

RÉSUMÉ:

Après avoir rappelé comment, en psychologie cognitive, les mécanismes orthographiques sont envisagés par les modèles de production écrite chez l'adulte et l'enfant, nous développons la notion de coût cognitif associée à l'apprentissage de l'écriture et de l'orthographe lexicale et grammaticale et l'évolution de ce coût avec l'apprentissage. Dans un système de traitement à capacités limitées, les ressources consommées par chacun des mécanismes impliqués sont en effet très importantes en début d'apprentissage et le risque de surcharge, élevé; au fur et à mesure que les performances s'améliorent, bon nombre de ces mécanismes deviennent de plus en plus automatiques, libérant de la sorte des ressources de traitement pour des activités de plus haut niveau, telles que la sélection et l'organisation des idées d'un texte à produire. Sous cet angle, nous présentons, dans le présent article, le développement de l'écriture et les difficultés soulevées par l'absence d'automatisation des mécanismes périphériques et orthographiques. Ensuite, nous montrons comment les mécanismes impliqués dans l'orthographe grammaticale sont également une source de coût cognitif important. Nous terminons par des considérations cliniques exploitant les travaux de recherche précédemment exposés.

MOTS-CLÉS:

Orthographe – Ecriture – Apprentissage – Mémoire – Production écrite.

DÉVELOPPEMENT DES MÉCANISMES ORTHOGRAPHIQUES ET LIMITATIONS DE TRAITEMENT

par Marie-Anne SCHELSTRAETE et Christelle MAILLART

Marie-Anne Schelstraete
Docteur en Sciences
Psychologiques, chargée de cours
à l'Université catholique
de Louvain
et à l'Université de Genève

Christelle Maillart
Docteur en Logopédie,
chargée des recherches
à l'Université catholique
de Louvain et consultante
aux Consultations Psychologiques
Spécialisées

Unité Cognition & Développement
Université catholique
de Louvain, Belgique
Adresse pour la correspondance :
10 Place du Cardinal Mercier,
1348 Louvain-la-Neuve, Belgique,
courrier électronique :
marie-anne.schelstraete@psp.ucl.ac.be

SUMMARY: Development of writing and spelling processes and processing limitations

In the present paper, we analyze the consequences of the cognitive cost associated with the development of writing and spelling. First, the cognitive approach of written production in adults and children is developed, with a particular stress put on writing and spelling processes and on the processing limitations of the system. In a second part, the development of writing processes is presented so as some experimental works showing the role of the non-automatization of grapho-motor skills in the beginning of learning. In a third part, the cost associated with the learning of grammatical spelling is analyzed. Finally, some clinical considerations are presented.

KEY-WORDS:

Spelling – Writing – Learning – Memory – Written production.

INTRODUCTION

L'apprentissage du langage écrit est un défi important pour les enfants en début de scolarité. Contrairement à l'acquisition du langage oral, qui, la plupart du temps, se développe "spontanément", l'apprentissage du langage écrit nécessite une instruction formelle pour faire face aux difficultés spécifiques engendrées par l'utilisation d'un code écrit arbitraire : l'enfant doit recevoir un enseignement explicite pour pouvoir apprendre à lire et à écrire, même si ses progrès seront également tributaires de mécanismes d'apprentissage implicite*.

Les efforts que l'enfant doit fournir pour s'approprier peu à peu le système de conversion (acquisition du décodage), encoder la forme orthographique des mots (constitution du lexique orthographique) et intégrer les règles grammaticales ont un coût en termes d'utilisation de ressources attentionnelles. En effet, l'exécution d'activités cognitives mal maîtrisées et par conséquent non automatisées monopolise davantage d'attention que la réalisation d'activités plus automatiques. Ce phénomène, non spécifique aux apprentissages scolaires, peut facilement trouver des illustrations dans la vie quotidienne : chacun sait qu'utiliser un nouvel appareil ménager ou un programme informatique peu connu nous impose une concentration toute particulière. Il en va de même pour les enfants confrontés aux apprentissages scolaires. La demande attentionnelle d'une tâche peut ainsi être définie en termes de "coût cognitif" : si la tâche - ou un composant de la tâche - requiert beaucoup de ressources dans le système de traitement, on dit qu'elle a un coût cognitif élevé. Par contre, l'exécution d'une activité parfaitement automatisée est peu coûteuse en ressources attentionnelles et on dira que son coût cognitif est faible. Par exemple, pour un conducteur expérimenté, il n'est pas difficile de conduire dans un environnement familial tout en discutant avec son passager ou en réglant le volume de l'auto-radio. En revanche, un jeune conducteur ne peut faire face à ces situations de "double tâche" car il doit se concentrer sur ce qu'il fait. Pour lui, le "coût cognitif" de la conduite automobile est donc élevé. La notion de "coût cognitif" fait directement référence à ce que l'on appelle la mémoire de travail, i.e. l'ensemble limité des ressources qui peuvent être allouées simultanément au traitement et au stockage temporaire d'informations nécessaires au traitement dans une tâche donnée*.

En début d'apprentissage scolaire, le "coût cognitif" de l'écrit se traduit concrètement par une lenteur et une certaine inexactitude des performances aussi bien en lecture qu'en écriture. L'automatisation des mécanismes impliqués permettra progressivement à ces activités de se dérouler plus rapidement et plus exactement. Il est important de noter que la demande cognitive propre à l'orthographe est plus importante que celle liée à la lecture. A la charge imposée par le recours à un code arbitraire s'ajoutent les composants propres aux activités de production. Tout d'abord, écrire un mot requiert toujours le rappel de la totalité du mot. En revanche, la lecture de ce même mot peut se contenter d'indices partiels (ex. si on lit la séquence de lettres "TELE" dans la phrase "Ce soir, je regarde la..." ou "va décrocher le...", un décodage partiel du mot suffit pour accéder au sens de "télévision" dans un cas et de "téléphone" dans l'autre). De plus, lors de la transcription, la forme phonologique doit être maintenue en mémoire de travail alors que pendant la lecture, le stimulus reste présent sous les yeux. Ensuite, la mobilisation des mécanismes périphériques de l'écriture* engendre un coût non négligeable en début d'apprentissage comparativement à l'utilisation des organes de la parole et du balayage oculaire utilisés en lecture. Enfin, on relèvera aussi la plus grande complexité du système de conversion en orthographe qu'en lecture. Le système de conversion phonème/graphème utilisé pour orthographier des mots comprend un plus grand nombre d'ambiguïtés (plusieurs graphèmes pour un phonème donné, ex. le son [k] peut s'écrire C, K, QU) que le système de conversion graphème/phonème utilisé en lecture. S'ajoute également à la complexité de ce système la nécessité d'appliquer des règles grammaticales permettant de transcrire correctement les homophones et d'effectuer les accords dont bon nombre sont inaudibles.

* cf. notamment
Perruchet et Pacton, 2004

* cf. Gaonac'h et Larigauderie,
2000

* cf. Zesiger, 1995

Dans la suite de ce texte, nous nous intéresserons plus spécifiquement aux effets de la surcharge cognitive liée à l'apprentissage de l'écriture et de l'orthographe. Nous commencerons par replacer les activités orthographiques et le coût qu'elles engendrent dans le contexte plus général des modèles de production de textes chez l'adulte et l'enfant. Ensuite, nous nous arrêterons au coût cognitif engendré par le recours à l'écrit en production de mots isolés et de phrases ; nous terminerons par des suggestions pour le diagnostic et la remédiation.

I. UN SYSTÈME DE TRAITEMENT À CAPACITÉS LIMITÉES EN PRODUCTION DE TEXTES

Il est bien connu que l'on peut difficilement traiter plusieurs choses à la fois sans que la qualité de ce que l'on fait n'en soit affectée. Notre système de traitement de l'information est en effet un système dit "à capacités limitées" : la quantité d'informations que l'on peut stocker et traiter en même temps n'est pas infinie, loin de là. Ceci est tout particulièrement vrai pour la production écrite qui demande tout d'abord de mobiliser son attention sur la tâche. Il est, par exemple, difficile de rédiger dans un environnement bruyant et plus encore, en pensant à autre chose. Produire un texte requiert la coordination de plusieurs activités* : réfléchir à son contenu, choisir les idées et les organiser (activités de planification), sélectionner les termes et les structures syntaxiques à utiliser (activités de formulation) et enfin, écrire en gérant tout un ensemble d'activités oculo-grapho-motrices (activités de transcription). La qualité du texte produit dépendra également des activités de relecture et de révision : la comparaison entre le résultat obtenu et les objectifs attendus peut conduire à d'éventuelles corrections. L'ensemble de ces activités puise dans une même réserve de ressources cognitives, la mémoire de travail* ; elles doivent donc être coordonnées pour éviter la surcharge du système. Si un composant consomme trop de ressources, ce sera alors au détriment des autres composants. Les composants de planification, formulation, transcription et révision sont ainsi gérés par une instance de contrôle qui les coordonne et qui, notons-le, consomme elle-même des ressources attentionnelles.

Le modèle de Hayes et Flowers* constitue une référence en matière de modélisation de la production écrite. Ce modèle scinde l'activité d'écriture en trois parties (cf. Figure 1) : (1) le contexte, l'environnement de la tâche : la production écrite est influencée par les buts de l'écriture (thème, destinataire, motivations du scripteur) et par le texte déjà écrit ; (2) la mémoire à long terme du scripteur dans laquelle sont stockées les connaissances antérieures ; (3) le processus d'écriture qui comprend les composants de planification, formulation, retranscription et contrôle brièvement décrits ci-dessus.

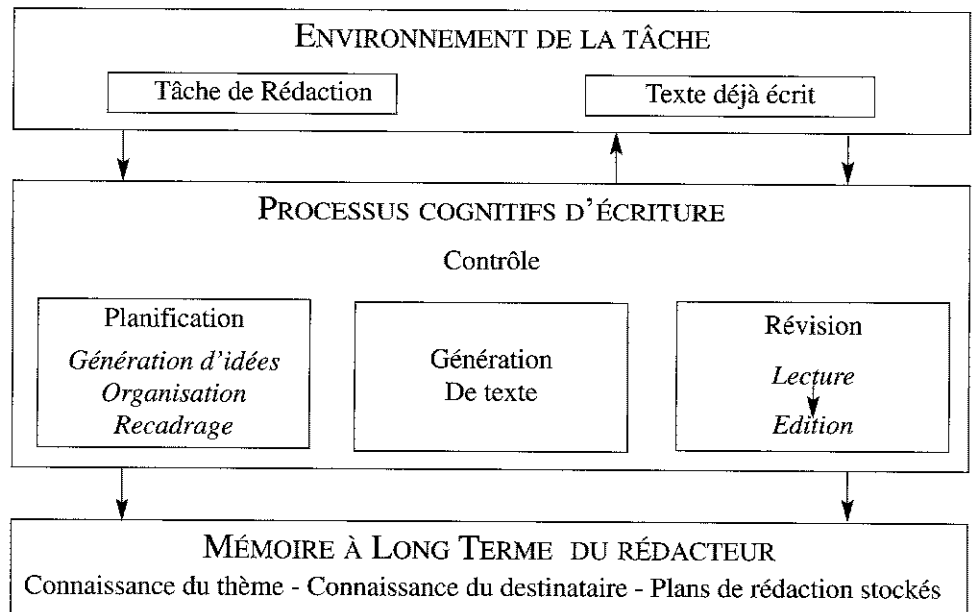


Figure 1 – Le modèle de Hayes et Flowers (1980), d'après Hayes (1998)

* cf. Piolat et Pélissier, 1998 ; Fayol, 2002

* cf. Chanquoy et Alamargot, 2002 ; 2003 ; Kellogg, 1998

* 1980

Ces trois parties du système ne sont évidemment pas indépendantes (cf. flèches sur le graphique) : par exemple, la planification du texte (3) sera influencée par les buts du rédacteur et par ce qui a déjà été écrit (1), la formulation (3) sera d'autant plus aisée que le vocabulaire est développé (2), l'expertise dans un domaine particulier (2) facilitera la structuration des idées (3), etc.

Scardamalia et Bereiter* ont étudié le développement de la production de textes chez l'enfant. Comme Hayes et Flowers, ils distinguent trois composants dans le processus d'écriture : élaboration du contenu, production du langage écrit et re-traitement. Leurs observations récoltées chez des apprentis scripteurs indiquent notamment que le **composant d'élaboration** n'atteindrait un mode de fonctionnement optimal que relativement tard : même quand on les y invite explicitement, les enfants jusque 10 ans planifient peu leur texte ; ensuite, vers 12 ans, ils montrent certaines capacités de planification mais celles-ci portent uniquement sur le contenu ; ce n'est que vers 14 ans que l'on voit apparaître une véritable planification conceptuelle. Par ailleurs, Scardamalia et Bereiter observent également que le **composant de production** consomme beaucoup plus de ressources chez les scripteurs novices, ce qui se fait au détriment des autres composants. Enfin, le **composant de révision** apparaît aussi être opérationnel assez tardivement : les enfants éprouvent des difficultés à réviser leurs textes, ce qui s'explique non seulement par une méconnaissance des procédures à mettre en oeuvre mais aussi par une difficulté à prendre leurs distances par rapport au texte produit*.

* 1987

* cf. Olive et Piolat, 2003 pour une synthèse récente sur ce sujet

En étudiant plus en profondeur la mise en place du composant d'élaboration, Scardamalia et Bereiter mettent premièrement en évidence que la part prise par ce composant est nettement plus importante chez l'adulte : 2/3 du temps total de production alors qu'il ne prendrait qu'1/3 chez l'enfant. De plus, chez l'enfant, on verrait d'abord l'application d'une stratégie d'énonciation des connaissances suivie dans un stade ultérieur par une stratégie de transformation. Au début, l'enfant produit les idées au fur et à mesure qu'il les récupère, les énoncés sont simplement juxtaposés, la gestion de la production se faisant pas à pas, de manière locale. L'enfant commence à écrire dès qu'il connaît le thème du texte à produire et chaque phrase produite sert d'indice de récupération pour l'idée suivante. Ce n'est qu'ensuite qu'une véritable planification émergerait par application de la stratégie de transformation, avec une organisation de la production autour du thème et des buts de la production : les idées récupérées sont restructurées avant d'être transcrites.

Le développement du composant de production fait intervenir la maîtrise progressive de l'orthographe lexicale et grammaticale de même que l'automatisation croissante des activités périphériques grapho-motrices liées à l'activité d'écriture. Ces différents aspects sont développés plus en détails dans la section suivante. Outre ces aspects orthographiques et grapho-moteurs, on note également une acquisition progressive de la ponctuation, de l'utilisation des connecteurs et des marques anaphoriques (ex. pronoms) que nous ne développerons pas ici*.

* cf. Fayol, 1985, 1997

II. COÛT COGNITIF DU COMPOSANT DE PRODUCTION

Certains aspects du composant de production sont entièrement spécifiques à la production écrite. Cette dernière nécessite en effet de recourir aux processus orthographiques lexicaux et grammaticaux propres à la formulation d'un message écrit et aux activités motrices requises par l'écriture (processus "grapho-moteurs"). Dans cette section, nous envisagerons d'abord les difficultés soulevées par l'absence d'automatisation des mécanismes périphériques requis par le recours à l'écrit et du système de conversions orthographiques. Ensuite, nous verrons que les mécanismes impliqués dans l'orthographe grammaticale sont également une source de coût cognitif important, en nous attardant plus précisément aux mécanismes d'accord en nombre.

2.1. Les mécanismes périphériques de l'orthographe

La constitution des représentations orthographiques abstraites (lexique orthographique de sortie) et l'apprentissage des premières règles grammaticales retiennent généralement l'attention lorsqu'on étudie l'acquisition de l'orthographe. Il ne faudrait pourtant pas faire abstraction des processus impliqués dans l'exécution motrice des "patterns" orthographiques appris. En effet, ces processus sont loin d'être automatisés en début d'apprentissage et sont parfois à l'origine d'une surcharge cognitive empêchant l'enfant de se concentrer exclusivement sur l'orthographe des mots à écrire. Dans certains cas, ils peuvent même faire l'objet d'une altération spécifique, par ex. chez un enfant présentant des difficultés du contrôle moteur.

Après avoir envisagé comment les modèles de production écrite envisagent les aspects grapho-moteurs, nous verrons brièvement comment l'écriture se développe chez l'enfant pour terminer par des données expérimentales illustrant l'évolution du coût cognitif induit par les processus grapho-moteurs.

2.1.1. Les processus grapho-moteurs dans les modèles de la production écrite des mots isolés

Les modèles de la production écrite des mots isolés décomposent les processus grapho-moteurs en plusieurs sous-composants : d'une part, des processus centraux, impliqués dans la préparation de la réponse motrice et d'autre part, des processus périphériques qui modélisent la production même de cette réponse motrice. Si on se réfère au modèle proposé par Ellis en 1982 (cf. figure 2), la séparation entre processus centraux et périphériques (en pointillé dans le schéma) se situe au moment où les représentations abstraites vont recevoir une traduction motrice.

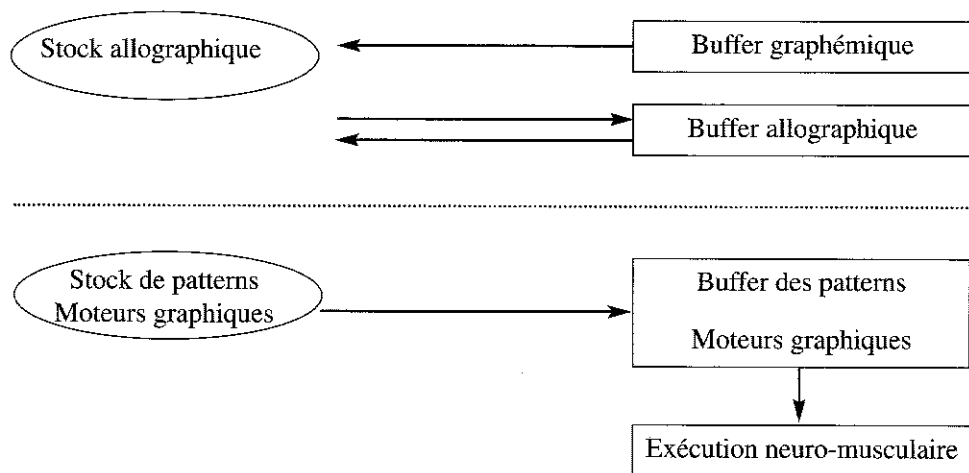


Figure 2 : Modèle des processus grapho-moteurs, d'après Ellis (1982)

a) Les processus centraux

Dans les modèles classiques de l'orthographe, la représentation du mot à transcrire est momentanément stockée dans le **buffer — ou mémoire-tampon — graphémique**, et ce indépendamment de la voie orthographique utilisée (lexicale ou non lexicale). Ce buffer, qui contient des informations de nature abstraite, les graphèmes, a notamment pour objectif de spécifier et de stocker temporairement les différents graphèmes du mot. Une fois les graphèmes caractérisés, il faut déterminer une variante manuscrite, un **allographe**, de ces graphèmes. Il est en effet nécessaire de choisir un répertoire approprié (majuscule ou minuscule ; lettre détachée ou lettre liée, etc.). Cette sélection s'effectue à partir d'un stock allographique comportant les allographes mémorisés. Les différents allographes sélectionnés sont ensuite envoyés dans le **buffer allographique** où ils seront maintenus en mémoire pendant le temps nécessaire à la préparation de l'exécution motrice. Il est

important de noter que les choix réalisés à ce moment peuvent interagir avec la réalisation motrice. Par exemple, le changement d'allographe pendant la production mobilise des ressources cognitives, ce qui se traduit par un temps d'accès plus long pour deux allographes différents que pour deux allographes identiques*.

* Klapp et Wyatt, 1976

b) Les processus périphériques

Pour effectuer la traduction motrice des informations allographiques stockées dans le buffer allographique, il faut récupérer les commandes musculaires associées aux différentes situations d'écriture possibles. Ces informations sont stockées dans le stock des patterns moteurs graphiques et sont ensuite envoyées vers le buffer des patterns moteurs graphiques où elles resteront jusqu'au codage des patterns moteurs en impulsions nerveuses destinées aux muscles impliqués.

Ces différentes opérations de préparation cognitive et de réalisation motrice s'effectuent en parallèle. Lors d'une dictée, un adulte est capable de réaliser le geste moteur d'une première lettre tout en programmant la réalisation motrice de la lettre suivante et en réfléchissant aux particularités orthographiques ainsi qu'aux accords grammaticaux. Pour rendre compte de ces caractéristiques, Van Galen* a proposé un modèle en stades organisés de façon séquentielle. Selon ce modèle, les demandes liées aux processus de haut niveau (par exemple : orthographe lexicale et grammaticale) se manifesteront en avance de cette production en temps réel. Ainsi, si pour la phrase "une série d'oiseaux chante sur le fil", on réfléchit à l'accord du verbe, un ralentissement de l'écriture sera observé avant la graphie critique (par exemple sur le CH de "chante" alors que la graphie critique est le E).

* 1990

Enfin, la production écrite bénéficie des mécanismes de régulation importants que sont les feed-backs visuels et kinesthésiques. Le rôle et l'efficacité de ces feed-backs ont fait l'objet de plusieurs études qui soulignent leur importance* mais que nous ne détaillerons pas ici**.

* par exemple, Jeannerod, Michel & Prablanc, 1984
** cf. Zesiger, 1995, pp. 113-115

2.1.2. Développement de l'écriture

L'apprentissage de l'écriture n'est réalisable que lorsque le jeune enfant est parvenu à un certain niveau de développement cognitif, moteur, praxique et affectif*. Le chemin est long entre les premiers tracés de l'enfant, entre 12 et 18 mois, et le moment où l'écriture se personnalise et devient suffisamment automatique en fin de scolarité primaire (vers 11 - 12 ans).

* Du Pasquier-Grall, 1990

Dès les premiers contacts de l'enfant avec l'écrit, nous retiendrons l'importance de la maturation du développement psychomoteur qui conditionne les réalisations graphiques. Ainsi, à 2 ans, la possibilité de fléchir le pouce se traduit par l'apparition des premiers tracés réalisés avec les doigts. La prise de l'instrument qui était auparavant globale (crayon tenu dans la paume de la main) devient digitale (utilisation des doigts, et notamment du pouce, pour maintenir le crayon). Vers 2 ans et demi, les tracés se complexifient : boucles, cycloïdes plus complexes ainsi que les premières figures à base de segments (carré, triangle) rendues possibles par un meilleur contrôle visuel qui permet de guider la main vers un tracé déjà produit. Peu à peu, l'enfant va trouver du sens à ce qu'il produit même s'il ne dénomme qu'après coup ("là, c'est un bonhomme"). Ce n'est que vers 3-4 ans que l'enfant sera capable de formuler son intention de figuration ("je vais faire..."). Il produit alors des idéogrammes sous la forme de tracés simples et arbitraires mais qui ont une signification pour lui. Ensuite, le geste graphique continue à s'affiner, on voit apparaître une certaine linéarité et une maîtrise de la séquence dans les productions. Ces dernières caractéristiques conjuguées à un début d'orientation inaugurent le passage à la ligne d'écriture. Vers 5-6 ans, l'enfant prend plaisir à imiter l'adulte qui écrit. A cet âge, la forme des lettres peut paraître incertaine : on observe des désorientations, des reproductions en miroir, des renversements dans le sens haut-bas ou droite-gauche. Ces erreurs doivent être considérées comme des étapes dans l'organisation des structures spatiales, elles ne porteront aucun préjudice à l'évolution ultérieure de l'écriture. Toutes ces étapes,

rendues possibles par la maturation des fonctions motrices et cognitives, vont contribuer à rendre l'enfant apte à l'apprentissage de l'écriture, vers l'âge de 6 ans pour la majorité des enfants*.

L'apprentissage proprement dit de l'écriture commence donc en première primaire, à partir de 6-7 ans, par une étape pré-calligraphique. L'enfant se familiarise avec les formes des lettres qu'il dessine en prenant grand soin de respecter le modèle calligraphique. Les lettres sont tracées une à une et sont juxtaposées par des points de collage ou des jointures superposées. Après une première année d'apprentissage, l'écriture évolue : les difficultés motrices de tenue ou de guidage de l'instrument disparaissent et le code graphique devient familier à l'enfant. Vers 8-9 ans, l'écriture s'assouplit, se régularise et comporte à présent des liaisons plus nettes (étape calligraphique). L'intérêt de l'enfant s'est déplacé des lettres aux mots. Enfin, à 10-11 ans, l'enfant acquiert l'essentiel des fondements structuraux de l'écriture, ce qui lui permet d'écrire plus rapidement avec un mouvement plus aisé. L'écriture s'automatise et requiert moins d'attention pour sa réalisation, laissant le champ libre à la réflexion et à la pensée.

2.1.3. Le coût des processus grapho-moteurs

Le problème des limitations de capacités de traitement en production écrite est un élément très critique chez l'enfant en début d'apprentissage de l'écrit puisqu'il doit apprendre non seulement à orthographier correctement mais aussi, en même temps, à écrire. Avant l'entrée en primaire, les activités propres à l'écriture ne sont pas maîtrisées, ainsi que nous l'avons relevé ci-dessus : l'enfant doit apprendre à former correctement les lettres, ce qui requiert en début d'apprentissage une attention considérable. Il faudra en effet attendre plusieurs années pour que le geste graphique soit en grande partie automatique et donc ne demande plus d'attention particulière de la part de l'enfant. Les aspects mécaniques de la production écrite mobilisent ainsi une grande attention chez l'enfant. On considère que les trois premières années d'apprentissage, et plus particulièrement la première, sont dominées par la maîtrise de l'acte graphique comme en témoigne l'activité de subvocalisation des jeunes enfants*. Au cours des premières années d'apprentissage de l'écriture, les enfants ont ainsi tendance à verbaliser ce qu'ils écrivent (comportement d'auto-dictée). Ce comportement, qui disparaît vers 9-10 ans, peut être interprété en termes de coût cognitif : Simon propose que l'accompagnement moteur vocal observable en début d'apprentissage a pour rôle de surmonter les difficultés imposées par l'acte graphique, la régulation des mouvements de la main pour écrire se faisant par l'intermédiaire de la vocalisation. A l'appui de cette hypothèse, une étude assez ancienne de Nazarova* montre que, lorsque les mouvements subvocaux sont entravés (par exemple, en serrant la langue entre les dents), le nombre de fautes augmente.

Ce coût des processus grapho-moteurs explique en partie pourquoi apprendre à écrire est plus difficile qu'apprendre à lire. L'enfant de 6 ans n'a en général plus de problèmes articulatoires : la gestion des aspects périphériques de la production orale se fait facilement, l'enfant ne doit plus y faire consciemment attention. Il en est généralement de même très rapidement pour le balayage oculaire. En lecture, l'apprenti-lecteur peut donc concentrer toute son attention sur le transcodage et la reconnaissance des mots écrits. Par contre, la transcription écrite lui demande de porter son attention à la fois sur le transcodage des mots écrits et sur leur exécution motrice. Bourdin* a très bien montré l'avantage de la production orale sur la production écrite chez des apprentis scripteurs grâce à un paradigme expérimental relativement simple. Les participants recevaient des listes orales de mots qu'ils devaient mémoriser et ensuite rappeler (ex : avion, vache, pente). Le rappel se faisait soit oralement soit par écrit. Les résultats mettent en évidence un effet de la modalité de rappel chez les enfants mais pas chez les adultes. Ainsi, les enfants de 2^{ème} primaire (CE1) et ceux de 4^{ème} primaire (CM1) rappellent significativement plus de mots oralement que par écrit. En d'autres termes, chez les enfants, le recours à la production écrite consomme davantage de ressources cognitives pour une tâche équivalente de rappel sériel.

Plusieurs hypothèses ont été envisagées par Bourdin* pour identifier les facteurs responsables de cette surcharge cognitive :

- (1) *ralentissement du débit en modalité écrite* : ce ralentissement imposant un maintien prolongé des informations en mémoire de travail, il pourrait être à l'origine de la chute des performances en modalité écrite ;
- (2) *contrôle de l'activité grapho-motrice* : la récupération en mémoire et l'exécution des actes graphiques pourraient mobiliser des ressources attentionnelles qui entraveraient les capacités de rappel ;
- (3) *orthographe* : la gestion des difficultés orthographiques requiert des ressources cognitives même chez des adultes habitués à manipuler l'écrit.

Les expériences de Bourdin montrent que le coût cognitif de l'écrit mis en évidence chez les jeunes enfants semble principalement dû à la non automatisation des activités grapho-motrices et à la gestion des difficultés orthographiques. En effet, les performances des jeunes enfants ne varient pas significativement quand un rythme de rappel est imposé - *hypothèse du ralentissement du débit* - mais se dégradent significativement quand on recourt à une calligraphie inhabituelle (ex : la majuscule cursive chez des adultes) - *hypothèse du contrôle de l'activité grapho-motrice* - ou à des mots dont l'orthographe est irrégulière - *hypothèse de la gestion des difficultés orthographiques*.

Maillart* a également testé le coût des processus grapho-moteurs chez des adultes faiblement lettrés en les comparant à des enfants de même âge de lecture. L'hypothèse de travail était la suivante : chez les adultes, même sans grande expérience du langage écrit, les processus grapho-moteurs devraient être proportionnellement moins coûteux que chez l'enfant. En effet, les adultes devraient être avantagés par la maturité de leur système moteur, tant pour la motricité fine que pour le contrôle oculo-moteur. De plus, la plupart des adultes ayant fréquenté l'école, la transcription graphique a déjà été travaillée et semble relativement conservée. Cette préservation pourrait trouver son explication dans la nature même de ce type de connaissance. L'acquisition d'un geste moteur relève de connaissances procédurales (suite d'actions organisées permettant de réaliser un but : par exemple, rouler à vélo), qui sont moins sensibles à l'oubli que des connaissances déclaratives (connaissances précises stockées en mémoire à long terme, par exemple, savoir que "carotte" ne prend qu'un seul "r").

Un groupe composé de 15 adultes faiblement lettrés et trois groupes contrôles de 24 enfants répartis dans trois années scolaires différentes (1^{ère}, 2^{ème} et 4^{ème} années primaires) ont été testés selon le même paradigme expérimental que celui utilisé par Bourdin (le matériel est présenté en annexe ainsi que les statistiques descriptives, cf. Section "Implications cliniques"). Les résultats des enfants montrent une nette évolution au cours de la scolarité : le coût cognitif chez les enfants de première primaire est très élevé (rapport écrit/oral moyen : 0,2) mais diminue progressivement dès la deuxième primaire (0,6) pour se rapprocher de 1 en quatrième année (0,8). Pour les adultes faiblement lettrés, le coût cognitif observé (0,65) est moins important que chez des enfants en tout début d'apprentissage, alors que le niveau de lecture est similaire. Cette constatation confirme l'hypothèse de départ selon laquelle une plus grande maîtrise du geste graphique avantage les adultes, mêmes peu lettrés. Toutefois, il est à noter que le coût cognitif n'est pas négligeable, ce qui montre que le passage à l'écrit ne relève pas encore d'automatismes.

Ces observations ont des conséquences concrètes pour la remédiation. En début d'apprentissage, l'essentiel des ressources attentionnelles disponibles chez les jeunes enfants semblent mobilisées pour la gestion des aspects plus périphériques de l'écriture aux dépens, par exemple, de l'attention allouée aux caractéristiques orthographiques du mot. Certaines stratégies simples permettent de soulager le système cognitif de l'enfant (écrire à sa place, utiliser des lettres mobiles), ce qui peut lui permettre de se concentrer davantage sur l'orthographe des mots.

2.2. L'orthographe grammaticale

Les conséquences des limitations de traitement sur la qualité de la production s'observent également en orthographe grammaticale. Par rapport à la production de mots isolés,

la production correcte de phrases et *-a fortiori-* de textes nécessite plusieurs opérations supplémentaires : segmentation de la phrase en différents mots, choix de l'orthographe correcte pour les homophones non homographes (ex. *Ver-verre-vert-vers*), et enfin, application des règles d'orthographe grammaticale, principalement les accords en nombre et en genre.

En comparaison avec les travaux sur l'orthographe lexicale, les recherches publiées sur l'orthographe grammaticale sont relativement rares et traitent principalement des mécanismes d'accord. Dans cette section, nous développerons ces dernières et ne ferons que décrire brièvement les opérations de segmentation et le problème de l'homophonie.

2.2.1. Les opérations de segmentation

À l'oral, les mots se suivent sans qu'il y ait de frontières très nettes entre eux. L'enfant transcrivant des phrases se trouvera donc confronté à la nécessité de segmenter correctement les phrases en laissant des blancs entre les mots. En début d'apprentissage, il ne sera pas rare de le voir segmenter à l'intérieur de certains mots (ex. le ta pi pour "tapis") ou au contraire de fusionner deux mots (ex. lelivre). Ces comportements peuvent perdurer en cas de dysorthographe et ne sont pas rares chez des adultes faiblement lettrés. Il est fort probable que le développement du lexique orthographique et des compétences métalexicales (notamment liées à la notion de "mot") joue un rôle important sur l'exactitude de la segmentation. De plus, dans la mesure où certains homophones se segmentent différemment, des compétences grammaticales doivent également intervenir.

2.2.2. L'homophonie : les homophones non-homographes

Certains mots ou suites de mots ont des prononciations similaires mais s'écrivent différemment. On peut en fait distinguer, et ce, de manière non exclusive :

- (1) les homophones qui, à l'écrit, se segmentent différemment (ex. *C'est/ses ; sans/s'en*) ;
- (2) les homophones qui appartiennent à des catégories syntaxiques identiques (ver et verre : deux noms) ou différentes (sent (verbe), sang (nom), sans (préposition), cent (adjectif) ;
- (3) les homophones dans les formes fléchies (ex. roule-roulent). Seules ces dernières formes ont fait à notre connaissance l'objet de recherches dans le cadre de travaux sur l'accord en nombre que nous développons ci-dessous.

2.2.3. L'accord en genre et en nombre

Il est raisonnable de penser que les processus d'accord les plus simples sont acquis relativement vite et facilement. Par contre, les règles plus complexes (ex. : accord du participe passé, pluriel des noms composés) relèvent d'apprentissages plus tardifs et ne sont probablement jamais tout à fait automatiques. Toutefois, si les accords les plus simples peuvent être acquis aisément, leur apprentissage ne va pas pour autant de soi. En effet, bon nombre de marques de pluriel sont inaudibles et doivent donc faire l'objet d'un apprentissage spécifique à l'écrit (ex. : les petits ballons jaunes s'envolent).

Plus encore que l'orthographe lexicale, l'acquisition de l'orthographe grammaticale fait l'objet d'un apprentissage que l'on dit "déclaratif", i.e. qui relève d'un enseignement explicite : l'enfant apprend des règles qui lui sont données, il ne doit pas lui-même les découvrir. La clé du succès de l'acquisition de l'orthographe grammaticale résidera alors dans ce qu'on appelle, en psychologie cognitive, la "procéduralisation" des règles apprises de manière déclarative*. Au fur et à mesure de leur emploi par l'apprenti-scripteur, les règles d'orthographe vont devenir des "procédures" utilisables de manière automatique, c.-à-d. sans qu'il en ait conscience et avec un coût négligeable pour le système de traitement*. Il ne devra alors plus faire appel consciemment aux règles grammaticales et pourra concentrer toute son attention sur le contenu de ce qu'il écrit. Par contre, en début d'apprentissage, l'application des règles nécessitera un contrôle conscient, coûteux en termes de ressources attentionnelles et fera l'objet d'oubli ou d'erreurs tout particulièrement dans les situations où les ressources attentionnelles sont consommées par d'autres activités (ex. : la transcription d'un mot dont l'orthographe est mal connue ou lorsque l'attention est allouée à l'écriture ou aux choix des idées à transcrire).

* Anderson, 1982

* cf. Largy, 2003

Les études sur l'acquisition de l'orthographe grammaticale montrent que, pour ce qui concerne l'accord, l'enfant passe par différentes étapes dans ce parcours qui n'est pas sans embûche*.

Au départ (1^{ère} primaire/CP**), les enfants ignorent simplement les terminaisons plurielles inaudibles. Ils écrivent comme ils entendent, phonétiquement, et donc omettent la plupart des terminaisons du pluriel qui, en français, ne sont pas repérables à l'oral.

Plus tard (fin 1^{ère} primaire/CP), les enfants commencent à utiliser la terminaison "S" pour le pluriel mais ils l'écrivent à la fin des verbes comme à la fin des noms (ex. : les lapins manges).

Encore plus tard (fin 2^{ème} primaire/CE1), les enfants apprennent à utiliser la terminaison "NT" mais au lieu de l'ajouter seulement aux verbes de la troisième personne du pluriel, ils la mettent parfois aux noms et aux adjectifs (ex. les acrobatent; les jolient fleurissent sentent bon).

Enfin, ils apprennent l'utilisation correcte des morphèmes pluriels nominaux (-S ou -X) et verbaux (ex. -NT pour la 3^{ème} personne du pluriel).

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de telles observations :

- (1) l'acquisition du pluriel nominal précède celle du pluriel verbal, comme à l'oral d'ailleurs* ;
- (2) on assiste à des phénomènes de surgénéralisation : l'enfant utilise pour les verbes une règle qu'il a apprise pour les noms et ensuite, la règle du pluriel verbal est erronément appliquée de temps à autre aux noms et aux adjectifs. La surgénéralisation reflèterait l'automatisation progressive de la règle au sein d'un système où les autres règles ne sont pas encore maîtrisées et où la connaissance des catégories syntaxiques (Nom, Verbe, Adjectif, etc.) est partielle.

Le fait que le coût cognitif de l'accord est important en début d'apprentissage et qu'il diminue progressivement peut être facilement mis en évidence en situation de double tâche, où à la tâche de transcription, on ajoute une tâche secondaire qui doit être effectuée en même temps, par ex. : dans des tâches où l'enfant doit écrire ce qu'on lui dicte et simultanément retenir des mots en mémoire. On peut ainsi d'une part observer les performances en orthographe et d'autre part les performances à la tâche secondaire. Cette dernière ne sera pas affectée si l'orthographe n'a plus aucun coût ou si les processus d'accord ne sont même pas mobilisés comme c'est le cas en début d'apprentissage*. Dans la recherche de Fayol et coll.**, on a observé les performances en dictée d'enfants de 2^{ème} et 5^{ème} primaire et de jeunes adultes avec des phrases de structure Nom1 de Nom2 (ex. La fille des voisins chante) où l'on manipule le nombre de Nom1 et de Nom2 (ex. Les filles du voisin, la fille des voisins, la fille du voisin, les filles des voisins). La dictée se fait soit en condition libre, soit en situation de charge (les participants passent dans les deux conditions) ; dans cette dernière modalité, l'expérimentateur donne, avant la phrase qu'il dicte, des mots que les participants devront rappeler par écrit après avoir transcrit la phrase dictée (expériences 2 et 3 : enfants de 5^{ème} primaire et jeunes adultes) ou alors les participants doivent réagir à un stimulus sonore le plus rapidement possible (expérience 1 : enfants de 3^{ème} primaire). En 2^{ème} primaire, deux profils sont relevés parmi les enfants : soit ils ne marquent pas l'accord (ex. : Les fille des voisin chante), soit ils marquent l'accord plus ou moins correctement mais ils sont sensibles à la charge, leurs performances étant significativement moins bonnes en condition de charge qu'en condition libre. En 5^{ème} primaire, les performances sont similaires à celles des adultes : les erreurs sont plus fréquentes si le Nom1 et le Nom2 n'ont pas le même nombre et surtout si le Nom2 est au pluriel (erreurs dites d'attraction) ; de plus, le nombre d'erreurs est plus important en condition de charge. Les adultes font toutefois moins d'erreurs à la dictée et rappellent plus de mots à la tâche ajoutée.

La procéduralisation des règles grammaticales n'est évidemment jamais parfaite. En témoignent les erreurs d'orthographe grammaticale qu'il n'est pas rare de trouver dans les écrits d'adultes lettrés. L'orthographe grammaticale requiert le plus souvent un certain contrôle de la part du scripteur*. Ceci peut aussi se démontrer expérimentalement en situation de double tâche comme celles expliquées ci-dessus**. Le nombre d'erreurs

* Nunes, Bryant et Bindman, 1997 ; Fayol, Hupet et Largy, 1999 ; Totereau et coll., 1997

** Notons que les niveaux scolaires sont à moduler selon la pédagogie dites "actives" (Freinet, Decroly, Montessori) n'appliquant pas nécessairement des principes d'apprentissage explicite de l'orthographe, tout particulièrement au début, il est logique de ne pas attendre d'un enfant scolarisé dans ce type d'enseignement que son niveau corresponde aux niveaux indiqués ici.

* Mervis et Johnson, 1991

* Chanquoy & Negro, 1996 ; Fayol et Got, 1991 ; Fayol, Hupet et Largy, 1999
** 1999

* Largy, 2003
** Hupet, Schelstrate, Demaeght, et Fayol, 1996

* Hupet, Fayol et Schelstraete, 1998

* Largy, Fayol et Lemaire, 1996

* Cousin et Largy, 2000

est tout particulièrement important avec des structures telles que celles décrites plus haut, lorsque le Nom1 est au singulier et le Nom2 au pluriel (La fille des voisins). Par ailleurs, il a été montré* que la probabilité de telles erreurs est plus importante si le Nom2 est un sujet sémantiquement plausible du verbe (ex. : La caravane des voisins fume) que lorsqu'il ne l'est pas (ex. : La caravane des voisins rouille). L'incompatibilité entre le N2 et le verbe servirait de signal déclencheur aux mécanismes de contrôle, ce qui engendrerait un certain coût observable dans la chute des performances à la tâche secondaire.

Enfin, les phénomènes de surgénéralisation décrits plus haut peuvent aussi se mettre en évidence chez l'adulte dans des conditions particulières* : si le verbe a un homophone homographe nominal plus fréquent (ex. : Timbre : le nom est plus fréquent que la forme verbale), on peut voir apparaître, en condition de charge cognitive, des erreurs du type "Il les timbres" ; ces erreurs seront nettement plus rares si l'homophone nominal est moins fréquent (ex. : Il les abîmes) ou si le verbe n'a pas d'homophone nominal (Il les roules). L'interprétation proposée de cette observation repose sur l'idée que l'activation d'une forme déclenche l'activation de la marque qui lui est associée (S pour une forme nominale, NT pour un verbe), voire même que cette association ferait l'objet d'un encodage en mémoire à long terme, par apprentissage implicite*.

III. IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE CLINIQUE

Des travaux présentés ci-dessus, il ressort notamment que l'immaturation du système de conversions phonèmes-graphèmes ou un lexique orthographique fragile ne suffit pas toujours à expliquer les performances orthographiques du jeune apprenti scripteur. Des difficultés périphériques comme le manque de maîtrise des processus grapho-moteurs peuvent se traduire par des difficultés en orthographe lexicale. De même, quand l'orthographe lexicale requiert une attention particulière (mots peu fréquents ou irréguliers), la gestion de ces difficultés peut se faire aux dépens de l'orthographe grammaticale. Ainsi, dans certaines situations, les erreurs orthographiques ou une lenteur excessive de la transcription sont les seuls témoins observables d'un manque d'automatisation de certains processus. Chaque activité impliquée dans la production orthographique a, nous l'avons vu, un coût en terme de demande attentionnelle : coût de l'utilisation des conversions phonèmes-graphèmes ou de la récupération de la représentation orthographique, coût des mécanismes grammaticaux et coût de la transcription motrice. Lors du diagnostic de troubles orthographiques, il est important de garder à l'esprit le fait que certaines erreurs pourraient simplement être le reflet d'une demande cognitive trop importante dont il est alors capital d'identifier la source : troubles périphériques, méconnaissances des allo-graphes, orthographe lexicale non maîtrisée, etc.

3.1. Diagnostic

Pour différencier les erreurs résultant d'une surcharge cognitive ou d'une méconnaissance réelle de l'orthographe des mots ou des règles orthographiques, une solution assez simple consiste à proposer des épreuves similaires en variant les conditions de production. En effet, certaines conditions sont plus exigeantes que d'autres. Par exemple, pour l'orthographe lexicale, si l'on soupçonne que des troubles périphériques sont à l'origine d'un score inférieur à la norme à un test standardisé, il sera utile de demander à l'enfant soit d'écrire des mots sous dictée, soit de choisir parmi des lettres mobiles, soit d'épeler le mot, soit encore de choisir entre plusieurs orthographes possibles (mais cette dernière solution est discutable puisqu'elle mobilise les mécanismes de reconnaissance et pas les mécanismes orthographiques). Pour autant que les mots utilisés dans ces différentes conditions soient strictement comparables quant aux paramètres connus pour affecter l'orthographe lexicale (longueur, régularité, fréquence, complexité), les performances devraient être plus mauvaises dans la première condition qui requiert un geste graphique que dans les autres. De même, face à des troubles d'orthographe grammaticale, il est utile de comparer des activités où les mécanismes d'orthographe grammaticale s'effectuent parmi les autres mécanismes de la production écrite (production spontanée), les

autres mécanismes orthographiques et grapho-moteurs (dictée de textes) et des situations où l'on soulage au maximum le scripteur de tout ce qui ne relève pas de l'orthographe grammaticale (complètement de phrases lacunaires). Certains tests ou épreuves d'orthographe ne demandent d'ailleurs au patient que d'écrire les parties "critiques"*. Le coût de l'application des règles grammaticales peut aussi se tester plus finement en comparant les performances du patient quand il doit appliquer une ou plusieurs règles, après s'être évidemment assuré qu'il connaît les règles ainsi que le moment où il doit les appliquer. On peut également utiliser la technique de la double tâche et voir dans quelle mesure l'ajout d'une tâche secondaire (ex. : retenir des mots, additionner des chiffres) détériore ou non les performances sur un matériel comparable. Ceci peut également être utile en fin de rééducation ou au moment du bilan d'évolution, pour tester le degré d'automatisation des processus orthographiques.

Enfin, si l'on veut tester plus finement le coût cognitif des processus grapho-moteurs, on peut recourir aux tâches utilisées par Bourdin* et Maillart**. Le matériel et la procédure utilisée par Maillart sont présentés en Annexe 1, de même que les données qu'elle a obtenues chez les participants de l'étude. Deux listes de mots bisyllabiques réguliers et sélectionnés dans le vocabulaire orthographique de base* ont été appariées sur la base du nombre de lettres, du nombre de phonèmes et du nombre de voisins orthographiques. Les listes de mots sont lues dans un ordre ascendant à raison d'un mot par seconde : on commence par les séries de 2, puis de 3, etc.. A la fin de chaque série, un rappel sériel est demandé en modalité orale ou écrite (l'ordre de passation est contrebalancé). Les sujets disposent d'un temps non limité pour répondre. Le coût cognitif est calculé en effectuant le rapport entre les résultats obtenus pour les deux conditions de passation (écrite et orale). Plus ce rapport s'éloigne de 1, plus le coût cognitif de l'écrit est important. Inversement, une valeur proche de 1 indique une charge cognitive peu importante qui ne peut donc être à l'origine des éventuelles difficultés orthographiques.

3.2. Rééducation

Quand le coût cognitif de l'écrit s'avère important, le projet thérapeutique proposé se doit d'essayer de réduire les ressources attentionnelles mobilisées en travaillant plus particulièrement l'automatisation des différents composants impliqués dans la production écrite. Pour l'orthographe lexicale, une des premières décisions qui peut être prise est d'automatiser ("driller") l'orthographe des mots fonctionnels les plus courants (cf. Liste en Annexe 2) et des mots pleins les plus fréquents (cf. liste 2 aussi pour certains de ces mots, pour les autres mots, on pourra utiliser les bases de données lexicales récentes, comme Novlex* ou Lexique**), de construire rapidement un mini-lexique orthographique de base. Pour ce faire, une confrontation intensive et régulière au matériel est requise, sous des formes multiples et variées (et les plus ludiques possible), de manière à ce que la transcription de ces mots devienne automatique, i.e. avec un coût de traitement minimale.

Le thérapeute peut également diriger la gestion des ressources en hiérarchisant les difficultés. Dans un premier temps, la rééducation se cible sur un seul composant : par exemple en travaillant uniquement l'orthographe lexicale avec des lettres mobiles afin d'éviter un surcoût induit par la mobilisation des processus grapho-moteurs ; ensuite en travaillant l'orthographe grammaticale en complètement de phrases ou de mots ou avec des phrases comportant du vocabulaire bien maîtrisé et en veillant à hiérarchiser les difficultés à l'intérieur de ce niveau ; enfin, et si nécessaire, en ciblant le travail sur l'efficacité des processus grapho-moteurs. Après avoir stimulé les différents composants isolément, on peut envisager, dans un deuxième temps, de combiner les demandes cognitives en offrant d'autres supports (par exemple : dictée de phrases complètes mais avec possibilité d'avoir accès aux règles). On applique alors la procédure traditionnelle de la méthodologie par indice : quand un seuil de réussite fixé est atteint, on diminue progressivement le nombre d'indices fournis jusqu'à une réalisation autonome. Enfin, la troisième phase est atteinte lorsque plus aucun support spécifique n'est nécessaire pour soulager la demande cognitive. A ce moment, on peut envisager de refaire passer une

* ex. Pothier, 1996

* 1994 ** 1998

* Ters, Reichenbach et Mayer, 1975

* Lambert et Chesnet, 2001
** New, Pallier, Ferrand, et Matos, 2001

épreuve de coût cognitif pour contrôler l'automatisation des différents composants de l'orthographe lexicale et une dictée de phrases avec et sans tâche ajoutée pour tester l'automatisation de l'application des règles grammaticales.

Avec des enfants ou des adolescents particulièrement sensibles au contexte de passation des épreuves (on connaît tous des patients qui présentent des effets plafond en séance mais qui, dès qu'ils sont en situation scolaire, sont incapables d'appliquer des règles pourtant connues), il est intéressant de travailler en situation de double tâche ou en imposant des contraintes de temps assez strictes. Ces situations, plus proches des conditions de passation en classe, favorisent le transfert des apprentissages. Par exemple, on peut dicter des phrases en demandant d'écrire mais aussi de mémoriser du matériel verbal, d'effectuer un jugement sur la phrase à écrire (plausible ou non), ou de résoudre des calculs simples.

CONCLUSION

Apprendre à orthographier, comme toute activité cognitive, monopolise des ressources attentionnelles. La quantité de ressources nécessaires pour effectuer une activité cognitive est définie comme étant le coût cognitif de cette activité. De la même manière, une activité physique intense va entraîner un coût énergétique qu'il faudra compenser en fournissant à notre organisme un apport alimentaire adéquat. Malheureusement, quand il s'agit de traitement cognitif, il n'est pas possible de bénéficier d'un apport complémentaire en ressources attentionnelles. Notre système de traitement de l'information est limité et ne peut donc gérer simultanément des processus qui requièrent une importante mobilisation de ressources. Ainsi, quand une activité a un coût cognitif très élevé, sa réalisation peut se faire aux dépens d'autres activités cognitives, en raison de la surcharge de la mémoire de travail qu'elle entraîne.

Le coût cognitif d'une activité varie en fonction de la difficulté de la tâche à effectuer et de son caractère automatique : une tâche peu exigeante et très automatique consomme peu de ressources. L'apprentissage du langage écrit, et plus particulièrement de l'orthographe, a un coût cognitif qui a des répercussions concrètes sur les performances des enfants. Quand on travaille avec des patients présentant des troubles d'acquisition du langage écrit, il est important de pouvoir distinguer les difficultés qui relèvent d'une surcharge cognitive, caractéristique d'un nouvel apprentissage, de celles qui sont reliées à des difficultés plus spécifiques. En effet, les modalités de rééducation ne sont pas les mêmes. Dans le premier cas, on observe une variation importante des performances en fonction de la demande de la tâche : on veillera alors à varier les modalités de production pour diminuer le coût cognitif. En revanche, dans le second cas, les difficultés persistent quelle que soit la demande de la tâche. Une rééducation ciblée sur ces difficultés s'avère alors nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, J.-R. (1982). Acquisition of cognitive skills. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- AUZIAS, M., CASATI, I., CELLIER, C., DELAYE, R., VERLEURE, F. (1977). *Ecrire à 5 ans*. Paris : PUF.
- BOURDIN, B. (1994). *Coût cognitif de la production verbale. Etude comparative oral/écrit chez l'enfant et chez l'adulte*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Bourgogne, France.
- BOURDIN, B. (1999). Mémoire de travail et production langagière : comparaison de l'oral et de l'écrit chez les adultes et les enfants. *L'Année Psychologique*, 99, 319-338.
- BOURDIN, B. (2002). Apprentissage de la gestion de la production et contraintes de capacité. In M. Fayol (Ed.). *Production du langage*. Paris : Hermès, pp. 149-167.
- BOURDIN, B., FAYOL, M. (1994). Is written language production more difficult than oral language production? A working memory approach. *International Journal of Psychology*, 29, 591-620.
- BOURDIN, B., FAYOL, M. (2000). Is graphic activity cognitively costly? A developmental approach. *Reading and writing*, 13, 183-196.
- CHANQUOY, L., ALAMARGOT, D. (2002). Mémoire de travail et rédaction de textes : Evolution des modèles et bilan des premiers travaux. *L'Année Psychologique*, 102, 363-398.

- CHANQUOY, L., ALAMARGOT, D. (2003). Mise en place et développement des traitements rédactionnels : le rôle de la mémoire de travail. *Le Langage et L'Homme*, 38 (2), 171-190.
- CHANQUOY, L., NEGRO, I. (1996). Subject-Verb agreement errors in written productions. Study in French children and adults. *Journal of Psycholinguistics Research*, 25, 553-570.
- COUSIN, M.-P., LARGY, P. (2000). Mise en place de l'accord en nombre chez l'enfant d'école primaire : Impact de l'âge d'apprentissage des mots. Communication présentée au XXVIIème Symposium de l'APSLF "La maîtrise du langage", Nantes, 14-16 Septembre.
- DU PASQUIER-GRALL, M.-A. (1990). L'évolution de l'écriture de l'enfant : point de vue clinique. In C. Sirat, J. Irigoien, E. Pouille (Eds.) *L'écriture : le cerveau, l'œil et la main*. Turnhout : Bibliogica : Elementia ab librorum Studia.
- ELLIS, A.W. (1982). Spelling and writing (and reading and spelling). In A.W. Ellis (Ed) *Normality and pathology in cognitive functions*. London : Academic Press.
- FAYOL, M. (1985). *Le récit et sa construction : Une approche de la psychologie cognitive*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- FAYOL, M. (1997). *Des idées au texte. Psychologie cognitive de la production verbale, orale et écrite*. Paris : P.U.F.
- FAYOL, M. (2002). *Production du langage*. Paris : Lavoisier.
- FAYOL, M., GOT, C. (1991) Automatisation et contrôle dans la production écrite. Les erreurs d'accord sujet-verbe chez l'enfant et chez l'adulte. *L'Année Psychologique*, 91, 187-205.
- FAYOL, M., HUPET, M., LARGY, P. (1999). The acquisition of subject-verb agreement in written French : From novices to experts' errors. *Reading and Writing*, 11, 153-174.
- GAONAC'H, D., LARIGAUDERIE, P. (2000). Mémoire et fonctionnement cognitif. La mémoire de travail. Paris : Armand Colin.
- HAYES, J.-R. et FLOWERS, L.S. (1980). Identifying the organization of writing processes. In W. Gregg & E.R. Steinberg (Eds.). *Cognitive processes in writing* (pp. 3-30). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- HAYES, J.-R. (1998). Un nouveau cadre pour intégrer cognition et affect dans la rédaction. In A. Piolat & A. Péliissier (Eds.). *La rédaction de textes. Approche cognitive*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, pp. 51-101.
- HUPET, M., FAYOL, M., SCHELSTRAETE, M.A. (1998). Effects of semantic variables on the subject-verb agreement processes in writing. *British Journal of Psychology*, 89, 59-75.
- HUPET, M., SCHELSTRATE, M.A., DEMAEGHT, N., FAYOL, M. (1996). Les erreurs d'accord sujet-verbe en production écrite. *L'Année Psychologique*, 96, 587-610.
- JEANNEROD, M., MICHEL, F., PRABLANC, C. (1984) The control of hand movements in a case of hemianaesthesia following a parietal lesion. *Brain*, 107, 899-920.
- KELLOGG, R.T. (1998). Un modèle de mémoire de travail dans la rédaction. In A. Piolat & A. Péliissier (1998). *La rédaction de textes. Approche cognitive*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, pp. 103-135.
- KLAPP, S., WYATT, E. P. (1976). Motor programming within a sequence of responses. *Journal of Motor-Behavior*, 8, 19-26
- LAMBERT, E., CHESNET, D. (2001). Novlex : une base de données lexicales pour les élèves du primaire. *L'Année Psychologique*, 101, 277-288.
- LARGY, P., FAYOL, M., LEMAIRE, P. (1996). The homophone effect in written French : The case of verb/noun inflection errors. *Language and Cognitive Processes*, 11, 217-255.
- LARGY, P. (2003). Du contrôle de l'orthographe grammaticale, 1^{ère} partie : du contrôle pré-graphique. *Le langage et l'homme*, 38 (2), 139-152.
- MAILLART, C. (1998). *L'acquisition de l'orthographe lexicale. Etude exploratoire dans une population illettrée*. Mémoire de licence en logopédie, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.
- MERVIS, C.B., JOHNSON, K.E. (1991). Acquisition of the plural morpheme. A case study. *Developmental Psychology*, 27, 222-235.
- NAZAROVA, L. (1952). Rôle des kinesthésies verbales dans l'apprentissage de la langue écrite. *Sov. Ped.*, 6.
- NEW, B., PALLIER, C., FERRAND, L., MATOS, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet : LEXIQUE. *Année Psychologique*, 101, 447 - 462.
- NUNES, T., BRYANT, P. AND BINDMAN, M. (1997). Morphological spelling strategies. *Developmental Psychology*, 33: 637 - 649.
- OLIVE, T., PIOLAT, A. (2003). Activation des processus rédactionnels et qualité des textes. *Le Langage et l'Homme*, 38 (2), 191 - 206.
- PIOLAT, A., PÉLISSIER, A. (1998). *La rédaction de textes. Approche cognitive*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- PIRON, V., TONNEAU, J. (1990). *Construire son savoir-lire, savoir-écrire*. Namur : Erasme.
- PERRUCHET, P., PACTON, S. (2004). Qu'apportent à la pédagogie les travaux de laboratoire sur l'apprentissage implicite ? *Année Psychologique*, 104, 121-146.
- POTHIER, B. (1996). *Comment les enfants apprennent l'orthographe. Diagnostic et propositions pédagogiques*. Paris : Retz, Nathan.
- SCARDAMALIA, M. et BEREITER, C. (1987). Knowledge telling and knowledge transforming in written composition. In S. Rosenberg (Ed.). *Advances in applied psycholinguistics : Vol. 2. Reading, writing, and language learning* (pp. 142-175). Cambridge : Cambridge University Press.
- SIMON, J. (1973). *La langue écrite de l'enfant*, Paris : P. U. F.
- TERS, F., REICHENBACH, D., MAYER, G. (1975). *L'échelle Dubois-Buyse d'orthographe usuelle française*. Paris : OCDL.

- TOTEREAU, C., THÉVENIN, M.G, FAYOL, M. (1997). Acquisition de la morphologie du nombre à l'écrit en français. In L. Rieben, M. Fayol, C.A.Perfetti (Eds.). *Des orthographes et leur acquisition*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, pp. 147-165.
- VAN GALEN, G.P. (1990) Phonological and motoric demands in handwriting: evidence for discrete transmission of information. *Acta Psychologica*, 74, 259-275.
- ZESIGER, P. (1995). *Ecrire. Approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. Paris : PUF.

ANNEXE 1 : ÉVALUATION DU COÛT COGNITIF (MAILLART, 1998)

I. DESCRIPTION DU MATÉRIEL

Des mots réguliers, bisyllabiques, comportant 5 ou 6 lettres ont été sélectionnés dans le vocabulaire orthographique de base afin d'être maîtrisés dès la fin de la première année d'apprentissage. Ces mots ont été répartis dans deux listes parallèles constituées sur base du nombre de lettres, du nombre de phonèmes et du nombre de voisins orthographiques. Si cette épreuve est une adaptation des épreuves de Bourdin*, elle en diffère cependant sur certains points. Dans l'épreuve initiale, la condition écrite stricte est en réalité une condition d'épellation. Mais, demander d'épeler un mot est une activité inhabituelle qui, si elle permet d'être un reflet de la connaissance orthographique du mot, peut aussi être une source d'erreurs (passage par la production orale, méconnaissance du nom des lettres, absence de contrôle visuel,...). Il nous semblait que signifier explicitement, par la pénalisation des erreurs, l'importance d'une orthographe correcte était suffisant. En outre, plusieurs variables psycholinguistiques ont été contrôlées : le voisinage orthographique (un mot qui n'a pas de voisins proches est plus facilement écrit correctement que s'il possède de nombreux voisins), le nombre de lettres à produire (pour neutraliser le coût graphique et imposer une charge identique au buffer graphémique) et le nombre de phonèmes contenus dans chaque mot (cette variable permet de neutraliser des effets éventuels de charge au niveau du buffer phonologique mais aussi de tenir compte de la complexité orthographique). Enfin, la catégorie grammaticale a été neutralisée (tous les items sont des noms) ainsi que le caractère régulier du matériel orthographique (les premiers mots acquis étant en grande majorité réguliers, cette variable n'a pas pu être manipulée plus précisément, faute d'items irréguliers suffisants).

II. PROCÉDURE

L'expérimentateur présente les listes de mots dans un ordre ascendant à raison d'un mot par seconde. A la fin de chaque série, il demande de rappeler les mots de la liste en respectant leur position sérielle. Les sujets disposent d'un temps non limité pour ce rappel. Pour une longueur donnée, chaque sujet restitue une série à l'oral et une à l'écrit, l'ordre étant contrebalancé. Le protocole se trouve ci-dessous.

III. CONSIGNES :

Condition orale : *Je vais te lire une liste de mots. A la fin de chaque liste, tu devras rappeler oralement ces mots dans l'ordre où je te les ai lus. Par exemple, si je te dis "crayon-chaise", tu devras dire "crayon" et puis "chaise" et non "chaise", "crayon". C'est important de les rappeler dans le bon ordre. Si tu oublies un mot, tu me le signales et tu passes au mot suivant".*

Condition écrite stricte : *"Je vais te lire une liste de mots. A la fin de chaque liste, tu devras rappeler par écrit ces mots dans l'ordre où je te les ai lus. Par exemple, si je te dis "crayon-chaise", tu devras écrire "crayon" et puis "chaise" et non "chaise", "crayon". C'est important de les rappeler dans le bon ordre. Si tu oublies un mot, tu me le signales et tu passes au mot suivant. Attention, tu dois faire attention à l'orthographe des mots, seuls les mots écrits correctement seront comptés comme exacts".*

IV. MINI NORMES

Le tableau ci-dessous présente les données contrôles obtenues chez 24 enfants répartis dans trois années scolaires différentes. Le coût cognitif est obtenu en faisant le rapport entre les performances en réponse écrite et orale. Plus la valeur obtenue se rapproche de zéro, plus le coût cognitif est considéré comme important.

Tableau I: performances moyennes obtenues dans une population contrôlée (déviations standard entre parenthèses)

	Réponse orale	Réponse écrite	Coût cognitif
1 ^{ère} année (n=8)	3 (0)	0,625 (1,19)	0,21 (0,4)
2 ^{ème} année (n=8)	3,5 (0,53)	2 (0,93)	0,57 (0,26)
4 ^{ème} année (n=8)	3,875 (0,83)	3,125 (0,64)	0,82 (0,16)

V. PROTOCOLE

Liste 1	Réponses	Liste 2	Réponses
moto		auto	
lion		mari	
bébé		papa	
jeudi		lundi	
bateau		bonbon	
vélo		café	
maman		avion	
chemin		moulin	
bouton		orange	
image		usine	
bureau		cheveu	
malade		carton	
orage		école	
poupée		dessin	
mouton		maison	
cadeau		oiseau	
retour		dictée	
soleil		camion	
cheval		figure	
sapin		lapin	
chemise		minute	
bonsoir		calcul	
demain		coucou	
avril		arbre	
papier		mardi	
ami		été	
voleur		cabine	

ANNEXE 2: LISTE DES MOTS FONCTIONNELS LES PLUS FRÉQUENTS

(d'après Piron et Tonneau, 1990)

Le tableau II ci-dessous fournit une liste des mots fonctionnels les plus fréquents (44 % des occurrences). Notons que la maîtrise de l'orthographe de certains de ces mots implique des connaissances grammaticales. Si on ajoute les mots présentés au tableau III, on obtient 54 % des occurrences.

Tableau II

À, au, aux	Il, ils	nous	Soi
Avoir (v.)	Je, me, moi	On	Son, sa, ses
C', ce, cet, cette, ces	l', le, la, les (art. et pron.)	Ou	Ton, ta, tes
D', de, du, des	Mon, ma, mes	Où	Tu, te, toi
Elle, elles	Ne	Pas (adv.)	Un, une (art. et adj. Num)
En (prép. Et pron.)	Ne...pas	Que (conj., rel., et interr.)	Votre, vos
Et	Ne...que	Qui (re. Et interr.)	Vous
Être (v.)	Notre, nos	S', se	Y

Tableau III

Aller (v.)	Dans	Femme	Par	Savoir (v.)
Autre	Deux	Grand	Petit	Si (conj. et adv.)
Avec	Dire (v.)	Homme	Plus	Sur (prép.)
Avoir (n)	Donner (v.)	Jour	Pour	Tout, tous, toute, toutes
Bien	Enfant	Leur, leurs (adj. et pron.)	Pouvoir (v. et n.)	Venir (v.)
Bon	Etre (n.)	Lui (pron.)	Prendre (v.)	Voir (v.)
comme	Faire (v.)	Mais	Sans	Vouloir (v.)