité. Qu'en est-il ? Le débat qui a lieu en lecture vaut-il pour la production orthographique ?

La régularité orthographique est envisagée comme variable catégorielle. Un mot régulier est un mot dont les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes (pour la lecture) ou entre les phonèmes et les graphèmes (pour la production orthographique) sont les plus fréquentes. Au contraire, un mot irrégulier possède une ou plusieurs correspondances rares (Cortese & Simpson, 2000). En français, il est difficile de séparer la régularité de la consistance pour ce qui concerne correspondances phonie-graphie car ces deux variables sont fortement corrélées (Bonin *et al.*, 2005). En français comme en l'anglais, la consistance phonie-graphie est moins élevée que celle graphie-phonie. Ainsi en français, 79,1 % des monosyllabiques français sont phono-orthographiquement inconsistants

et 12,4 % seulement dans la direction opposée (Ziegler *et al.*, 1996). Ainsi, en français comme en anglais, il s'avère difficile de définir des règles car pour de nombreux phonèmes, il n'existe pas de correspondances clairement plus fréquentes. Pour illustrer, en anglais, le phonème /i:/ s'orthographie EA dans 40 % des cas (*tea*) et EE dans 39 % des cas (*tee*). C'est la raison pour laquelle la distinction entre régularité et consistance n'est pas utilisée (et ne semble pas pertinente) dans les travaux sur la production sous dictée.

Nos résultats sont-ils réellement dus à l'activité de la voie sous-lexicale ? Ne peuvent-ils pas s'expliquer par un recours à la voie lexicale ? Ainsi, un mot tel que « bruit » (inconsistant dominant) serait traité moins rapidement qu'un mot consistant comme « biche », non pas parce que plusieurs associations sous-lexicales sont activées via la voie sous-lexicale et entrent en compétition, mais du fait de l'activation lexicale de mots voisins dont l'orthographe diffère (par ex. « pluie »). Le modèle de Rapp *et al.* (2002) prévoit en effet qu'au sein de la voie lexicale plusieurs candidats lexicaux peuvent être activés de par leur ressemblance formelle, autrement dit ce modèle prédit des effets de voisinages formels. Dans le modèle de Rapp *et al.* (2002), les effets de voisinage s'expliquent par l'existence de connexions bidirectionnelles entre le niveau lexical orthographique (les lexèmes orthographiques) et le niveau des graphèmes individuels (Figure 1). Un mot qui possède beaucoup de voisins orthographiques peut renforcer son niveau activation au moyen des connexions bidirectionnelles car celles-ci amplifient la contribution lexicale.

Même si l'on ne peut complètement rejeter cette hypothèse, il nous semble difficile de la retenir pour les raisons suivantes. D'abord, Barry et Seymour (1988) ont montré que la production orthographique de non-mots sous-dictée pouvait être certes influencée par des amorces lexicales (le non-mot « buzi » a plus de chance d'être orthographié « busil » s'il est amorcé par « fusil ») mais la fréquence des correspondances (sous-lexicale) phonie-graphie continuait à exercer une influence significative dans la production orthographique de ces non-mots (voir aussi Folk & Rapp, 2004). Ensuite, Folk, Rapp et Goldrick (2002) ont montré que la subvocalisation, supposée altérer le fonctionnement de la voie sous-lexicale, contribuait à diminuer le taux d'erreurs phonologiquement plausibles chez des patients, ce qui suggère fortement que la production orthographique n'est jamais totalement pilotée lexicalement³.

³Dans une conception à double voie, il est encore possible de considérer que la voie sous-lexicale ne génère que l'orthographe la plus fréquente, et que le gradient de consistance résulte simplement de l'influence des voisins lexicaux qui convergent au niveau du *buffer* graphémique. Toutefois, dans ce cas de figure, il est difficile d'expliquer pourquoi la subvocalisation produit une diminution du nombre des erreurs phonologiquement plausibles chez des patients.

Nous avons interprété les erreurs orthographiques comme étant imputables à l'intervention de la voie non-lexicale. Plus précisément, les erreurs phonologiquement plausibles seraient dues à la sélection incorrecte de graphèmes fournis par la procédure de conversion. Cependant, on ne peut exclure une autre origine pour les erreurs orthographiques. Elles peuvent résulter de la récupération d'une forme orthographique incorrecte stockée dans le lexique orthographique (Bonin *et al.*, 2001). Ces dernières erreurs sont parfois qualifiées « d'erreurs de compétence » comparativement aux premières dénommées « erreurs de performance ». Dans une recherche antérieure, de production sous dictée et dénomination écrite, Bonin *et al.* (2001) avaient mis en évidence qu'au moins une partie des erreurs produites relevait de mauvaises spécifications lexicales plutôt que de sélection incorrecte de graphèmes générés par la voie non-lexicale. Le fait que le patron des erreurs observées dans notre étude est similaire à celui des latences nous conduit à privilégier l'hypothèse que les erreurs sont plutôt des erreurs de performance, mais il est clair que nos résultats ne permettent pas de rejeter une origine lexicale.

Pour conclure, les résultats de notre étude sont en faveur de l'hypothèse d'activation de multiples correspondances selon laquelle la procédure de conversion phonie-graphie fournit, en temps réel, plusieurs graphèmes pour un phonème donné, lesquels entrent en compétition. Cette hypothèse s'accorde avec la théorie de la double voie de la production orthographique et reste compatible avec une conception « simple voie ». Notre étude ne permet pas de répondre précisément à la question de la nature des unités sous-lexicales utilisées dans la conversion entre les sons et l'orthographe. Comme évoqué, certains chercheurs ont proposé que les unités sonores sur lesquelles la conversion s'effectue seraient des phonèmes (Ellis, 1984) ; d'autres ont proposé des unités de taille supérieure (Folk & Rapp, 2004) ou inférieures (par ex. les traits phonétiques, Tainturier 1997). Ce problème se pose d'ailleurs toujours en lecture (Lange, 2002) alors que les travaux y sont beaucoup plus nombreux. D'autres recherches sont donc nécessaires afin de mieux cerner le fonctionnement de la voie sous-lexicale, et plus généralement, de la production sous dictée.

Reçu le 5 novembre 2008.

Révision acceptée le 20 mars 2009.

BIBLIOGRAPHIE

- Barry, C. (1988). Modelling assembled spelling: Convergence of data from normal subjects and "surface" dysgraphia. *Cortex*, 24, 339-345.
- Barry, C., & Seymour, P. H. (1988). Lexical priming and sound-to-spelling contingency effects in nonword spelling. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 40, 5-40.
- Beauvois, M. F., & Derouesné, J. (1981). Lexical or orthographic agraphia. *Brain*, 104, 21-49.
- Baxter, D. M., & Warrington, E. K. (1987). Transcoding sound to spelling: Single or multiple sound unit correspondences? *Cortex*, 23, 11-28.
- Bonin, P., Collay, S., & Fayol, M. (2008). La consistance orthographique en production verbale écrite : une brève synthèse. *L'Année Psychologique*, 108, 517-546.
- Bonin, P., Peereman, R., & Fayol, M. (2001). Do phonological codes constrain the selection of orthographic codes in written picture naming? *Journal of Memory and Language*, 45, 688-720.
- Bonin, P., Collay, S., Fayol, M., & Méot, A. (2005). Attentional strategic control over sublexical and lexical processing in written spelling to dictation in adults. *Memory & Cognition*, 33, 59-75.
- Brown, G. D. A., & Loosemore, R. P. W. (1994). Computational approaches to normal and impaired spelling. In G. D. A. Brown & N. C. Ellis (Eds.), *Handbook of spelling: Theory, Process and Intervention* (pp. 319-335). Chichester: John Wiley & Sons.
- Bullinaria, J. A. (1994). *Connectionist Modelling of Spelling*. Proceedings of the 16th Annual Conference of the Cognitive Science Society (pp. 78-83). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bullinaria, J. A. (1997). Modeling reading, spelling, and past tense learning with artificial neural networks. *Brain and Language*, 59, 236-266.
- Chesnet, D., & Alamargot, D. (2005). Analyses en temps réel des activités oculaires et graphomotrices du scripteur : intérêt du dispositif 'Eye and Pen'. *L'Année Psychologique*, 105, 477-520.
- 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.
- Cortese, M. J., & Simpson, G. B. (2000). Regularity effects in word naming: What are they? *Memory & Cognition*, 28, 1269-1276.
- Cuetos, F. (1993). Writing processes in a shallow orthography. *Reading and Writing*, 5, 17-28.
- Delattre, M., Bonin, P., & Barry, C. (2006). Written spelling to dictation: Sound-to-spelling regularity affects both writing latencies and durations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 1330-1340.
- Ellis, A. W. (1982). Spelling and writing (and reading and speaking). In A. W. Ellis (Ed.), *Normality and pathology in cognitive functions* (pp. 113-146). London: Academic Press.
- Ellis, A. W. (1984). Spelling and writing. In A. W. Ellis (Ed.), *Reading, writing and dyslexia: A cognitive analysis* (pp. 60-85). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ellis, A. W. (1988). Spelling and writing. In A. Ellis & A. W. Young (Eds.), *Human cognitive neuropsychology* (pp. 163-190). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ferrand, L. (2007). *Psychologie cognitive de la lecture*. Bruxelles : De Boeck Université.

- Folk, J. R., & Rapp, B. (2004). Interaction of lexical and sublexical information in spelling: Evidence from non-word priming. *Applied Psycholinguistics*, 25, 565-585.
- Folk, J. R., Rapp, B., & Goldrick, M. (2002). The interaction of lexical and sublexical information in spelling: What's the point? *Cognitive Neuropsychology*, 19, 653-671.
- Glushko, R. J. (1979). The organization and activation of orthographic knowledge in reading aloud. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 674-691.
- Goodman, R. A., & Caramazza, A. (1986). Aspects of the spelling process: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Language and Cognitive Processes*, 1, 263-296.
- Goodman-Schulman, R., & Caramazza, A. (1987). Patterns of dysgraphia and the nonlexical spelling process. *Cortex*, 23, 143-148.
- Hatfield, F. M., & Patterson, K. E. (1984). Interpretation of spelling disorders in aphasia: impact of recent developments in cognitive psychology. *Advances in Neurology*, 42, 183-92.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1995). Converging evidence for the interaction of semantic and sublexical phonological information in accessing lexical representations for spoken output. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 187-227.
- Houghton, G., & Zorzi, M. (2003). Normal and impaired spelling in a connectionist dual-route architecture. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 115-162.
- Kreiner, D. S. (1992). Reaction time measures of spelling: Testing a two-strategy model of skilled spelling. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 18, 765-776.
- Kreiner, D. S. (1996). Effects of word familiarity and phoneme-to-grapheme polygraphy on oral spelling time and accuracy. *The Psychological Record*, 46, 49-70.
- Kreiner, D. S., & Gough, P. B. (1990). Two ideas of spelling: Rules and word-specific memory. *Journal of Memory and Language*, 29, 103-118.
- Lange, M. (2002). Activation of multiple phonemic associates of graphemes in visual word recognition. *Brain and Language*, 80, 610-620.
- Margolin, D. I. (1984). The neuropsychology of writing and spelling: Semantic, phonological, motor, and perceptual processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 459-489.
- McCloskey, M., Macaruso, P., & Rapp, B. (2006). Grapheme-to-lexeme feedback in the spelling system: Evidence from a dysgraphic patient. *Cognitive Neuropsychology*, 23, 278-307.
- Olson, A., & Caramazza, A. (1994). Representation and connectionist models: The NET spell experience. In G. D. A. Brown & N. C. Ellis (Eds.), *Handbook of spelling: Theory, process and intervention* (pp. 337-363). Chichester: John Wiley & Sons.
- Peereman, P., Dufour, S., & Burt, J. S. (2009). Orthographic influences in spoken word recognition: The consistency effect in semantic and gender categorization tasks. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 363-368.
- Peereman, R., Benbousselham, I., Dufour, S., & Bonin, P. (2007). *Does orthography matter in auditory word recognition? Converging evidence from different tasks*. 48th annual meeting of the Psychonomic Society. Long Beach, 15-18 Novembre, 2007.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 56-115.
- Rapp, B., Epstein, C., & Tainturier, M. J. (2002). The integration of information across lexical and sublexical processes in

- spelling. *Cognitive Neuropsychology*, 19, 1-29.
- Roux, S., & Bonin, P. (2009). Neighborhood effects in spelling in adults. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 369-373.
- Sanders, R. & Caramazza, A. (1990). Operation of the phoneme-to-grapheme conversion mechanism in a brain-injured patient. *Reading and Writing*, 2, 61-82.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523-568.
- Shallice, T. (1981). Phonological agraphia and the lexical route in writing. *Brain*, 104, 413-429.
- Tainturier, M. J. (1997). *Les processus de production orthographique : Aspects normaux et pathologiques*. Rapport d'habilitation à diriger des recherches. Grenoble : Université Pierre Mendès France (document non publié).
- Tainturier, M. J., & Rapp, B. (2001). The Spelling Process. In B. Rapp (Ed.), *What deficits reveal about the human mind/brain: A handbook of cognitive neuropsychology*. Philadelphia: Psychology Press.
- Véronis, J. (1988). From sound to spelling in French: Simulation on a computer. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 8, 315-335.
- Vitevitch, M. S. (2002). Naturalistic and experimental analyses of word frequency and neighborhood density effects in slips of the ear. *Language & Speech*, 45, 407-434.
- Vitevitch, M. S., & Luce, P. A. (1999). Probabilistic phonotactics and spoken word recognition. *Journal of Memory & Language*, 40, 374-408.
- Zesiger, P., Mounoud, P., & Hauert, C. A. (1993). Effects of lexicality and trigram frequency on handwriting production in children and adults. *Acta Psychologica*, 82, 353-365.
- Ziegler, J. C., Ferrand, L., & Montant, M. (2004). Visual phonology: The effects of orthographic consistency on different auditory word recognition tasks. *Memory & Cognition*, 32, 732-741.
- Ziegler, J. C., Jacobs, A. M., & Stone, G. O. (1996). Statistical analysis of the bidirectional inconsistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 2, 504-515.

ANNEXE. LISTE DES STIMULI UTILISÉS DANS L'EXPÉRIENCE

| Mots inconsistants dominants | Mots inconsistants sous-dominants | Mots consistants |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| cran | paon | moche |
| glande | stand | stage |
| faille | bail | figue |
| mangue | gang | louche |
| claque | vrac | crabe |

| Mots inconsistants dominants | Mots inconsistants sous-dominants | Mots consistants |
|-------------------------------------|--|-------------------------|
| crampe | trempe | match |
| pente | plante | plume |
| vase | gaz | huile |
| creux | nœud | cave |
| joute | scout | luge |
| frais | jet | brune |
| nain | daim | jade |
| hausse | sauce | fiche |
| fève | glaive | gaffe |
| fraise | thèse | ruche |
| cru | flux | singe |
| blond | plomb | blague |
| lobe | snob | biche |
| tôle | hall | cube |
| gomme | rhum | grade |
| mou | loup | plage |
| four | bourg | tige |
| dru | jus | digue |
| fruit | pluie | lune |