

Université Lumière – Lyon 2
Institut de Psychologie
Ecole doctorale de Sciences Cognitives
Doctorat de Neuropsychologie

***Les effets d'Age d'Acquisition de la forme
orthographique des mots : illusion ou
réalité ?***

Présentée et soutenue publiquement par

Nathalie DECOPPET

le 12 décembre 2005

Directeur de recherches : Docteur Tatjana Nazir

Jury : M. Ram Frost (Rapporteur) M. Ludovic Ferrand (Rapporteur) M. Olivier Koenig M. Bernard
Lété Mme. Tatjana Nazir (Directeur)

Table des matières

Résumé .	1
Remerciements . .	3
INTRODUCTION .	5
I.1. L'apprentissage de la lecture : apport des Sciences Cognitives . .	5
I.1.1. Caractéristiques des Systèmes d'Ecrit . .	5
I.1.2. Développement des bases cognitives de la lecture. . .	9
I.2. Le tribut de l'expertise : la rigidité fonctionnelle des réseaux sous-tendant l'apprentissage. . .	16
I.2.1. Limites des apprentissages dans les réseaux de neurones artificiels : l'exemple des modèles Hebbiens. . .	17
I.2.2. Une mesure empirique de la rigidité fonctionnelle des apprentissages linguistiques : les effets d'Age d'Acquisition. . .	18
I.3. Objectif des recherches présentées. . .	32
II. Contribution expérimentale : Première partie. .	35
II.1. Influence de l'âge d'acquisition de la forme orthographique des mots dans les langues idéographiques : L'exemple du Japonais. . .	35
II.1.1. Introduction .	35
II.1.2. Matériel et Méthode. .	39
II.1.3. Résultats. . .	42
II.1.4. Discussion .	46
II.2. Evolution de l'AdA _{ortho} suivant l'âge chronologique et le niveau d'expertise en lecture : Approche empirique de l'hypothèse de la fréquence cumulée sur la reconnaissances des mots écrit. . .	49
II.2.1. Introduction .	49
II.2.2. Matériel et Méthode. .	51
II.2.3. Résultats .	57
II.2.4. Discussion .	64
II.2.5. Conclusion. .	69
II.3. Discussion et conclusion des deux premières études .	70

III. Contribution expérimentale : Seconde Partie . .	75
III.1. Influence de l'étendue des connaissances lexicales sur l'installation des effets d'AdAortho : le cas des enfants intellectuellement précoces .	75
III.1.1. Matériel et Méthode .	77
III.1.2. Résultats . .	79
III.1.3. Discussion .	87
III.2. Développement des connaissances orthographiques et installation des effets d'AdAortho : apports de l'approche psychophysique .	89
III.2.1. Introduction . .	90
III.2.2. Description empirique des effets d'AdA _{ortho} suivant la position de fixation du regard dans le mot chez les jeunes lecteurs .	96
III.2.3. Approche théorique des circonstances favorisant l'installation des effets d'AdA _{ortho} . .	111
IV. Discussion Générale . .	129
IV.1. Les effets d'AdA _{ortho} dans les langues alphabétiques : une réalité. . .	130
IV.2. Apprentissage artificiel, apprentissage naturel : perspectives pour l'enseignement de la lecture. . .	133
Bibliographie . .	137
Annexe 1. Amplitude des effets d'AdA suivant la nature des tâches et le degré de profondeur des langues dans lesquelles elles ont été proposées. . .	147
Annexe 2 Détail des mesures utilisées pour l'appariement des caractères Kanji Japonais. . .	151
Annexe 3. Caractéristiques des stimuli utilisés dans la seconde étude. .	155
Annexe 4. Simulation des temps de réaction de la seconde étude au moyen du modèle d'accumulation des instances de Lewis (1999ab, 2001). .	161
Annexe 5. Liste des stimuli inclus dans la quatrième étude. . .	175

Résumé

Au cours des vingt dernières années, un nombre croissant de recherches se sont attachées à démontrer empiriquement l'existence d'une influence indépendante de l'âge auquel les mots ont été appris dans l'enfance sur les capacités ultérieures de reconnaissance et de production de ces mots à l'âge adulte. Le réexamen de ces données dans une perspective connexionniste a toutefois conduit Zevin et Seidenberg (2002) à mettre sévèrement en cause la robustesse de ces précédentes démonstrations dans le champ de la lecture experte. Les effets d'Age d'acquisition (AdA) ont alors été décrits comme la conséquence exclusive des apprentissages par mémorisation d'associations arbitraires de patterns, très éloignés des processus d'acquisition des appariements grapho-phonémiques dans les langues alphabétiques. Nos travaux reviennent sur cette position radicale en proposant une approche empirique et théorique du phénomène de l'AdA et de ses origines, spécifiquement centrée sur la description de l'impact de l'AdA de la forme orthographique des mots. Les résultats obtenus auprès d'enfants ou d'adultes, et pour différentes langues, encouragent la réhabilitation des effets d'AdA sur le traitement visuel des mots, mais confirment également que l'influence résiduelle de l'AdA dépend des possibilités de réinvestissement des connaissances antérieures au moment des acquisitions nouvelles. Ces observations ont été discutées en référence à l'approche classique du développement de la lecture soutenue par les modèles connexionnistes parallèles et distribués, et quelques perspectives pour l'entraînement à la lecture ont été dégagées.

Age d'acquisition – Mémoires orthographiques – Apprentissage - Développement

Remerciements

Pour sa confiance, son soutien et ses relectures attentives et critiques des recherches présentées ici, mes sincères remerciements vont à Tatjana Nazir, sans qui ce travail n'aurait pu aboutir.

Je souhaite encore remercier le professeur Ram Frost, pour ses avis scientifiques aussi précieux qu'indispensables, ainsi que Nadia Benboutayeb, Sonia Michalon, Clara Martin et Véronique Boulenger pour les moments d'échange constructifs autour du présent travail et pour leur soutien incondicional.

Mes remerciements s'adressent enfin à l'ensemble des personnes mentionnées ci-dessous, pour leur précieux concours et active participation à ces recherches :

- Dominique Baratier, de la Direction de l'Enseignement Catholique de Lyon, pour son implication active dans cette recherche, à travers son écoute attentive et ses remarques pertinentes ainsi que par le précieux rôle d'intermédiaire qu'elle a accepté de jouer entre notre équipe et les membres des équipes pédagogiques de plusieurs écoles concernées par cette recherche.
- Mme Durand (Directrice de l'Ecole Primaire Privée Sainte Marie, Lyon) pour son accueil, ses remarques pertinentes et constructives, et l'équipe enseignante du CE2, CM1 et CM2 de l'Externat Sainte Marie, pour leur disponibilité et leur aide précieuse.
- M. Bouchacourt (Responsable du Collège Privé Sainte Marie, Lyon), Mlle Champel (Responsable 1er Cycle au Collège Privé Sainte Marie, Lyon) pour le soutien apporté à notre recherche, et Mlle Leblanc (Educatrice, Collège Privé Sainte Marie, Lyon) pour son accueil chaleureux, son intérêt pour notre démarche et sa grande disponibilité.
- Toute la chaleureuse et dynamique équipe de l'école Notre-Dame de Marcy l'Etoile, pour sa réelle motivation à prendre part à ce projet.
- Madame Hannappe (Directrice de l'Ecole Primaire Privée Saint François, Douvaine), et Denis (Instituteur de la classe de CM2, l'Ecole Primaire Privée Saint François, Douvaine), pour leur gentillesse et leur soutien,
- Mme Bocard (Directrice du Collège Public Arthur Rimbaud, Saint Julien en Genevois) pour son accueil et son intérêt pour la présente recherche, et Mme Luguern (Professeure de Français, chargée de la classe de 6ème, Collège Public Arthur Rimbaud, Saint Julien en Genevois), pour son active collaboration lors de la sélection des élèves.
- Le Docteur Pierre Fournere, pour avoir suggéré d'étendre les présentes recherches aux enfants intellectuellement précoces et pour les fructueux échanges qui s'en sont suivis,
- Lionel Granjon, Guillaume Mallet et Vincent Siles pour leur contribution à la conception du support technique nécessaire à la réalisation de plusieurs études,
- Mon méritant comité de relecture, David Auclair, François Brunel, Guillaume Mallet,

Valérie Regol, Suzanne Schmid-Decoppet et Jacqueline Schmid pour leur minutieux travail de correction du manuscrit, ainsi que Anne Samec pour son aide indispensable dans les toutes dernières minutes,

- Enfin, toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont permis par leur présence et leur soutien d'aller au bout de ce travail.

INTRODUCTION

I.1. L'apprentissage de la lecture : apport des Sciences Cognitives

I.1.1. Caractéristiques des Systèmes d'Écrit

I.1.1.1. Naissance et classification des systèmes d'écriture : un bref aperçu.

Galets peints, bâtons incisés et peintures de la Préhistoire sont autant de témoignages de l'ancienne volonté des hommes de communiquer par des signes visibles et mémorisables. L'écriture reste cependant une invention récente à l'échelle de l'histoire de l'Humanité, née d'une innovation de la civilisation du Tigre et de l'Euphrate transmise à celle du Nil quelques 3000 ans avant l'avènement de l'ère Chrétienne (André-Salvini, Berthier, Geoffroy-Schneiter & Zali, 2000). Les vingt-cinq systèmes d'écriture de notre civilisation actuelle sont le produit d'une longue succession d'emprunts et d'adaptations imposés par les particularités des langues orales transcrites. Conséquence de cette évolution, nos systèmes s'organisent aujourd'hui entre les écritures idéographiques regroupant les systèmes mésopotamiens, égyptiens, chinois, méso-américains et

africains, et les écritures phonographiques, rassemblant les systèmes alphabétiques, consonantiques, vocaliques et syllabiques. Les scripts appartenant au premier ensemble reposent sur l'usage d'idéogrammes, signes pictographiques abstraits ou symboliques chargés de transmettre le sens d'un concept, sans référence directe à sa valeur phonétique. Les écrits répertoriés dans le second groupe sont quant à eux fondés sur l'utilisation de phonogrammes ou signes-sons sans signification. Pour ce qui les concerne, les systèmes alphabétiques, au nombre desquels compte le Français, se sont développés sous l'impulsion des deux événements majeurs : l'invention d'un alphabet consonantique par des locuteurs de langue sémitique entre 1700 et 1800 avant Jésus Christ d'une part, et la création de caractères représentant les voyelles par les grecs entre 800 et 700 avant Jésus Christ d'autre part¹. Attribuée au groupe linguistique sémitique du nord ouest comprenant les cananéens, les phéniciens et les hébreux, la nationalité exacte du ou des inventeurs de l'alphabet reste encore indéterminée à ce jour. Pour autant, l'influence de l'écriture égyptienne semble devoir ne faire aucun doute. Ainsi que précisé par Joffe (2002), ces emprunts sont particulièrement visibles dans le premier alphabet proto-sinaïque ou proto-canannéen comprenant une variété de signes adaptés des hiéroglyphes et pictogrammes égyptiens pour la transcription des valeurs phonétiques du sémitique. Cette mise en relation des unités sonores minimales de la parole ou *phonèmes*², avec des unités graphiques minimales ou *graphèmes*³, définit le principe alphabétique. L'appariement de ces deux ensembles d'unités restreints (exemple : environ 130 graphèmes et 36 phonèmes en Français) débouche alors sur la création d'un nombre potentiellement infini d'unités plus larges, les mots, conférant aux systèmes alphabétiques une singulière *productivité*, qui les distingue des écritures de type idéographique.

A un niveau de classification plus fin, le degré de systématisation dans l'association des formes écrites et orales détermine la *transparence* ou l'*opacité* des systèmes alphabétiques. Les langues *transparentes* ou *superficielles* se distinguent par la stabilité relative de leurs relations grapho-phonémiques, un phonème étant systématiquement représenté par le même graphème, chaque graphème étant par ailleurs associé à une prononciation unique. Les règles de correspondances unissant les graphèmes aux phonèmes présentent davantage d'irrégularité dans les écritures *opaques* ou *profondes* et ne sont directement applicables que sur une portion restreinte du corpus linguistique. Dans ces systèmes, dont le Français est un exemple, la référence phonématique cesse

¹ Tiré de: *Theories of the origin of the alphabet*, Encyclopædia Britannica Premium Service, <http://britannica.com>, 2005.

² Le *phonème* est l'élément minimal, non segmentable, de la représentation phonologique d'un énoncé, dont la nature est déterminée par un ensemble de traits distinctifs. Chaque langue présente, dans son code, un nombre limité et restreint de phonèmes (une vingtaine à une cinquantaine selon les langues) qui se combinent successivement, le long de la chaîne parlée, pour constituer les signifiants des messages et s'opposent ponctuellement, en différents points de la chaîne parlée, pour distinguer les messages les uns des autres. [...] Le phonème Français /a/ s'oppose à /i/, /e/, [...], /y/, /u/, /o/ [...] comme le montre la série minimale *la, lis, les, lait, lu, loup, lot, las*, etc. (Dubois, Giacomo, Guespin, Marcellesi, Marcellesi & Mevel, 1994)

³ Le Graphème est l'ensemble minimal de lettres transcrivant un phonème (ex. *en, an, em...* pour /ã/) ou ayant une fonction morphologique (ex. *s* du pluriel) ou étymologique (p. ex. *p* et *s* dans *temps*). (Dendien J. & Pierrel, 2003). Nous distinguons ici les *graphèmes* des *lettres*, faisant référence aux signes graphiques simples de l'alphabet, au nombre de 26 en Français.

donc d'être le garant d'une écriture correcte, laquelle serait davantage tributaire de la mémorisation des formes visuelles. Nous verrons toutefois par la suite qu'un tel présumé mérite d'être nuancé.

I.1.1.2. Spécificité du système orthographique Français.

Si l'on considère que près de 3500 caractères distincts sont assimilés par les enfants chinois au cours de leur scolarité élémentaire, force est de convenir que le principe de *productivité* allège considérablement l'acquisition des langues alphabétiques. En contrepartie, l'économie cognitive réalisée peut se révéler particulièrement coûteuse pour certains aspects du traitement de l'écrit, et ce tout particulièrement dans les langues à structure opaque.

En Français comme dans d'autres systèmes linguistiques, la progression de l'enfant vers l'écrit est d'abord complexifiée par la nature abstraite des phonèmes qui complique leur isolation dans la chaîne parlée et par voie de cause à effet leur association avec la forme écrite appropriée. En effet, les phonèmes ne correspondent pas à un son isolé, mais à une somme de différences acoustiques et articulatoires retenues par la langue comme significatives. Dans leur réalisation sonore, ces unités distinctives sont en outre sujettes à une grande variabilité, associée à l'état psychologique du locuteur, son origine régionale, sociale, à son débit de parole, et ainsi de suite. L'inconstance des relations entre forme écrite et orale est de surcroît amplifiée par les modifications induites par la juxtaposition des sons dans la chaîne parlée dont les *élisions* et les *assimilations* sont les exemples les plus fréquents. Les sons élidés disparaissent ainsi purement et simplement du discours (ex: « *quatr e avril* » prononcé « *quatr'avril* »), tandis que d'autres sons subissent les transformations imposées par les mécanismes de co-articulation, assimilant l'une des caractéristiques phonologiques d'un son voisin. Pour illustrer ce dernier point, on peut citer l'exemple du mot « *a b solution* » qui devient « *a p solution* » à l'oral en raison de la transmission du non voisement de la fricative sourde /s/ à l'occlusive sonore /b/, alors dévoisée en occlusive sourde /p/ ⁴. Finalement, la prononciation des morphèmes situés en frontière de mot, (i.e. : inflexions marques de pluriel ou de féminin) n'est pas non plus systématique, n'étant effective qu'en cas de liaison.

Partant à présent du versant écrit, l'usage des graphèmes chargés de transcrire les phonèmes est strictement défini par des lois de position, dont le fondement est plus ou moins arbitraire. Le graphème « s » codant habituellement le son /s/ se trouve ainsi associé au son /z/ chaque fois qu'il est situé en position intervocalique. D'autres part, plusieurs graphies sont généralement susceptibles de transcrire un seul et même phonème. Regroupés en ensembles, ces candidats sont représentés par un *archigraphème*, graphème de base le plus fréquent non tributaire des lois de position (ex : le graphème « è », recouvrant 61% des transcriptions du phonème /ɛ/ a été choisi comme *archigraphème* du groupe « è », « ai », « ei », « e », chargé de transposer ce son à l'écrit). Il faut encore noter qu'un même graphème peut appartenir à plusieurs groupes comme c'est le cas de « c », relevant de l'archigraphème S dans « ciel » et de l'archigraphème C dans « cactus ». On citera pour finir la présence occasionnelle de

⁴ Exemple emprunté à Bruxelles, Grangette, Guinamard & Van der Veen, *non daté*.

lettres historiques ou étymologiques, qui entretiennent un lien ténu avec l'actuel système de langue et ne remplissent aucune fonction particulière (ex : le graphème « x » à la fin de *mieux*, le redoublement des consonnes dans *terrible*).

Les points soulevés dans les précédents paragraphes sont autant d'obstacles susceptibles de freiner l'entrée des enfants Français dans la lecture. Précisément, il ressort d'une récente étude de Seymour, Aro et Erskine (2003) sur un échantillon représentatif de langues européennes que les bases de la lecture se mettent en place plus rapidement dans les systèmes transparents que dans les systèmes opaques. Du point de vue de ces auteurs, si l'assimilation du principe alphabétique constituerait le pré-requis nécessaire et suffisant à la maîtrise des premiers, la complexité des suivants imposerait le développement d'un système de traitement complémentaire basé sur la morphologie. Davantage de ressources attentionnelles et cognitives seraient alors mobilisées par la co-existence de ces deux procédés, différant l'installation des routines de traitement efficaces du matériel écrit. D'autres auteurs mettent cependant en avant le fait que les relations grapho-phonémiques des langues alphabétiques, même opaques, ne répondent que partiellement à des principes arbitraires et que les langues de ce groupe possèdent une structure interne suffisamment riche pour que les enfants puissent en détecter les régularités statistiques, allégeant de ce fait le coût cognitif de l'apprentissage. Dans ce contexte, la traditionnelle dichotomie opposant les mots réguliers et irréguliers dans les langues opaques a été sévèrement questionnée par les travaux de Seidenberg et collaborateurs (Seidenberg et McClelland, 1989; Jared, McRae & Seidenberg, 1990; Plaut, McClelland, Seidenberg & Patterson., 1996). Au concept princeps de régularité (i.e. compatibilité d'un mot donné avec le système de règles décrivant les correspondances grapho-phonémiques les plus fréquentes de la langue à laquelle il appartient), ces auteurs ont substitué celui de *consistance*, décrivant le niveau de cohérence entre la prononciation d'un mot cible et celle des mots de transcription équivalente dans la langue. A chaque mot d'une langue, régulier ou non, correspond un certain nombre d'« amis », écrits et prononcés de manière similaire, et d'« ennemis », transcrits de manière équivalente mais prononcés différemment. Par exemple, un mot comme *fil*le [fij] va compter des "amis" de type *bille*, *quille*, *trille*, *pille*, *brille* [- ij] et des « ennemis » de type *mille*, *ville* [- il]. Le calcul de la fréquence cumulée des « amis » et « ennemis » permet d'estimer la contribution de l'effet de consistance au traitement des mots écrits. Ainsi, des "ennemis" en nombre négligeable auront vraisemblablement peu d'impact sur l'élaboration de la prononciation d'un item inconsistant possédant un grand nombre d'amis. En revanche cette influence deviendra plus conséquente pour les mots *ambigus*, associés à un nombre équivalent d'« amis » et d'« ennemis ». On notera tout particulièrement que dans cette approche, seuls les mots possédant une majorité d'« ennemis » et très peu d'« amis » constituent des *exceptions*. Ainsi, un certain nombre d'items constituant des exceptions en regard des principes de régularité grapho-phonémiques se trouvent ici considérés comme *ambigus*, ce qui les rend plus compatibles avec les principes d'organisation générale de la langue concernée.

Vu sous cet angle, le développement de la médiation phonologique - secondé par le contrôle de la production à partir des informations disponibles dans le lexique oral - suffirait à assurer aussi bien l'assimilation des règles grapho-phonémiques générales que l'acquisition de la prononciation des mots irréguliers, rendant superflu le recrutement d'un

système annexe basé sur les informations morphologiques. A terme, des associations robustes seraient établies entre les unités orthographiques en phonologiques, favorisant la construction du lexique orthographique responsable de la reconnaissance automatique des mots écrits. Comme nous le verrons par la suite, ce principe fait partie des concepts fondamentaux de l'apprentissage des langues tel qu'il est décrit par les modèles connexionnistes.

L'automatisation des stratégies et l'installation d'un réseau neuronal fonctionnel pour l'exercice de la lecture experte sont le résultat d'une longue maturation qui s'amorce pour la majorité des enfants dès l'entrée à l'école primaire. Ainsi que nous le développerons dans le chapitre suivant, l'état actuel des connaissances permet d'ores et déjà de construire un tableau relativement précis des transformations comportementales de l'apprenti lecteur au cours du temps, par recoupements successifs des apports de la psychologie expérimentale, des modélisations connexionnistes et de l'imagerie cérébrale.

I.1.2. Développement des bases cognitives de la lecture.

I.1.2.1. Apport de la Psychologie Cognitive : l'apprentissage par étapes.

Dans la tradition des recherches sur le développement de l'enfant, l'acquisition de la lecture a longtemps été envisagée comme une succession d'étapes définies par les stratégies transitoires adoptées par l'enfant au cours de son apprentissage, consécutivement à l'augmentation de ses capacités cognitives. Les paragraphes suivants reprennent les principes développés par cet important courant de pensée au travers de la présentation de quelques modèles parmi les plus influents de leur génération.

La majorité des modèles proposés à la fin des années 80 respectent la logique générale du postulat de Frith (1985), devenu célèbre. Le stade *logographique* serait ainsi la première marche conduisant à la lecture experte. A ce moment, le mot n'est rien de plus pour le pré-lecteur qu'un objet visuel parmi tant d'autres, que ses connaissances ne lui permettent pas de mémoriser autrement que par la sélection arbitraire d'un indice discriminant. Dans la conception de Gough et Juel (1989), les tout premiers mots seraient assimilés à partir d'une procédure d'association de paires, stratégie caractérisant le stade de *l'association sélective*. Les enfants entreraient donc dans l'écrit en analysant les mots à la recherche d'un trait visuel distinctif, constitué par la lettre située à l'une des extrémités de la séquence, la forme particulière des caractères ou encore le nombre de lettres nécessaires à la transcription du mot. Une rencontre ultérieure avec l'indice sélectionné déclencherait la restauration automatique de la réponse associée en mémoire, et, en cas d'identification correcte, l'association serait maintenue. Cette technique permettrait l'«apprentissage» d'une quarantaine de mots, avant que les difficultés de sélection de traits distinctifs inédits et l'amenuisement des ressources mnésiques ne la rendent problématique. En substance, cette stratégie présente de fortes similitudes avec les *conjonctures linguistiques (linguistic guessing)* du fameux modèle de Marsh, Friedman, Welch et Desberg (1981), décrivant la mise en relation d'un aspect particulier du stimulus avec une réponse verbale. Pour Marsh et al., cette période préparerait le niveau supérieur des *conjonctures basées sur le réseau discriminant (discrimination net guessing)*, dans

lequel apparaîtraient les prémisses de la sensibilité pour les indices graphémiques communs entre mots nouveaux et mots connus.

Pour utiles qu'ils soient, les processus décrits ci-dessus ne peuvent être que transitoires, dans la mesure où ils sont gouvernés par des principes trop rudimentaires pour être directement compatibles avec les fondamentaux de la lecture proprement dite. Outre la complexité croissante entretenue par l'introduction de chaque mot nouveau, l'utilisation des associations établies est restreinte au matériel verbal familier. Le caractère arbitraire de ces paires exclut par ailleurs toute forme de généralisation, tandis qu'il renforce la propension à l'oubli. Ces limites, coïncidant avec la maturation des processus cognitifs, dont la conscience phonologique, exercent une pression sur l'enfant qui le pousse à adopter un nouveau procédé, basé sur le principe *alphabétique*. Ce n'est généralement que parvenu à ce stade que l'enfant se voit conférer le statut de lecteur. A ce moment, l'enfant construit sa connaissance explicite des phonèmes, de leurs correspondances avec les lettres et les graphèmes, ainsi que de leurs combinaisons dans les mots. Cette étape correspond plus ou moins à celle du *cipher* orthographique de Gough et Juel (1989), terme générique désignant la connaissance d'un ensemble de principes nécessaires à l'établissement des correspondances entre lettres et sons, acquis de manière implicite ou par le biais d'un mécanisme analogique⁵. La maîtrise du *cipher* constituerait l'étape critique de l'acquisition de la lecture, bien qu'elle ne marque pas la fin du développement de la reconnaissance des mots. Pour Ehri et collègues (Ehri & Wilce, 1985, 1987 ; Ehri, 1989), le décodage ne procéderait toutefois pas immédiatement de la lecture par indices visuels mais en serait séparé par une phase intermédiaire dite de *lecture par indices phonétiques*. Durant cette étape, l'enfant continuerait à appuyer sa « lecture » sur des indices spécifiques plutôt que sur une transcription complète du mot, mais ces indices correspondraient davantage aux noms ou sons associés aux lettres qu'à leurs propriétés visuelles saillantes. Un premier lien serait ainsi établi entre écriture et prononciation. Bien que le caractère systématique des associations entre orthographe et prononciation facilite la rétention des indices phoniques, la lecture par indices phonétiques ne favoriserait pas davantage le principe de généralisation que les associations visuelles décrites plus haut. Ehri rejoint ainsi Gough sur le caractère essentiel de l'acquisition des capacités de décodage pour la construction du lexique mental, l'assimilation des correspondances de graphèmes à phonèmes étant considérée comme *sine qua non* de la mémorisation des représentations visuelles des mots. Finalement, Marsh et al. (1981) introduisent une distinction entre *décodage séquentiel*, système primitif de règles combinatoires utilisé dans le déchiffrement de mots nouveaux, et *décodage hiérarchique*, niveau élaboré dans lequel les variations contextuelles dans la transcription phonique des graphèmes sont intégrées. Parvenu à ce stade, l'enfant serait doté d'un système de lecture efficace, dont la structure correspond en substance à celle

⁵ Les « règles » du *cipher* surpassent en nombre les règles phoniques, mais leur mise en œuvre semble plus rapide et moins laborieuse. Bien que la nature du *cipher* reste partiellement indéterminée, sa maîtrise est plus aisément quantifiable, en cela qu'elle est directement reflétée par la capacité des enfants à prononcer les pseudo mots (Gough & Juel, 1989). Le *cipher* est internalisé par le biais du processus de *cryptanalyse*, engagé sur la base de quatre pré requis : la conscience de l'existence du système de correspondance entre oral et écrit, l'intégration de la fonction des lettres et des phonèmes au sein de ce système et la confrontation à des paires associant forme écrite et orale d'un mot.

des adultes experts.

Chacune de ces stratégies, utilisée sur des intervalles de temps plus ou moins étendus, céderait progressivement la place à la suivante après une éventuelle période de coexistence. Les données expérimentales suggèrent que l'étape logographique est achevée dès la fin de la première année des apprentissages formels de la lecture, si toutefois elle a réellement été nécessaire aux enfants à moment donné de leur évolution (voir par exemple Aghababian, 1998, thèse non publiée, Aghababian & Nazir, 2000 ; Sprenger-Charolles, Siegel & Bonnet, 1998). Après 5 années d'enseignement de la lecture, les enfants n'ont toutefois pas encore atteint un niveau de performance aussi élevé que celui des adultes experts (Aghababian et Nazir, 2000 ; Nazir, Decoppet & Aghababian, 2003).

Les modèles développementaux de la lecture ont été le point de départ de très nombreuses démarches empiriques dont la synthèse dépasserait largement l'objectif de l'aperçu théorique présenté ici. Nous nous contenterons donc de rappeler que ces théories ont classiquement été formulées sans référence particulière aux processus cérébraux en cause, laissant un voile d'obscurité sur les mécanismes d'appréhension et d'assimilation des informations visuelles relatifs à chacune des étapes déterminées. D'un point de vue plus conceptuel, en outre, la notion d'*étape* typiquement associée au développement moteur, cognitif ou perceptif n'est pas obligatoirement transposable à la lecture, produit d'une évolution culturelle plutôt que biologique. L'avènement des modèles connexionnistes a encouragé les approches plus explicites des principes fondamentaux de l'appréhension de la lecture, en offrant les moyens formels de repenser les postulats intuitifs de représentation, acquisition et utilisation des connaissances. La lecture y est essentiellement abordée sur la base du constat d'*intégration progressive* des informations. Les apparents changements de stratégie définissant les « étapes » de l'apprentissage sont entièrement attribués à la pression environnementale induite par la quantité et la complexité des informations rencontrées et intégrées, sans plus être associés à un changement qualitatif dans l'analyse de l'écrit.

I.1.2.2. Apport des modèles connexionnistes : l'apprentissage dynamique continu.

Comprendre l'origine, les conséquences physiques, le décours temporel et l'impact des changements sont autant d'enjeux pour le chercheur concerné par l'acquisition de la lecture et par le développement en général. Les réseaux connexionnistes offrent une occasion unique de surveiller l'installation progressive de l'expertise dans un environnement interactif sous l'influence d'un algorithme d'apprentissage déterminé. D'après la description de Christiansen et Chater (1999) les modèles connexionnistes représentent une avancée considérable face aux approches traditionnelles du traitement des langues du fait notamment de leurs capacités d'*apprentissage* et de *généralisation*. La structure interne de ces modèles n'est en effet pas pré-structurée par leur concepteur, et le modèle est dans une certaine mesure laissé libre de représenter les connaissances qu'il acquiert par son expérience de manière à optimiser les réponses qu'il doit apporter aux stimuli présentés à son entrée. Ensuite, ces modèles sont capables de généraliser leurs connaissances à de nouvelles occurrences jamais rencontrées auparavant, ce qui

constitue d'ailleurs un test critique de la fiabilité des simulations conduites.

L'apport des modèles connexionnistes à la compréhension des apprentissages sera ici discutée au travers de l'influent modèle de traitements parallèle et distribué d'acquisition de la lecture proposé par Seidenberg et McClelland en 1989. Comme de nombreux réseaux de neurones artificiels, l'architecture du modèle de Seidenberg et McClelland (1989) se décline en trois couches, la première constituant l'entrée du réseau, la dernière sa sortie et la seconde une couche cachée, tenant lieu d'intermédiaire entre les deux autres niveaux. Chacune des couches est constituée d'un nombre restreint d'unités primitives. Dans les modèles de type *localistes* chacune de ces unités est supposée représenter une propriété particulière du mot, nécessaire à son analyse. McClelland et Rumelhart (1981), dans leur célèbre modèle d'Activation Interactive, envisagent ainsi un regroupement de ces unités en sous catégories figurant les traits constitutifs des lettres, les lettres isolées et les formes orthographiques globales des mots. L'approche *distribuée* adoptée par Seidenberg et McClelland (1989) envisage pour sa part que chaque mot soit représenté par une constellation spécifique d'unités activées, chacune de ces unités étant susceptible d'intervenir dans la représentation de plusieurs mots. Les unités sont liées entre elles par l'intermédiaire de connexions excitatrices ou inhibitrices. Le réseau représente les informations qu'il reçoit sur les connexions reliant les cellules d'entrée à la couche cachée, puis les récupère à partir des connexions unissant la couche cachée aux unités de sortie. Toute la connaissance du réseau est ainsi contenue dans les poids associés à ses connexions. Le modèle de Seidenberg et McClelland (1989) donne un aperçu clair de la manière dont l'apprentissage de la lecture prend place dans de telles structures. Les auteurs admettent qu'au début de son entraînement, le réseau, à l'image du pré-lecteur, ignore tout de la manière dont il est supposé traiter les données qui sont lui sont soumises. Cet état initial est modélisé par l'attribution de faibles valeurs aléatoires aux poids des connexions. A ce stade, les réponses produites par le réseau sont par conséquent totalement hasardeuses. Il est néanmoins possible de calculer la distance séparant la réponse fournie de la réponse attendue, et donc d'utiliser l'écart obtenu pour modifier les valeurs des poids des connexions de manière à minimiser l'erreur du réseau (i.e. principe de *rétropropagation de l'erreur*). Dans les premières phases de l'entraînement, la désorganisation des connexions limite les répercussions des variations se produisant à un niveau de l'architecture sur les autres niveaux, et par extension sur le comportement général du réseau. A ce moment, l'apprentissage ne progresse que très lentement. Les connexions se réorganisent peu à peu sous l'influence des présentations répétées des items de la base d'exemple. Le réseau devient de plus en plus sensible aux informations qui lui sont fournies en entrée, et dès lors l'apprentissage s'accélère. Ce principe simple expliquerait donc l'apparente progression *par étapes* des enfants prise en considération par les modèles développementaux traditionnels (voir Munakata & McClelland, 2003 pour un commentaire sur ce point).

Tout l'intérêt du modèle de Seidenberg et McClelland (1989) tient dans le fait que son évolution et ses capacités de généralisation sont directement dépendantes des propriétés du système linguistique que le réseau détecte au cours de son apprentissage. De ce fait, la performance du réseau devient hautement dépendante du degré de régularité des relations de graphèmes à phonèmes et de la fréquence de présentation des items. Nous

avons vu au chapitre précédant que dans les langues alphabétiques opaques les mots consistants comme les mots inconsistants possèdent certains clusters de lettres qui se répètent dans de nombreux mots. Si ces clusters sont systématiquement associés à une prononciation identique dans le cas des mots consistants (ex : *balle, salle, dalle*), ils correspondent à des prononciations différentes dans celui des mots inconsistants (ex : *pas /pa/, bas /ba/, tas /ta/* mais *sas /sas/*). Une fois une connaissance élémentaire acquise par le réseau au sujet des correspondances grapho-phonémiques d'une certaine famille orthographique, tout nouveau mot consistant appartenant à cette famille peut être traité avec précision, moyennant un nombre restreint de présentations au réseau. Les mots inconsistants, dont l'assimilation est relativement indépendante des précédents acquis, sont au contraire davantage source d'erreur dans les premières étapes de l'entraînement, indépendamment de leur fréquence d'occurrence. L'impact initial de la consistance des mots se trouve toutefois rapidement contrebalancé par l'accroissement du niveau d'expertise et n'affecte plus, à terme, que le traitement des items de basse fréquence. A travers leurs simulations, Seidenberg et McClelland (1989) ont ainsi démontré que des confrontations répétées avec un ensemble représentatif de mots étaient suffisantes pour permettre au réseau de représenter dans le poids de ses connexions les aspects significatifs du système linguistique pour lequel il a été entraîné, sans qu'aucune règle de prononciation n'ait été intégrée par un agent externe. Le comportement du modèle est venu conforter les présupposés de ses auteurs relatifs au déterminisme des propriétés structurales de la langue et à l'assimilation du principe alphabétique sur le développement des routines adaptées au traitement de l'écrit. Il devenait ainsi envisageable que les simples rencontres répétées avec un matériel lexical diversifié constituent le moteur du développement de la capacité des enfants à reconnaître les mots écrits, en exerçant implicitement leur sensibilité aux contraintes de séquençage des graphèmes et aux variations de fréquence d'occurrence des combinaisons de lettres légales à chaque rencontre.

Ces travaux fondamentaux ont fourni une alternative prometteuse aux approches traditionnelles de l'acquisition de la lecture, bien qu'il faille garder à l'esprit que l'apprentissage des modèles connexionnistes satisfait à certaines particularités qui ne sont pas directement transposables chez le sujet humain. Les données expérimentales rapportées par Byrne (1989) tendent en effet à montrer que l'apprentissage intensif de couples de mots se distinguant sur le plan visuel et phonologique par un seul graphème (ex : FAT versus BAT) ne permettait pas aux pré-lecteurs de déduire les associations entre lettres et sons. Si les enfants parvenaient bien à discriminer les mots avec lesquels ils avaient été entraînés, leurs performances retombaient au niveau du hasard dès lors que les lettres cibles étaient intégrées dans un contexte différent (ex : FIG versus BIG). Byrne (1989) a conclu de ses résultats que le peu de conscience des enfants de cet âge de lecture concernant l'existence autonome des phonèmes rendait difficile la découverte des associations de lettres à sons à partir de la lecture seule. Seymour et Elder (1986) avaient pour leur part précédemment démontré que, dans un contexte plus naturel d'enseignement, la méthode globale ⁶ ne favorisait pas la mise en place des procédures de traitement non lexicales. Les enfants entraînés à la lecture au moyen de cette technique n'étaient généralement capables que de lire correctement les mots connus, et semblaient rarement appuyer leur décodage sur l'analyse des lettres individuelles, ainsi

qu'en témoigne l'absence de corrélation entre longueur des mots et temps de réaction. Enfin, les néologismes et régularisations se faisaient rares parmi les erreurs enregistrées, mais les productions incorrectes restaient souvent visuellement similaires aux mots cibles, sur le plan de la longueur et des éventuelles propriétés saillantes des lettres de la séquence (ex : *smaller* lu *yellow*). Les données empiriques rapportées ici suggèrent donc que le principe déductif défendu par le modèle de Seidenberg et McClelland (1989) est freiné par le caractère peu naturel de la lecture. La réconciliation des versants théoriques et expérimentaux vient certainement de la proposition de Gombert et Colé (2000) d'une continuité entre apprentissages implicites et explicites, les premiers servant de base aux seconds tout en restant impliqués dans toutes les étapes de la progression des enfants vers la lecture experte. L'hypothèse d'une réorganisation des routines de fonctionnement du réseau responsable de la lecture sous l'impulsion de l'expertise sera examinée plus en détail dans le chapitre suivant, à partir des récentes données de l'imagerie cérébrale qui semblent confirmer l'abandon progressif des processus précoces de traitement de l'information visuelle au profit de mécanismes plus efficaces, dans le courant de l'apprentissage de la lecture. Nous verrons toutefois dans un second temps, que la dynamique des apprentissages tombe sous la contrainte des phénomènes de *rigidification*, conséquence naturelle de la perte de plasticité des réseaux induite par l'accumulation de connaissances.

1.1.2.3. Apport de l'imagerie cérébrale : Modulation fonctionnelle du réseau neuronal impliqué dans la lecture sous effets des progrès vers l'expertise.

Le modèle dorso-ventral de la lecture (Pugh et al., 2000, Shaywitz et al., 2002) défendu par de nombreux chercheurs, admet que le réseau responsable de la lecture repose sur l'intégrité de deux circuits **postérieurs** et d'un système **antérieur**. Les régions *temporopariétales du réseau postérieur* comprennent notamment le gyrus angulaire, dont l'implication dans la lecture est établie depuis les études neuropsychologiques de Dejerine (1891, 1892), le gyrus supramarginal et les parties postérieures du gyrus temporal supérieur comprenant l'aire de Wernicke. Ces structures définissent le système *dorsal*, circuit analytique de réseau de la lecture, responsable de l'extraction et de l'appariement des percepts visuels avec les structures phonologiques correspondantes (voir par exemple Geschwind, 1965). L'activité de ce réseau a été associée chez l'adulte expert à l'engagement de procédures basées sur l'utilisation de règles lors du décodage des non mots ou de la lecture de mots de basse fréquence. La contrepartie *occipito-temporale du réseau postérieur* inclut principalement les régions des gyri temporal et occipital médians. Ce circuit *ventral* serait responsable de la transmission de l'information visuelle le long de la voie occipito-temporale jusqu'au gyrus fusiforme médian, siège de l'aire de la forme visuelle des mots (Cohen et al., 2000). Les propriétés anatomiques de ce circuit sont en faveur de son implication dans le recrutement des connaissances pré-établies participant au traitement des stimuli verbaux familiers. La distinction fonctionnelle des circuits ventraux et dorsaux a été confirmée chez l'adulte par

⁶ Dans la classe concernée par l'étude de Seymour et Elder (1986), l'enseignement s'organisait autour de l'unité mot, et les apprentissages explicites des associations de lettres à sons étaient volontairement restreints à la pratique de l'orthographe et de l'écriture.

les études de Price, Moore et Frackowiak (1996) mettant en évidence une modulation de l'activation des deux systèmes consécutivement à la manipulation du taux de présentation des mots isolés. L'augmentation progressive de l'activité du système ventral (au détriment de sa contrepartie dorsale) induite par l'accélération de la cadence de présentation des stimuli pourrait refléter l'abandon graduel des traitements analytiques au profit des mécanismes responsables de l'identification automatique et rapide des stimuli. Finalement, le système antérieur, localisé au niveau du gyrus frontal inférieur incluant l'aire de Broca, est impliqué dans le séquençage et le recodage articulatoire des gestes de parole. L'activation de ce réseau a été observée lors de tâches de lecture silencieuse et de dénomination.

Les dernières études conduites en Imagerie Fonctionnelle par Résonance Magnétique (IRMf) offrent un éclairage inédit sur la manière dont les apprentissages façonnent progressivement l'ensemble de ce réseau. Dans la conception de Pugh et al. (2000), l'installation tardive de la voie ventrale s'appuierait sur l'efficacité des traitements préalablement pris en charge par la voie dorsale. Sans explorer plus avant les liens de causalité dans la mise en place des deux circuits, Shaywitz et collaborateurs (2004) ont néanmoins montré que l'enseignement régulier et explicite des bases du principe alphabétique favorise le développement du système occipitotemporal de la reconnaissance automatique des mots et plus particulièrement du gyrus frontal inférieur gauche, chez des enfants en difficulté de lecture, âgés de 6 à 9 ans. Une augmentation de l'activité est aussi observée au niveau du gyrus temporal médian de la voie dorsale. Un an après la fin de la phase expérimentale, la région occipitale poursuit son développement, tandis qu'une diminution de la réponse est enregistrée au niveau du gyrus temporal médian droit et du noyau caudé. Ce résultat a été interprété comme le reflet du désengagement progressif des mécanismes compensatoires de l'hémisphère droit, encouragé par l'expansion du réseau de l'hémisphère gauche (voir aussi Temple et al., 2000, Temple et al., 2003).

Ces données viennent renforcer les précédentes observations établies par le même groupe, basées sur la comparaison de sujets dyslexiques et normaux lecteurs d'âge compris entre 7 et 18 ans (Shaywitz et al., 2002). Lors d'une tâche de jugement de rimes impliquant des pseudo-mots, une corrélation négative a été enregistrée dans le groupe contrôle entre l'âge et l'activité au niveau du sulcus frontal supérieur et de la région des gyri fronto-médians de manière bilatérale. Ces structures correspondent en partie à la région antérieure du cortex frontal inférieur associée par Turkeltaub et al. (2003) à la récupération des codes phonologiques en mémoire à long terme au cours de l'accès au lexique. L'âge a aussi été mis en relation avec l'augmentation de l'activité dans le gyrus frontal inférieur gauche, zone du circuit antérieur impliquée dans la lecture silencieuse, et le sulcus précentral droit durant la réalisation d'une tâche de catégorisation sémantique. Le dysfonctionnement des circuits postérieurs chez les dyslexiques induirait par ailleurs un recrutement plus important de ces aires antérieures, ainsi que de certaines régions de l'hémisphère droit, équivalentes à celles recrutées par les lecteurs faibles pour pallier à leur manque d'expertise phonologique. L'activité des aires extrastriées droites pourrait en effet être mise en relation avec la lecture environnementale des très jeunes lecteurs, durant laquelle la reconnaissance des mots s'appuie essentiellement sur les patterns visuels ou le contexte visuel (Turkeltaub et al., 2003 ; Turkeltaub et al., 2004). Les

différences d'activations des dyslexiques pourraient constituer le substrat biologique d'une stratégie de compensation tirant profit des gestes de parole associés aux mots et de processus perceptifs auxiliaires. Cette stratégie pourrait améliorer substantiellement l'efficacité de la lecture sans toutefois suffire à l'installation des procédures automatiques.

Enfin, l'analyse du comportement de participants âgés de 6 à 22 ans au cours de la réalisation d'une tâche de détection de lettres imbriquées dans des mots ou séquences de faux caractères, favorisant le traitement implicite des mots chez les lecteurs experts, a confirmé l'hypothèse de la maturation précoce des aires critiques du cortex temporo-pariétal, incluant le sulcus temporal supérieur gauche (Turkeltaub et al., 2003). L'accroissement des capacités de lecture s'accompagne encore d'une augmentation de l'activité dans la partie ventrale du gyrus frontal inférieur gauche. Les données obtenues sont en faveur d'une division de la partie ventrale du cortex frontal inférieur en une partie antérieure responsable de la récupération des codes phonologiques en mémoire à long terme et une partie postérieure impliquée dans la manipulation d'unités phonologiques infra lexicales. Finalement, le gyrus temporal médian antérieur gauche, associé aux traitements d'images et de mots familiers ainsi qu'à la mémoire déclarative (Poldrack, Desmond, Glover & Gabrieli., 1998), voit aussi son activité augmenter sous l'effet de l'expertise en lecture. Néanmoins certaines données sont incompatibles avec le recrutement progressif du circuit ventral par les lecteurs experts tel que le décrivent Pugh et al. (2000) et Shaywitz et al. (2002). En effet, l'activité dans le cortex infero-temporal gauche, siège l'aire de la forme visuelle des mots (Cohen et al., 2000) n'est pas modulée par l'âge des participants. D'autre part, la diminution de l'activité dans la voie ventrale de l'hémisphère droit sous l'effet de l'apprentissage ne s'accompagne pas d'une augmentation de l'activité dans les régions extrastriées gauches.

Les données rassemblées ici amènent à considérer la lecture comme un apprentissage dynamique, guidé à la fois par la sensibilité implicite de l'enfant à la régularité statistique de sa langue suivant les principes défendus par Seidenberg et McClelland (1989), le matériel verbal auquel il est confronté, en accord avec les récentes recherches de McClelland, Thomas, McCandliss et Fiez (1999), et les enseignements explicites dont il bénéficie tout au long de sa scolarité. Néanmoins la souplesse des structures impliquées dans ces apprentissages n'est pas illimitée. Le comportement des réseaux connexionnistes entraînés suivant la loi de Hebb, brièvement présentés dans ce qui suit, constitue une première illustration de ce phénomène. Sur le versant empirique, les effets d'âge d'acquisition, popularisés par les travaux de Brown et Watson au début des années 70, mettent en évidence une diminution de la précision du traitement des mots de la langue maternelle liée à l'âge auquel les nouvelles acquisitions ont eu lieu. Ces surprenants résultats, autour desquels va s'articuler le présent travail, feront l'objet d'une description plus précise dans la partie à venir.

I.2. Le tribut de l'expertise : la rigidité fonctionnelle des réseaux sous-tendant l'apprentissage.

1.2.1. Limites des apprentissages dans les réseaux de neurones artificiels : l'exemple des modèles Hebbiens.

Les modèles connexionnistes du type de celui de Seidenberg et McClelland (1989) présenté au chapitre précédent, s'ils font preuve de remarquables capacités d'apprentissage, ne sont pas pour autant exempts de dommages causés par l'accumulation des connaissances. Ces réseaux de neurones entraînés par rétropropagation de l'erreur subissent fréquemment le phénomène d'interférence catastrophique qui, à un point donné de l'entraînement, provoque une perte totale des informations précédemment intégrées, des conséquences de l'ajout de quelques items supplémentaires. L'annulation des acquis dont sont victimes les réseaux dans ce contexte n'est bien entendu qu'un artéfact de leur fonctionnement et n'a aucune réalité psychologique, puisque comme le décrit French (1999) une telle situation reviendrait à décrire le cas d'un individu qui, pour avoir appris le nom de trois personnes supplémentaires, en serait venu à oublier le nom de toutes les autres personnes rencontrées jusqu'alors.

D'autres simulations connexionnistes ont néanmoins été directement conduites dans le but de reproduire la diminution progressive du potentiel humain à assimiler des informations nouvelles. Les modèles fonctionnant suivant la loi de Hebb sont d'ailleurs apparus très pertinents pour ce type d'approche. L'algorithme d'apprentissage implanté dans les modèles Hebbiens est inspiré, comme son nom l'indique, de la théorie de l'apprentissage établie par Hebb en 1949. Suivant ce principe, l'assimilation des connaissances est supposée procéder d'un apprentissage associatif, au cours duquel les neurones qui se trouvent fréquemment activés au même moment renforcent les connexions qui les unissent. Dans le même temps, les neurones dont l'activité est rarement corrélée voient la robustesse de leurs interconnexions diminuer. La plausibilité biologique de ce postulat a été confirmée par la découverte de la potentialisation à long terme par Bliss et Lomo qui démontrèrent en 1973 qu'une brève stimulation électrique d'une voie excitatrice afférente à l'hippocampe renforçait à long terme l'efficacité des synapses. La dépression à long terme, forme opposée de plasticité synaptique et caractérisée par la réduction de l'efficacité des synapses, fut mise en évidence dans les années suivantes (voir Bear, Connors & Paradiso, 1999 pour une description détaillée de ces deux mécanismes). De ce point de vue, le cortex est donc considéré comme une gigantesque mémoire associative, dans laquelle le renforcement synaptique peut se produire entre neurones adjacents ou situés dans des régions cérébrales distantes.

L'utilisation d'un réseau de neurones artificiel de type Hebbien dans le contexte de la description de l'impact de la période critique sur l'assimilation des caractéristiques d'une seconde langue a permis à McClelland et al. (1999) de démontrer que le fonctionnement et les capacités de traitement ultérieures du réseau étaient fortement déterminées par les particularités des informations constituant son environnement linguistique initial. Cette conclusion s'appuyait sur les résultats obtenus à l'issue de la modélisation de la perte de la capacité à discriminer les phonèmes /r/ et // chez les chinois arrivés en Amérique à l'âge adulte. Pour les besoins de cette étude, deux groupes de réseaux avaient

respectivement été placés dans un environnement « Anglais » ou « Japonais » du point de vue des phonèmes utilisés pour leur entraînement. Tous les réseaux étaient entraînés sur un ensemble de phonèmes simples, représentés par des patterns distincts. Toutefois, tandis que le groupe « Anglais » était confronté à deux patterns supplémentaires représentant le /r/ et le // et qui se recouvraient partiellement, un phonème unique était appris au groupe « Japonais », associé à un pattern « central » comprenant certaines des caractéristiques communes aux patterns /r/ et // Anglais. Placés par la suite dans l'environnement « Anglais », les réseaux « Japonais » activaient indifféremment leur unique représentation perceptive hybride lorsqu'ils étaient confrontés au /r/ comme au //. La constance dans l'association des inputs distincts avec la représentation unique a alors conduit à un renforcement des connexions impliquées, conformément au principe hebbien. Dès lors, en dépit d'un entraînement intensif sur les patterns séparés, les lois de fonctionnement du réseau l'empêchaient de construire les représentations distinctes adéquates, et donc de faire la différence entre les deux phonèmes.

Cette étude explique donc comment, dans une situation naturelle, la dynamique des apprentissages pourrait se trouver contrariée par la sur-spécialisation d'un réseau pour certains de ses acquis, diminuant progressivement son efficacité à assimiler de nouveaux items. Cette rigidité fonctionnelle est ainsi susceptible d'affecter le comportement humain de diverses manières, dont la plus étudiée est certainement la période critique ou sensible dans l'acquisition des langues (voir Bates, 1999). Une autre de ces manifestations a toutefois commencé à attirer l'attention de la communauté scientifique il y a quelques dizaines d'années. Depuis les travaux de Carroll et White (1973ab), l'idée s'est en effet développée que l'âge d'acquisition de la forme phonologique des mots (AdA par la suite) de la langue maternelle déterminait durablement l'efficacité avec laquelle ces mots étaient appréhendés par la suite. Cette influence particulière de l'AdA a été décrite comme conceptuellement distincte de la période critique ou sensible du développement (Zevin & Seidenberg, 2005), puisque ces effets semblaient ne devoir concerner qu'une portion restreinte d'items plutôt qu'une fonction cognitive globale, comme le développement du système visuel ou l'installation des capacités langagières, et n'empêchait pas l'acquisition de connaissances systématiques et généralisables passée la fenêtre d'opportunités favorisant son installation. Du fait de l'éclairage que cette nouvelle variable apporte à la description des apprentissages linguistiques un intérêt tout particulier lui a été accordé dans le présent travail.

I.2.2. Une mesure empirique de la rigidité fonctionnelle des apprentissages linguistiques : les effets d'Age d'Acquisition.

Au début des années 70, Carroll et White (1973ab) se prononcent en faveur d'une influence persistante de l'AdA des représentations phonologiques des mots dans l'enfance sur l'efficacité des traitements lexicaux à l'âge adulte. Leur démarche s'appuie sur l'observation d'un avantage systématique des mots acquis tôt dans la vie sur les mots appris plus tardivement, dans le contexte d'une tâche de dénomination d'objets dessinés. Dans les décennies suivantes, cette prise de position inattendue fit couler bien de l'encre, du fait notamment du conflit opposant les défenseurs de l'AdA aux tenants de la

fréquence d'occurrence, variable occupant jusqu'alors une position centrale dans l'organisation de la majorité des modèles du traitement linguistique, dont les influents réseaux de neurones artificiels. Les principales critiques jusqu'alors formulées à l'encontre des interprétations en faveur d'une influence de l'AdA restent cependant encore loin de porter définitivement atteinte à la validité de ce facteur. Dans le chapitre suivant, les origines des effets d'AdA seront décrites conformément à leur conception classique, avant de déboucher sur le problème crucial de la prise en charge de ces effets par les modèles connexionnistes.

I.2.2.1. Les effets d'AdA, de l'approche traditionnelle aux conceptions modernes.

I.2.2.1.1. L'hypothèse de *phonological completeness* (Brown et Watson, 1987)

L'hypothèse de *phonological completeness* élaborée par Brown et Watson (1987) est l'approche théorique qui a connu le plus grand retentissement sur les travaux concernés par l'AdA. Ces auteurs défendent une position relativement radicale selon laquelle la facilité avec laquelle un mot est produit dépend du moment de son acquisition plutôt que de ses propriétés intrinsèques :

Il semble peu probable, en conclusion, que les mots soient appris tôt parce qu'ils sont faciles à prononcer, plutôt que l'inverse. [...] Nous privilégions l'hypothèse plus prometteuse du point de vue psychologique que les mots appris précocement soient plus facile à prononcer parce qu'ils ont été appris tôt. (Brown et Watson, 1987, p.214)

Brown et Watson (1987) ont construit leur argumentaire autour des limites des capacités mnésiques, sources d'une dégradation progressive de la qualité de stockage des informations phonologiques relatives aux mots. En conséquence, seuls les mots acquis tôt dans la vie bénéficieraient durablement de représentations intègres, les mots acquis plus tardivement étant pour leur part encodés sous une forme plus fragmentée. Pour ces mots « tardifs », la pression exercée par les connaissances accumulées encouragerait l'utilisation plus systématique des redondances linguistiques, aboutissant au codage des séquences récurrentes sous forme de symboles abstraits. Chaque fois que les circonstances l'exigeraient, les représentations phonologiques complètes pourraient alors être reconstituées à partir de ces briques éparses, grâce à l'intervention de procédures spécifiques. L'engagement de ces mécanismes serait à l'origine de l'allongement du délai de traitement des mots tardifs. En dépit de son caractère attractif, cette théorie n'est toutefois que partiellement cohérente avec les approches développementales, qui, si elles envisagent bien une acquisition globale des premières formes phonologiques, ne soutiennent pas la survivance de ces représentations holistiques dans le réseau mature (Monaghan et Ellis, 2002a). Une adaptation plus réaliste de l'hypothèse de *phonological completeness* reviendrait à considérer que si l'apprentissage implique un remodelage général du lexique phonologique, l'engagement précoce de la restructuration segmentale sur les premiers mots acquis leur assurerait un niveau de représentation plus fin, facilitant leurs traitements ultérieurs (Metsala et Walley, 1998).

Le point le plus important concernant l'hypothèse de Brown et Watson (1987) - formulée en référence aux principes d'acquisition du discours oral - reste son application exclusive à l'organisation du lexique de sortie phonologique. Sur le plan expérimental, il en découle que l'effet d'AdA devrait être supprimé dans les tâches autorisant un recours insuffisant au code phonologique.

1.2.2.1.2. L'âge d'acquisition, une variable phonologique ?

1.2.2.1.2.1. Les faits.

L'interprétation de l'origine des effets d'AdA a été durablement conditionnée par la volonté d'étendre les résultats initialement observés pour la dénomination d'objets dessinés (ex : Carrol et White, 1973ab ; Morrison, Ellis & Quinlan, 1992 ; Barry, Morrison & Ellis, 1997 ; Ellis et Morrison, 1998 ; Barry, Hirsh, Johnston & Williams, 2001, Meschyan & Hernandez, 2002) à la dénomination de mots présentés visuellement. De ce point de vue, la conceptualisation cohérente et unifiée des effets de cette variable requerrait la localisation préalable d'un niveau de traitement commun aux deux types de tâches.

La transcription verbale des concepts associés aux représentations picturales des objets reposerait sur un processus de lexicalisation, au cours duquel une représentation sémantique serait utilisée pour sélectionner le mot approprié, et ainsi accéder à son code phonologique (Barry, Morrison & Ellis, 1997). La récupération des représentations phonologiques nécessaires à la production des mots écrits reposerait quant à elle sur l'activation des codes orthographiques et sémantiques. La tâche de catégorisation sémantique semblant immune des effets d'AdA (Ellis, Morrison & Quinlan, 1992), le lexique phonologique de sortie a rapidement été considéré comme le locus le plus probable des effets d'AdA commun aux processus de dénomination d'objets et de mots. L'attribution des effets d'AdA à la récupération des représentations phonologiques plutôt qu'à la préparation de l'articulation et de la prononciation a plus tard été encouragée par la démonstration d'une disparition des effets d'AdA dans les tâches de dénomination différée (Meschyan & Hernandez, 2002 ; Barry et al, 2001 ; Morrison & Ellis, 1995 ; Ellis & Morrison, 1998 ; Gerhand & Barry, 1998). Ces paradigmes expérimentaux sont en effet utilisés dans le but de limiter l'influence des variables lexicales sur la production d'une réponse par l'introduction d'un délai entre la présentation d'un stimulus et le moment où le participant est autorisé à répondre, ce qui laisse tout loisir aux processus d'accès et de reconnaissance des mots de s'accomplir dans l'intervalle. Gerhand et Barry (1999a) ont parallèlement démontré que l'accélération provoquée du débit de réponse des participants avait pour effet de majorer l'avantage des mots « précoces » sur les mots tardifs. Ces résultats ont été interprétés en référence au postulat de la contribution conjointe d'une voie lexicale et infra-lexicale au processus de dénomination. L'hypothèse avancée était que dans les conditions habituelles, les mots tardifs bénéficieraient de la participation de la voie infra-lexicale du fait de l'activation plus lente de leurs représentations lexicales associées, en comparaison des mots précoces. En réduisant le temps alloué à la préparation des réponses, la tâche de dénomination accélérée priverait les mots tardifs de l'appui de cette voie, ce qui aurait pour conséquence de valoriser les différences d'efficacité de traitement entre ces items et les mots précoces, donc la lecture

orale mobiliserait essentiellement la voie lexicale.

On remarquera finalement que la validité du statut de variable phonologique conféré à l'AdA par l'ensemble de ces travaux a longtemps été entretenue par le fait que cette interprétation s'accommodait aisément de la plupart des résultats rapportés dans la littérature, les traitements visuo-orthographiques des mots écrits s'affranchissant par exemple difficilement de leur contrepartie phonologique. La persistance des effets d'AdA dans des conditions de dénomination écrite de mots a ainsi pu être associée à une influence directe ou indirecte des codes phonologiques dans l'accès et la récupération des représentations orthographiques sollicitées par la tâche (Bonin et al., 2001a ; Bonin et al., 2002). Une interprétation similaire a été proposée dans le contexte de la décision lexicale, qui, si elle constitue l'outil d'investigation privilégié pour l'exploration de la lecture silencieuse, n'en reste pas moins rarement considérée comme une mesure "pure" de la reconnaissance orthographique des mots (Gerhand et Barry, 1999b ; Frost, 1998). Cette interprétation a été développée dans les travaux de Gerhand et Barry (1999b), qui se sont attachés à démontrer la vulnérabilité des effets d'AdA aux manipulations restreignant la participation des codes phonologiques au processus de prise de décision.

1.2.2.1.2.2. La controverse.

Certaines considérations et données de la littérature portent néanmoins atteinte à la version forte de l'hypothèse phonologique des effets d'AdA. Nickels et Howard (1995) font ainsi état d'une corrélation entre AdA et erreurs sémantiques recueillies auprès d'un groupe de patients aphasiques, non reproductible pour les erreurs de type phonologique. Ces résultats ont conduit leurs auteurs à reconsidérer la nature de l'AdA, en localisant préférentiellement ses effets en amont du lexique phonologique de sortie, au niveau sémantique ou post sémantique. Parallèlement, Gerhand et Barry (2000) ont souligné que l'implication des effets d'AdA au niveau des lexèmes (représentations de la forme phonologique des mots) expliquait difficilement la tendance de leur patiente dyslexique profonde LW à substituer aux mots cibles des mots d'AdA plus précoce de sens voisin, tandis que cette stratégie n'était pas manifeste dans les rares erreurs phonologiques enregistrées. Une interprétation plus cohérente a donc été proposée, qui rapprochait les effets d'AdA du niveau des lemmes, représentations abstraites chargées d'établir un lien entre les informations conceptuelles et syntaxiques et la phonologie. Dans une réévaluation récente des performances de leur patiente, Barry et Gerhand (2003) sont toutefois revenus sur cette conclusion du fait de l'absence d'effet d'AdA sur une tâche de désignation de mots cibles parmi des distracteurs, en réponse à une définition. Ces observations, si elles sont cohérentes avec celles de Ellis et Morrison (1992), ne justifient pas complètement l'abandon de l'hypothèse sémantique, considérant que Brysbaert et collègues (Brysbaert, Van Wijnendaele et de Deyne, 2000) ont pour leur part établi une corrélation entre AdA et latences de catégorisation d'items cibles comme « mot de sens définissable » ou « prénoms », dans des conditions où la médiation phonologique était réduite au maximum. Dernièrement, Ghyselink, Custers & Brysbaert (2004) ont encore démontré que les participants étaient manifestement plus lents pour fournir une réponse verbale à une propriété visuelle des stimuli (i.e. répondre animé aux mots présentés en majuscules et inanimé aux mots présentés en minuscules) dans les conditions où le sens

associé à un mot précoce interférait avec la consigne de réponse (ex. répondre animé à un mot désignant un objet inanimé présenté en majuscules) que lorsque la même situation impliquait un mot tardif. Cette interaction de l'effet de congruence avec l'AdA des mots a été interprétée en faveur d'une activation plus rapide de la signification associée par les items précoces, suivant les principes de l'hypothèse de la médiation sémantique des effets d'AdA précédemment développée par ces auteurs. Sur un plan plus théorique, Steyvers et Tenenbaum (2005) ont finalement mis en évidence que les concepts introduits précocement dans un réseau sémantique conservaient leur avantage lorsque les informations ultérieures étaient intégrées de manière incrémentale, suivant une loi probabiliste d'attachement préférentiel aux concepts fortement interconnectés et de fréquence d'usage élevée. Les mots acquis plus tardivement ne pouvaient en revanche développer un nombre de connexions aussi important, ce qui rendrait leurs représentations plus vulnérables à la survenue d'une lésion diffuse.

En dépit de l'hétérogénéité de ces données, la présomption d'un rayonnement sémantique des effets d'AdA suffit à questionner l'origine exclusivement phonologique des effets d'AdA en dénomination et décision lexicale, tâches qui ne sont pas exemptes d'une participation sémantique.

Quelques études ont également été dévolues à la description de l'implication des effets d'AdA dans la récupération des représentations orthographiques des mots. Yamasaki, Ellis, Morrison et Lambon-Ralph (1997) ont ainsi démontré que les latences de dénomination des mots formés d'un caractère Kanji unique, idéogrammes Japonais représentant des noms, verbes ou adjectifs, étaient indépendamment affectées par l'âge auquel les concepts cibles avaient été appris sous leur forme orale et écrite. Pour leurs auteurs, ces résultats confirmaient que les lexiques phonologiques et orthographiques répondaient à des principes d'organisation communs et pouvaient être mis en relation avec la pré-existence de connaissances phonologiques structurées et fonctionnelles au moment de l'intégration du savoir orthographique. Pour ce qui concerne les systèmes alphabétiques, Brysbaert, Lange, et Van Wijnendaele (2000) ont fourni une démonstration convaincante de l'influence de l'AdA sur le lexique visuel d'entrée par le biais d'une tâche d'amorçage orthographique masqué. Une augmentation des latences de décision lexicale a ainsi été observée sur des mots acquis tardivement alors qu'ils étaient précédés de l'un de leurs voisins orthographiques d'AdA plus précoce. Ces données ont été interprétées en référence au modèle d'Activation Interactive de McClelland et Rumelhart (1981) prévoyant que l'activation de l'unité correspondant au mot présenté à l'entrée du réseau entraîne l'inhibition des représentations associées aux items visuellement similaires à la cible. Le statut lexical des mots précoces (à l'instar de celui des mots de haute fréquence) leur assurant une forte influence sur les unités auxquelles ils sont rattachés, la réactivation des mots tardifs pour les besoins de la décision lexicale serait de fait rendue plus difficile.

Ayant démontré que le domaine d'application de l'AdA dépassait largement les limites du lexique de sortie phonologique dans lesquelles son expression avait été initialement confinée, il reste à discuter des possibilités d'intégrer cette nouvelle variable dans une conception unifiée des apprentissages, telle que valorisée par l'approche connexionniste. La première réponse à cette question a été apportée par les importants travaux de Ellis et

Lambon-Ralph (2000) à partir d'un ensemble de modélisations connexionnistes, qui ont été à l'origine d'un tournant définitif dans la conceptualisation de l'influence de l'AdA sur les traitements linguistiques en particulier.

I.2.2.2. Interprétation connexionniste des effets d'AdA dans l'apprentissage de la lecture.

Le véritable obstacle à la reconnaissance de l'AdA par la communauté scientifique comme une variable influente a longtemps résidé dans son apparente incompatibilité avec les principes de fonctionnement des réseaux connexionnistes utilisés par ailleurs avec succès pour la modélisation des effets de fréquence. Tandis que l'efficacité du traitement de ces derniers modèles est favorisée par les présentations répétées de leurs exemples d'entraînement, les effets d'AdA laissent envisager que les premiers acquis puissent pénaliser dans une certaine mesure l'assimilation des informations ultérieures. Saturés par un entraînement trop intensif, les réseaux entraînés au moyen de l'algorithme classique de rétropropagation de l'erreur présentent en outre le phénomène d'interférence catastrophique, par lequel les données initiales se trouvent « écrasées » par les dernières connaissances acquises, suivant une tendance diamétralement opposée à celle prédite par les effets d'AdA.

En ouvrant la voie d'une possible réconciliation des capacités mimétiques des réseaux de neurones artificiels avec l'influence de l'AdA, les modélisations conduites par Ellis et Lambon-Ralph (2000) ont apporté la première réponse significative à cette opposition. Ces auteurs sont en effet parvenus à démontrer que le comportement d'un modèle connexionniste entraîné par rétropropagation se trouvait naturellement régi par l'AdA pour peu que les bases d'exemples présentées soient introduites en différents points de l'apprentissage, sur un mode cumulatif et intercalé. Suivant ce principe, l'entraînement du modèle est initié sur une base d'exemples "précoces", qui s'enrichissent dans un second temps d'exemples plus "tardifs", introduits lors d'une étape ultérieure de l'apprentissage. L'originalité de ce type d'entraînement consiste à permettre à l'apprentissage engagé sur les items déjà familiers de se poursuivre au moment de la présentation des nouveaux exemples. À l'issue de ces simulations, et de manière cohérente avec les précédentes observations empiriques, les taux d'erreur les plus faibles ont été relevés pour les exemples présentés au réseau dès le début de son apprentissage, y compris dans les conditions où la fréquence de présentation était équivalente sur l'ensemble des exemples "précoces" et "tardifs".

Ellis et Lambon-Ralph (2000) ont également cherché à simuler le décours naturel de l'acquisition du vocabulaire en tenant compte du fait que cet apprentissage prenait graduellement place au travers d'une accumulation constante et régulière de connaissances nouvelles. Les 200 exemples constituant la base ont ainsi été divisés en 4 sous-groupes de 50 items, et présentés toutes les 200 époques (i.e. nombre de passages de la base d'exemples), durant les 600 premières époques de l'apprentissage du réseau. L'entraînement se poursuivait ensuite sur les items "précoces" et "tardifs" jusqu'à stabilisation du réseau (au bout d'environ 5000 passes de la base d'exemples). Le graphique de la Figure 1 présente les taux d'erreurs obtenus pour chacune des bases d'exemples à partir du calcul de la distance entre la réponse attendue et la réponse

fournie par le modèle après convergence. Les résultats obtenus mettent ainsi en évidence une diminution progressive des performances du réseau suivant le moment de l'apprentissage où les items ont été présentés. En outre, l'avantage observé pour les items "précoces" sur les items "tardifs" restait globalement constant sur l'ensemble des époques considérées.

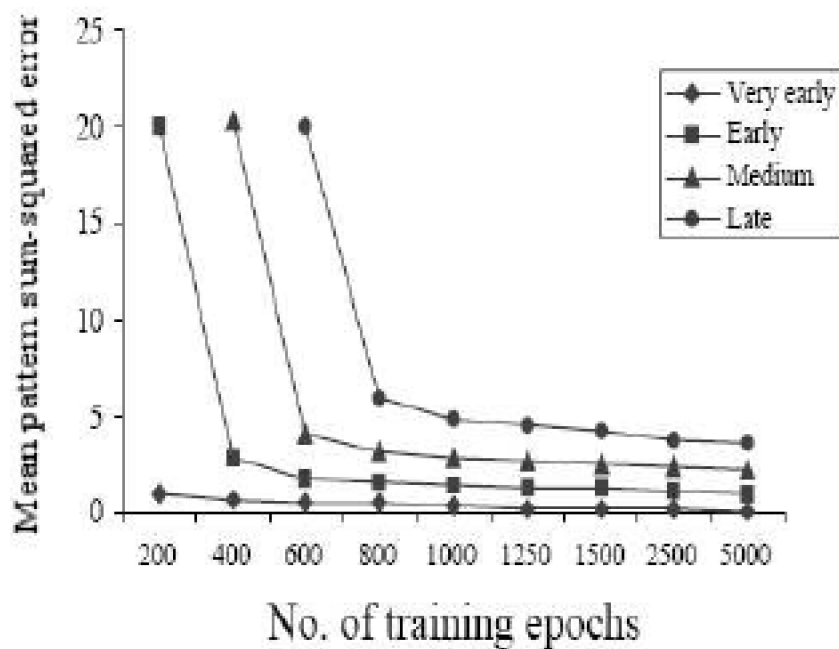


Figure 1. Effet de l'ordre de l'introduction de bases d'exemples dans des conditions d'apprentissage cumulatif et intercale, d'après la simulation 5 de Ellis et Lambon-Ralph (2000).

Les performances sur les bases d'exemples utilisées pour l'entraînement de réseau sont exprimées en terme de taux d'erreur, calculé en fonction de la différence entre la sortie du réseau et la réponse idéale. Plus les valeurs s'approchent de 0, meilleure est la performance du modèle. La figure montre que lorsqu'un ensemble d'exemples est introduit dans le réseau, la performance initiale est faible. Toutefois, après quelques époques d'entraînement, l'erreur moyenne diminue, la performance se stabilise et reste plus ou moins constante à travers toutes les époques d'entraînement suivantes. Les meilleures performances sont enregistrées pour les exemples introduits dès le début de l'apprentissage (losanges noirs), et les moins bonnes performances sont obtenues pour le dernier groupe d'exemples présenté au modèle (cercles noirs).

Dans les années suivantes, Zevin et Seidenberg (2002 ; 2004) sont parvenus à asseoir la problématique de l'AdA sur un cadre théorique robuste en rapprochant de manière plus élaborée et réaliste les effets de cette variable des concepts implémentés dans les modèles connexionnistes du traitement du langage écrit inspirés de celui proposé par Seidenberg et McClelland en 1989. La principale critique adressée par Zevin et Seidenberg aux travaux princeps de Ellis et Lambon-Ralph (2002) concernait les

caractéristiques de la base d'exemple sur laquelle le réseau était entraîné, qui apparaissait peu conforme aux caractéristiques des langues naturelles. Les stimuli présentés étaient en effet des patterns de bits aléatoires créés en activant au hasard 20% des 100 unités composant la couche d'entrée, ce qui rendait les probabilités d'activation de ces unités entièrement indépendantes les unes des autres. Au contraire des lexiques réels décrits au précédent chapitre, la base d'exemple ainsi constituée présentait une structure interne très appauvrie puisque non organisée en fonction des contraintes régulières d'ordonnancement des lettres et des phonèmes et des variations de fréquence dans les occurrences et co-occurrences de ses différents éléments. La suppression artificielle de toute redondance entre les clusters composant les items interdisait au modèle le réinvestissement habituel des connaissances préalablement assimilées au moment de l'acquisition des nouveaux concepts. Plutôt que d'exploiter les exemples présentés pour déduire et représenter dans le poids de ses connexions les propriétés d'un système linguistique donné, le réseau était donc forcé de mémoriser successivement les patterns qui lui étaient présentés.

La possibilité que l'émergence des effets d'AdA dans le comportement des réseaux connexionnistes soit entièrement tributaire des caractéristiques des exemples utilisés pour leur entraînement a directement été investiguée par Zevin et Seidenberg (2002, simulations 3 et 4) à partir du modèle précédemment développé par Harm et Seidenberg (1999). L'entraînement a ainsi respectivement été réalisé sur deux ensembles de 34 mots monosyllabiques répartis de manière à ce que la structure des patterns orthographiques se recouvre ou non d'un groupe à l'autre. Dans les deux conditions, la fréquence de présentation des items appartenant au groupe précoce décroissait entre les premières et les dernières étapes de l'apprentissage tandis que celle des items du groupe tardif suivait une tendance exactement inverse. Au terme de l'entraînement, tous les mots de la base d'exemple avaient été soumis un nombre identique de fois au modèle. Les graphiques de la Figure 2 illustrent la manière dont se comportait le réseau sur les différents mots proposés, suivant leurs propriétés lexicales (structure infra-lexicale similaire ou non) et la phase de l'apprentissage (précoce ou tardive) au cours de laquelle ils étaient présentés avec une fréquence plus soutenue.

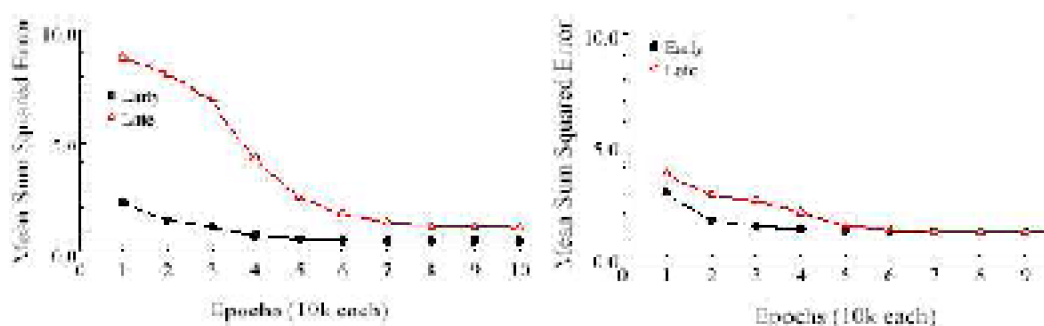


Figure 2. Les graphiques présentent les résultats des simulations 3 et 4 réalisées par Zevin et Seidenberg (2002).

Ces données correspondent au taux d'erreur commis par le réseau à différentes époques de son apprentissage, sur des mots monosyllabiques présentés avec une

fréquence élevée au début (early) ou à la fin (late) de son apprentissage. Le graphique de gauche retrace les profils de réponses obtenus lorsque les deux groupes d'items contenaient des patterns orthographiques et phonologiques non recouvrants et le graphique de droite présente les résultats correspondants lorsque les deux groupes contenaient des patterns recouvrants.

Le graphique de gauche montre que dans les conditions inhabituelles où les régularités repérées parmi les premiers mots appris par le réseau ne pouvaient être transférées aux mots appris ultérieurement, un avantage faible mais persistant était effectivement obtenu pour le traitement des mots précoces en regard des mots tardifs. Lorsque les mêmes items étaient organisés de manière à autoriser certaines ressemblances orthographiques et phonologiques entre les groupes précoce et tardif, l'influence de l'AdA disparaissait en revanche totalement du profil de réponse du réseau (Figure 2, graphique de droite). Les données recueillies par Zevin et Seidenberg (2002) prouvent donc que la manière dont le réseau apprend les items qui lui sont soumis représente sans conteste un facteur déterminant pour l'installation des effets d'AdA.

Appuyés sur ces résultats fondamentaux, Zevin et Seidenberg (2002) ont proposé d'appréhender les effets d'AdA suivant une perspective radicalement différente des conceptions antérieures. Les auteurs insistent en particulier sur la nécessité d'aborder l'acte d'assimiler certains mots à une certaine époque non comme un simple artéfact de l'enseignement de la lecture mais comme la conséquence de l'intervention des variables lexicales déterminantes pour cette acquisition, parmi lesquelles la fréquence occuperait une place privilégiée.

Zevin et Seidenberg (2002) admettent en effet que la vitesse d'assimilation et le niveau d'expertise associés au mot sont adéquatement décrits par une fonction exponentielle de la pratique⁷, prévoyant que chaque rencontre avec un mot améliore le traitement de cet item particulier. Si cette théorie est exacte, l'AdA ne serait donc rien de plus qu'une mesure de la fréquence d'occurrence des mots en langue dans la période de leur assimilation. Dans le contexte des modélisations, entraîner intensément un réseau de neurones sur une portion de sa base d'exemples a pour effet d'amener plus rapidement les unités impliquées vers leur niveau d'activité optimal, assurant leur assimilation rapide. A ce stade, la contribution de ces unités à l'erreur globale du réseau devient alors négligeable et les modifications appliquées aux poids des connexions s'amenuisent. De ce point de vue, l'assimilation des premiers items introduit donc bien une certaine inertie dans la dynamique du réseau, susceptible de freiner l'intégration de nouvelles données, en accord avec la proposition de Ellis et Lambon-Ralph (2000) et avec les résultats de la Simulation 3 de Zevin et Seidenberg (2002). Les données de la Simulation 4 démontrent néanmoins que cette rigidité est rapidement contrebalancée par les algorithmes favorisant le réinvestissement des connaissances relatives au traitement d'un mot particulier dans l'apprentissage des mots nouveaux de structure similaire (ex : CAPE et CAGE), pour

⁷ La fonction exponentielle de la pratique prédit que la vitesse de réalisation d'une tâche au cours du temps augmente suivant un taux qui décroît de manière exponentielle. Elle est décrite par l'équation $T_n = T_1 n^{-a}$ où T_n est le temps nécessaire à la réalisation de la tâche après n essais, T_1 le temps nécessaire pour réaliser la tâche évalué durant la phase d'essais, n le nombre d'essais et a une constante (source: <http://www.usabilityfirst.com/index.txt>).

autant que la base d'exemple présentée au modèle autorise l'application de ce principe.

Zevin et Seidenberg (2002) concluent donc de leurs modélisations que des effets durables d'AdA ne sont susceptibles d'émerger que dans des circonstances très particulières où le réinvestissement des connaissances acquises sur la base des premiers items présentés est empêché par la nature des stimuli ou les exigences de la tâche à apprendre. Ces conditions sont loin de caractériser le traitement des systèmes d'écrit alphabétiques, organisés de manière à promouvoir la détection des régularités sous-jacentes aux mots présentés et permettant aux enfants d'apprendre à lire autrement qu'en mémorisant les items successivement rencontrés. En conséquence, l'impact de l'AdA sur les tâches mobilisant les capacités de conversions de graphèmes à phonèmes devrait être négligeable dans les langues alphabétiques, une fois le réseau responsable de la lecture devenu pleinement fonctionnel. La survivance de cet effet dans les langues idéographiques caractérisées par le caractère arbitraire unissant les formes écrites des mots à leur prononciation et à leur sens reste néanmoins une question ouverte. Zevin et Seidenberg (2002) insistent par ailleurs sur le fait que les performances de leur réseau tombent davantage sous la dépendance du nombre de présentations des items que sous celle du décours particulier de l'entraînement de ces items. De fait, les effets d'AdA résiduels observés empiriquement sur les performances des adultes lecteurs experts, si toutefois leur existence était bien réelle et non attribuable à une variable lexicale confondue (voir Zevin et Seidenberg, 2002 pour une discussion sur ce point), seraient entièrement attribuables à la fréquence cumulée des items, correspondant au produit de la fréquence d'occurrence d'un item par une estimation de l'intervalle de temps depuis lequel l'item en question est connu (voir aussi Lewis, 1999ab ; Lewis, Gerhand & H.D. Ellis, 2001). Les données actuellement disponibles dans la littérature permettent d'évaluer liminairement la plausibilité de ces propositions.

1.2.2.2.1. Impact de la spécificité de l'apprentissage sur l'expression des effets d'AdA.

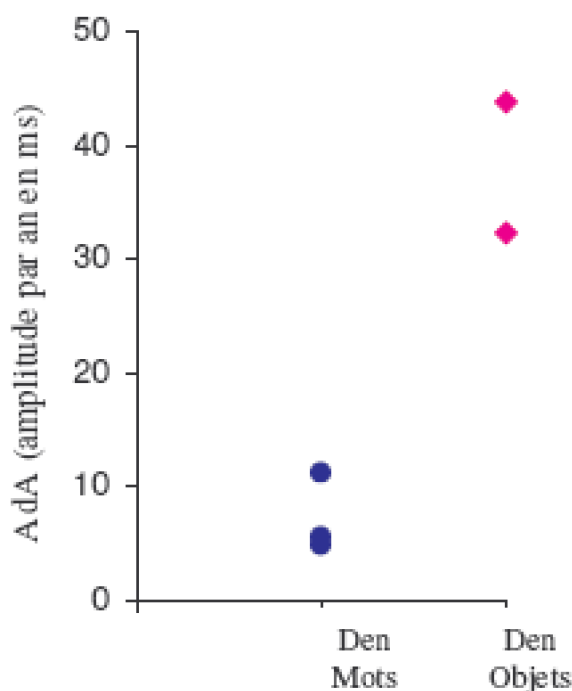
En application de la logique du potentiel de rayonnement des premières connaissances assimilées sur les acquisitions ultérieures, le modèle de Zevin et Seidenberg (2002) prédit que les effets d'AdA éliminés en lecture devraient pourtant continuer à se manifester lors de la mise en relation des noms avec les objets ou l'image des objets auxquels ils font référence. Les capacités d'attribution d'un nom à un objet s'installent en effet à l'issue d'un entraînement particulier dans lequel ce qui est appris au sujet d'un pattern spécifique ne fournit qu'une quantité minimale d'informations pertinentes pour l'appréhension des patterns suivants. L'amplitude comparée de l'influence de l'AdA établie sur les tâches de dénomination de mots et d'objets semble effectivement conforter cette hypothèse. Au contraire de la dénomination d'objets, les effets attribués à l'AdA sur la prononciation orale des mots tireraient cependant essentiellement leur origine des facteurs corrélés non contrôlables au nombre desquels on peut citer la fréquence, l'imageabilité et la longueur des mots. Le tableau de la Figure 3 reprend les latences de réponse enregistrées pour les mots précoces et tardifs au sein de trois études influentes conduites auprès de locuteurs Anglais. L'amplitude moyenne des effets d'AdA pondérée par le nombre d'années séparant l'acquisition des mots précoces et tardifs introduits dans les listes

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

expérimentales a été exprimée en fonction de la nature des stimuli traités, mots ou objets dessinés, dans le graphique de la même figure. Le graphique met clairement en évidence que l'AdA ne s'exprime pas à la même échelle dans les deux types de tâches, l'amplitude des effets de la variable en dénomination se trouvant de 3 à 10 fois plus élevée dans les tâches de dénomination d'objet. Le détail des stratégies d'évaluation de l'AdA et de la fréquence des mots utilisés dans ces différentes recherches est présenté dans l'Annexe 1.

Figure 3. Synthèse des résultats tirés de 3 études représentatives ayant mis en évidence un effet significatif d'AdA sur les délais de réponse enregistrés à l'issue de tâches de dénomination de mots (*DEN mots*), d'objets (*DEN objets*) auprès de locuteurs Anglais.

	Auteurs	EFFET ADA			CARACTERISTIQUES DES STIMULI									
		Pr	Ta	Am / An	Pr. (Moy)	Ta. (Moy)	Min Pr	Min Ta.	Diff Pr/Ta	Frq. Pr.	Frq. Ta	Frq (Min)	Frq (Max)	Diff Frq
Dénomination (Mots)	Morrison et Ellis (1995)	615	647	4,98	3 :05 (2,2)	9 :10 (5,4)	2 :09 (1,86)	11 :08 (6,36)	6 :05	23,4	24	2	125	-0,5
	Barry et al. (2001)	555	587	11,29	2 :11 (3,36)	5 :05 (3,36)	2 :00 (1,50)	7 :08 (4,35)	2 :10	9	9,9	1	29	-0,9
	Figure 3. Synthèse des résultats tirés de 3 études représentatives ayant mis en évidence un effet significatif d'AdA sur les délais de réponse enregistrés à l'issue de tâches de dénomination de mots (<i>DEN mots</i>), d'objets (<i>DEN objets</i>) auprès de locuteurs Anglais.													
Dénomination (Objets)	Barry et al. (2001)	686	778	32,47	2 :11 (3,36)	5 :05 (3,36)	2 :00 (1,50)	7 :08 (4,35)	2 :10	9	9,9	1	29	-0,9
	Ellis et Morrison (1998)	672	848	44,00	2 :00	6 :00	1:05	9:04	4 :00	22	23,2	2	89	-1,2



*Figure 3. Synthèse des résultats tirés de 3 études représentatives ayant mis en évidence un effet significatif d'AdA sur les délais de réponse enregistrés à l'issue de tâches de dénomination de mots (**DEN mots**), d'objets (**DEN objets**) auprès de locuteurs Anglais.*

Pour chaque étude, le Tableau présente les temps de réaction moyens (ms) correspondant aux mots précoces (**Pr**) et tardifs (**Ta**) et l'amplitude de l'effet d'AdA par année (**Am/an**), obtenue par soustraction des deux valeurs et division par le nombre d'années moyen séparant l'acquisition des items précoces des items tardifs. Pour information, l'AdA et la fréquence moyenne de chaque groupe de stimuli a également été rapportée (les items précoces et tardifs ayant bien évidemment été appariés sur le plan de la fréquence dans toutes les études mentionnées. De manière à faciliter les comparaisons, l'amplitude pondérée des effets d'AdA a été exprimée en fonction de la tâche proposée, dénomination de mots ou d'objets dans le graphique ci contre.

1.2.2.2. Age d'acquisition et fréquence cumulée : confusion ou indépendance ?

Le second postulat de Zevin et Seidenberg (2002, 2004), l'assimilation des effets de l'AdA à ceux de la fréquence cumulée, s'inscrit dans une longue série de discussions portant sur confusion possible de l'AdA avec la fréquence d'occurrence. Dans la plupart des recherches, les liens étroits unissant ces deux facteurs préviennent en effet toute conclusion définitive en faveur de la prévalence des effets de l'une ou l'autre variable sur les performances recueillies. La portée de plusieurs de ces études, parmi les plus influentes de la littérature, a d'ailleurs été longuement discutée par Zevin et Seidenberg (2002), qui démontrent que la réévaluation du statut « précoce » et « tardif » des mots au moyen de 7 échelles de fréquence distinctes fait systématiquement apparaître une

opposition additionnelle indésirable sur l'axe de la fréquence. Le recours aux analyses par régressions multiples n'est guère plus décisif dans ce domaine, si l'on considère que le retrait de certains facteurs de l'équation de régression conduit à supprimer non seulement la variance attribuable à la variable retirée, mais aussi la variance partagée avec les autres facteurs auxquels cette variable est corrélée (Dewhurst, Hitch & Barry, 1998 ; Gerhand & Barry, 1998).

Ainsi que précisé plus haut, ce constat a amené Zevin et Seidenberg (2002) à conclure que l'expression résiduelle de l'AdA dans les tâches mobilisant les capacités de conversion grapho-phonémiques des lecteurs experts ne pouvaient se concevoir autrement qu'englobée dans une variable super-ordonnée : la fréquence cumulée. Cette hypothèse de la fréquence cumulée a été initialement formalisée par Lewis (1999ab ; Lewis et al., 2001). Lewis a proposé un modèle mathématique d'apprentissage par accumulation des instances prévoyant que le niveau de performance d'un participant n sur un stimulus i dépende du nombre de total de rencontres avec i depuis son entrée dans le vocabulaire du participant (soit par la fréquence d'occurrence de i sur l'intervalle de temps concerné). Dans une perspective simplifiée où la distribution de la fréquence resterait constante dans le temps, cette relation s'exprime sous la forme :

$$n_i = F_i (Age - AdA_i)$$

où F représente la fréquence d'occurrence de i et Age l'âge du participant au moment où sa performance est mesurée.

Considérant que le temps de réaction TR_i peut être décrit par une fonction exponentielle du nombre d'instances de i , on obtient, après transformation logarithmique :

$$\ln(TR_i) = -A \ln(F_i) - A \ln(Age - AdA_i) + \ln(K)$$

où A et K sont des constantes positives.

Dans une perspective longitudinale, la relation exprimée par cette formule implique qu'à fréquence d'occurrence égale, le rapport de fréquence cumulée pour des mots appris précocement et tardivement soit plus faible chez une personne âgée que chez un sujet jeune. Ce dernier point est illustré dans le graphique de la Figure 4, pour deux mots d'une fréquence de 50 occurrences par million, respectivement acquis à 2 et 9 ans et soumis à des individus de 10, 20, 50 et 70 ans. L'avantage du mot précoce sur le mot tardif, estimé à 300 ms environ pour un enfant de 9 ans chute ainsi à 15 ms chez un adulte de 50 ans puis à 9 ms chez un adulte âgé de 70 ans.

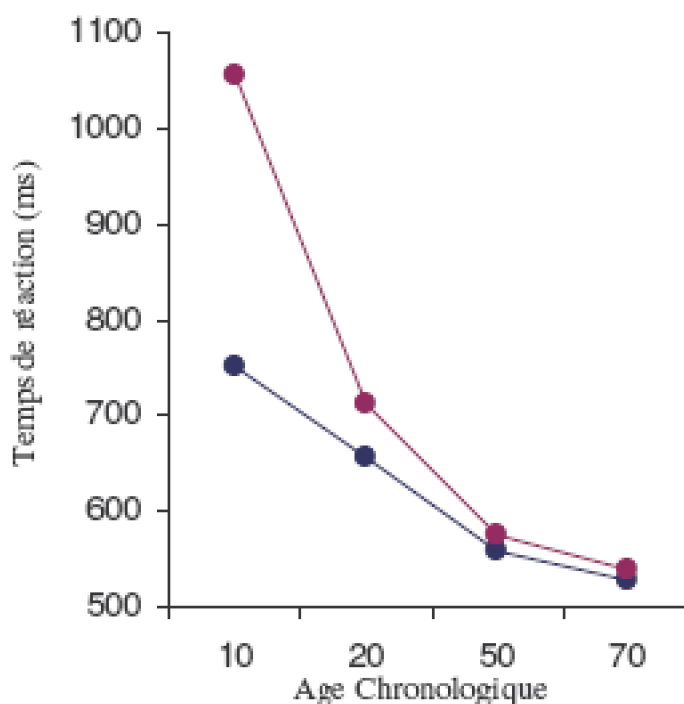


Figure 4. Temps de réaction estimés pour deux mots d'une fréquence de 10 occurrences par million, respectivement acquis à 2 (courbe bleue) et à 10 ans (courbe violette).

Ces données théoriques ont été calculées à partir de l'équation (2), avec $A=0,16$, $K=2$, et Age=10, 20, 50 et 70, respectivement. On constate une diminution progressive de l'impact de l'AdA sur la performance, qui finit par disparaître chez les sujets plus âgés.

Dans le cas où la fréquence cumulée serait la variable critique, le modèle prédit donc une diminution progressive de l'influence des effets attribués à l'AdA à mesure que les participants s'approchent de l'âge mûr. Or, sur le plan expérimental, les résultats recueillis par Morrison, Hirsh, Chappell et Ellis (2002) s'opposent directement à ce postulat, en démontrant une relative constance dans l'amplitude des effets d'AdA sur les performances de dénomination de mots et d'objets dessinés chez des adultes jeunes et plus âgés. Il en a été déduit que l'âge ou l'ordre d'acquisition des mots était bien le facteur déterminant, et que ses effets ne pouvaient pas davantage se réduire à la fréquence cumulée qu'au temps de résidence des items en mémoire. Cette conclusion s'accorde avec les simulations plus récentes de Lewis, Chadwick et H.D Ellis (2002), qui favorisent finalement l'hypothèse d'une contribution de l'AdA par delà l'influence de la fréquence cumulée.

Ajouté à cela, les théories fondées sur l'accumulation des instances prévoient que les mots acquis tardivement de fréquence d'usage élevée bénéficient d'un avantage certain sur les mots précoces de fréquence moins élevée. Cette dissociation a été idéalement évaluée par Stadthagen-Gonzalez, Bowers et Damian (2004) à partir de bases de données expertes, regroupant les mots tardifs abondamment pratiqués dans les domaines respectifs de l'électronique, de la psychologie et de la géologie. Les résultats obtenus en dénomination et décision lexicale ont révélé que les mots précoces de basse

fréquence donnaient lieu à des performances équivalentes à celles des mots tardifs de haute fréquence, en dépit du rapport de fréquence cumulée plus élevé dont bénéficiaient ces derniers.

En conclusion de ces considérations préliminaires, il apparaît que les données empiriques sont partiellement cohérentes et partiellement contradictoires avec les prédictions relatives à l'AdA formulées par Zevin et Seidenberg (2002) sur la base du comportement de leur modèle. Les résultats collectés sur un ensemble représentatif d'études concernées par le phénomène tendaient effectivement à démontrer que l'influence de l'AdA était renforcée dans les tâches de dénomination d'objets, qui reposent sur la réactivation d'associations arbitraires entre stimuli, assimilées par simple mémorisation plutôt que par réintégration systématique des régularités antérieurement déduites. Les arguments avancés par Morrison et collègues (2003) jettent néanmoins un doute sur la possibilité que l'AdA puisse entièrement se confondre avec la fréquence cumulée, dont elle semble au contraire conceptuellement et expérimentalement dissociable. Autrement dit, si l'émergence des effets d'AdA paraît favorisée dans les contextes où la nature particulière du matériel limite les possibilités d'extractions des régularités de structure du corpus d'apprentissage, l'élimination complète de l'expression de ce facteur des habilités acquises sur le mode du réinvestissement systématique des connaissances préliminaires, dont la lecture est un exemple, ne semble pas pour autant constituer la nécessaire réciproque de ce postulat.

I.3. Objectif des recherches présentées.

Les études envisagées dans le cadre du présent travail poursuivent le double objectif de réhabiliter l'influence de l'AdA sur le traitement des systèmes alphabétiques écrits, sévèrement mise en cause par les récentes théories de Zevin et Seidenberg (2002 ; 2004), et de concilier les manifestations de cette variable avec l'argumentation développée par les mêmes auteurs, en référence aux principes des modèles connexionnistes parallèles et distribués dont la pertinence pour la description du traitement du langage n'est plus à démontrer. Nous soutenons en effet que la logique établie par Zevin et Seidenberg (2002) au sujet des conditions favorables à l'émergence des effets d'AdA oriente les réflexions vers une voie prometteuse pour la compréhension de l'origine des variations de performances imposées par cette variable sur la manipulation des informations verbales. Nous restons cependant dubitative quant à la possibilité que l'application stricte de ladite logique aboutisse nécessairement à l'invalidation de l'ensemble des données empiriques collectées en faveur de l'expression de l'AdA dans les tâches mobilisant au premier plan les connaissances touchant à l'organisation grapho-phonémique de la langue concernée (ex : dénomination de mots écrits et décision lexicale, en particulier).

Au fil des chapitres suivants, nous discuterons de manière approfondie les arguments opposés par Zevin et Seidenberg (2002) aux défenseurs de l'AdA sur la base de résultats expérimentaux plus étroitement liés aux particularités du traitement de l'écrit que les

données actuellement disponibles dans la littérature concernée par cette problématique. Les recherches antérieures ne permettent pas de statuer définitivement sur le rôle de l'AdA dans l'appréhension du matériel verbal visuel, attendu que les résultats disponibles ont été établis en référence à l'hypothèse originale de l'AdA, se rapportant au moment où la forme *orale* des mots a été acquise, sans considération explicite de l'apprentissage de la forme *écrite* correspondante. Or, tandis que l'assimilation du vocabulaire oral repose sur l'établissement des liens entre représentations phonologiques et sémantiques, l'acquisition de la contrepartie visuelle de ces mots impliquerait, initialement tout au moins, de rattacher des symboles écrits aux formes orales connues, afin d'accéder à leur sens (Harm & Seidenberg, 2004). Cette distinction a son importance puisque, comme le soulignent leurs auteurs, les prédictions formulées par Zevin et Seidenberg (2002) s'appliquent essentiellement à la contribution du savoir relatif aux correspondances de graphèmes à phonèmes à la réalisation des tâches de dénomination ou de décision lexicale, aspect des traitements lexicaux que l'utilisation des normes classiques d'AdA ne captent pas directement. L'ensemble des recherches présentées par la suite exploite donc des normes objectives d'AdA de la forme *orthographique* des mots (AdA_{ortho} par la suite). Cette démarche a été inspirée des précédents résultats (Nazir, Decoppet & Aghababian, 2003), ayant démontré que les estimations du vocabulaire écrit connu des enfants à différentes étapes de leur scolarité proposées par l'Echelle Dubois-Buyse d'orthographe usuelle Française (Reichenbach et Mayer, 1977) représentaient un prédicteur fiable de la qualité des décisions lexicales réalisées par les enfants et les adultes.

Notre première étude propose de revenir sur les fondements du discrédit jeté par Zevin et Seidenberg (2002) sur la persistance à long terme d'une influence de l'AdA des mots sur les traitements de l'écrit dans les langues alphabétiques. Dans leur article de 2002, ces auteurs ont en effet posé que « *les effets d'AdA sur la performance experte dépendent de la nature de l'appariement entre les codes, et tout particulièrement de l'éventualité que ce qui est acquis au sujet des patterns appris précocement puisse recouper les patterns plus tardifs* » (p. 23). Prenant appui sur ce postulat, Zevin et Seidenberg (2002 ; 2004) ont par la suite argué que les associations grapho-phonémiques des systèmes alphabétiques même opaques présentaient une régularité suffisante pour que les connaissances nouvelles puissent prendre appui sur les acquis antérieurs, limitant les chances pour que l'ordre particulier dans lequel les mots ont été assimilés conserve une quelconque influence sur les performances, une fois repérées les similitudes existant entre les mots. Les relations hautement inconsistantes unissant les formes visuelles à leur prononciation dans les langues idéographiques devraient inversement gêner l'installation de ce principe déductif, et favoriser en contrepartie l'émergence des effets d'AdA. Nous examinerons donc en première intention l'implication du degré d'abstraction de l'apprentissage sur l'installation durable des effets d'AdA_{ortho} en confrontant des locuteurs Japonais à une tâche de dénomination d'idéogrammes Kanji isolés.

Nous nous sommes ensuite tournés plus précisément vers les langues alphabétiques afin d'évaluer une fois supplémentaire le postulat d'une réduction des effets d'AdA_{ortho} à l'influence de la fréquence cumulée sur les performances des lecteurs experts. Dans ce

contexte, la corrélation entre l'amplitude de l'AdA^{ortho} et le niveau de maîtrise de la langue écrite a été méticuleusement investiguée au moyen d'une étude transversale impliquant plusieurs groupes d'enfants Français fréquentant l'école élémentaire, le collège et le lycée ainsi que des adultes jeunes et plus âgés. Afin de distinguer aussi clairement que possible les influences respectives de l'AdA^{ortho} et de la fréquence cumulée, les données établies à l'issue de cette recherche ont encore été confrontées aux prédictions théoriques du modèle mathématique d'accumulation des instances proposé par Lewis (1999ab).

Prenant la suite des deux études exploratoires mentionnées, le second volet de nos recherches se centre pour sa part sur la prise en compte des causes sous-jacentes aux manifestations des effets d'AdA^{ortho} dans les langues alphabétiques. Nous avons à ce propos mis à l'épreuve l'hypothèse d'une efficacité moindre des enfants normaux-lecteurs à détecter les similitudes de structures parmi les mots écrits rencontrés dans les premières phases de leur apprentissage de la lecture, en comparaison de ce que laissaient attendre les modèles connexionnistes du type de celui mis à contribution par Zevin et Seidenberg (2002) pour l'évaluation de leur conception des effets d'AdA. Nonobstant la nature quasi-régulière des associations grapho-phonémiques dans les langues alphabétiques évoquée par Zevin et Seidenberg (2002), ces circonstances resteraient favorables à la surspécialisation du réseau impliqué dans la lecture pour le traitement des premiers items acquis, responsable de leur avantage persistant sur les items assimilés plus tardivement (Ellis et Lambon-Ralph, 2000). Cette éventualité a initialement été testée en regard du comportement des enfants intellectuellement précoces, dont il est raisonnable de penser que le fonctionnement cognitif à un niveau supérieur soit favorable à une exploitation précoce plus large et intensive de l'environnement écrit en comparaison des autres enfants. Suivant cette logique, la mise en fonction d'un principe déductif d'une efficacité supérieure rendrait les enfants précoces plus aptes à réinvestir leur connaissances anciennes au moment de leur confrontation avec de nouveaux éléments, éliminant alors l'influence persistante de la période particulière de l'apprentissage à laquelle ces mots ont été rencontrés. Les résultats obtenus à l'issue de cette étude ont été complétés dans un second temps par l'utilisation du modèle CLIP (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004), permettant le calcul des probabilités théoriques de reconnaissance des mots en référence à la participation conjointe des éléments perceptifs de bas niveau et lexicaux de haut niveau. Les principes de fonctionnement de ce modèle avaient pour principal avantage de permettre d'évaluer la contribution des éléments lexicaux à l'établissement des profils de réponse établis empiriquement dans des circonstances où l'étendue et la qualité du savoir lexical précoce des enfants sont pleinement maîtrisées.

II. Contribution expérimentale : Première partie.

II.1. Influence de l'âge d'acquisition de la forme orthographique des mots dans les langues idéographiques : L'exemple du Japonais.

II.1.1. Introduction

Envisagée dans le contexte de la description des conditions d'apparition des effets d'AdAortho au cours de la lecture experte, l'étude rapportée dans le présent chapitre vise à répondre à la question soulevée par Zevin et Seidenberg (2002) concernant la possible résurgence des effets d'AdA dans les langues idéographiques. Les langues appartenant à ce groupe se caractérisent par l'usage de caractères ou symboles renvoyant dans leur grande majorité à des unités minimales de sens plutôt qu'à des phonèmes comme il est d'usage dans les langues alphabétiques. Ces particularités laissent envisager que les différents systèmes d'écrit puissent encourager l'installation de stratégies d'apprentissage

spécifiquement adaptées à leur logique structurale sous-jacente. Rayner, Foorman, Perfetti, Pesetsky et Seidenberg (2001) rapportent par exemple que les enfants Chinois passent davantage de temps que leurs homologues américains à s'entraîner à la lecture à l'école ou à leur domicile. Bien que des éléments culturels puissent partiellement expliquer cette différence, il reste que l'apprentissage des langues idéographiques requiert un effort considérable du fait que les associations arbitraires de formes à sens ne sont pas allégées par le principe alphabétique. Ces langues réuniraient donc les conditions nécessaires pour que l'avantage des premiers mots acquis influence de manière persistante les performances des lecteurs experts.

Pour le problème qui nous intéresse, le choix du Japonais comme outil d'investigation nous est apparu particulièrement avantageux à plusieurs égards. En premier lieu, des normes objectives d'AdA^{ortho} sont disponibles pour cette langue, du fait de la réglementation stricte de l'enseignement de son système écrit. Les caractères idéographiques (Kanji) élémentaires sont ainsi progressivement enseignés au cours des six années d'école primaire, suivant un ordre précisément établi par le Ministère de l'Education Japonais via la publication en 1977 d'une Liste Educative (« *Gakunen-haitouhyou* », réactualisée en 1981). Ces normes ont en outre été utilisées avec succès dans l'unique étude ayant fait état, à notre connaissance, d'une influence indépendante de l'AdA des formes phonologiques et orthographiques des mots sur les capacités de lecture orale des adultes experts. Yamasaki et collègues (1997) sont en effet parvenus à établir une influence claire de ces deux facteurs sur les latences de dénomination de mots Japonais composés d'un caractère Kanji isolé. La portée de ces résultats reste toutefois limitée à ce jour du fait que leur mise en évidence repose sur l'utilisation d'analyses par régressions multiples. Plusieurs auteurs (Dewhurst et al., 1998, Gerhand & Barry, 1998) dont Zevin et Seidenberg (2002) ont dénoncé les problèmes posés par le recours à ce type d'analyse, dont l'usage n'est pas particulièrement recommandé dans les conditions où les variables étudiées présentent de fortes corrélations entre elles (Morris, 1981). En effet, le fait de retirer certains facteurs de l'équation de régression conduit à supprimer non seulement la variance uniquement attribuable à la variable retirée, mais aussi la variance partagée avec les autres facteurs, auxquels cette variable est corrélée. Il n'est donc pas exclu que certains effets de fréquence puissent avoir été occultés dans ces travaux, en raison de leur forte corrélation avec l'AdA.

La seconde raison de notre choix est plus directement liée à l'originalité du système écrit Japonais, décrit avec plus de précisions dans ce qui suit. L'utilisation des idéogrammes Japonais permet en particulier de pallier à l'une des limites opposée par Zevin et Seidenberg (2002) à la description empirique des manifestations des effets d'AdA dans le contexte de la lecture des systèmes d'écrits idéographiques. Ces auteurs ont en effet souligné que dans le cas particulier du Chinois, la nature arbitraire des associations de forme visuelle à sens se trouve atténuée par le fait que les idéogrammes enseignés au cours des 6 années d'école primaire sont pour leur majorité *idéophonétiques*, en ce sens qu'ils possèdent en plus de leur radical sémantique un radical phonologique indiquant plus ou moins régulièrement leur prononciation (voir aussi Xing, Shu et Li, 2002). La plupart des caractères enseignés précocement aux enfants Chinois sont donc acquis suivant un principe partiellement arbitraire seulement du fait de la présence de ces indices. Si

l'écriture Kanji mentionnée plus haut se trouve également entièrement constituée d'idéogrammes empruntés au système Chinois, l'usage de ces caractères en langue Japonaise comprend toutefois quelques prometteuses singularités. Conformément au principe idéographique, les Kanji sont porteurs de sens et font référence à un mot complet soit isolément, soit combinés avec d'autres Kanji ou avec une unité syllabique Kana (voir plus bas). Les Kanji ont néanmoins cela de particulier qu'ils sont typiquement associés à deux ou plusieurs lectures. En effet, l'adoption du système écrit Chinois a essentiellement été motivée par la nécessité de transcrire visuellement les concepts référencés par une forme orale préexistante en langue Japonaise. Au moment de leur introduction, les idéogrammes Chinois renvoyaient donc à la fois à leur prononciation originale (lecture phonologique « *Onyomi* » ou « *On* ») et à leur traduction en Japonais (lecture explicative « *Kunyomi* » ou « *Kun* »). Par conséquent, le caractère (*montagne*) peut aujourd'hui encore se lire *san* d'après son ancienne prononciation Chinoise ou *yama*, selon sa prononciation Japonaise. La plupart des mots Kanji étant composés de deux caractères au moins, le choix de la lecture adaptée est généralement conditionné par les règles de combinaison et le contexte syntaxique. Une minorité de caractères parmi ceux enseignés à l'école primaire conserve néanmoins un sens non ambigu en isolation. Dans ces conditions, ces Kanji sont alors préférentiellement prononcés suivant leur lecture Kun (Fushimi, Ijuin, Patterson & Tatsumi, 1999 ; Nishio *communication personnelle*). Considérant que les indices phonétiques éventuellement présents dans le radical des idéogrammes Chinois facilitent uniquement la récupération de la prononciation originale (ou lecture *On*), l'utilisation de mots transcrits par un unique Kanji permet de diminuer la probabilité pour que l'association d'une forme visuelle et de sa contrepartie sonore mobilise des informations acquises sur un mode déductif.



Finalement, le système Japonais mêle à son écriture idéographique deux scripts syllabiques, l'Hiragana (*Kana sans angles*) et le Katakana (*Kana simple, incomplet*), désignés par le terme générique de Kana. En pratique, le lecteur Japonais effectue donc un va et vient continu entre les différents systèmes, chaque script prenant en charge un ensemble de fonctions spécifiques de la langue. Ce dernier point est illustré par l'extrait de texte présenté dans la Figure 5.

混亂が続くアルバニアに派遣される五千人規模の多国籍軍の陣容が固まった。

1 | 2 | 3 4 | 5

Figure 5. Phrase extraite du quotidien Japonais Asahi shinbun.

Au début de cette phrase, qui se lit de gauche à droite, on remarque deux caractères Kanji (1) transcrivant le mot *konran* signifiant « confusion ». Vient ensuite un signe hiragana (2) transcrivant la syllabe « ga », qui est ici la marque du sujet. Le Kanji suivant (3) traduit le verbe « *tsuzuku* » : « continuer, se poursuivre », dont la terminaison variable est indiquée phonétiquement par juxtaposition d'une inflexion en hiragana « ku » (4). Finalement, les cinq signes suivant appartiennent au syllabaire katakana et transcrivent le

mot étranger « arubania », « l'Albanie ». La traduction proposée pour le début de cette phrase est donc la suivante : " En Albanie où la situation demeure confuse... ". (Source : Site pédagogique de la Bibliothèque Nationale de France : <http://classes.bnf.fr/dossiecr/sp-chin5.htm#japon>).

Chaque caractère Kana est associé de manière pleinement consistante à une unique mora, unité rythmique du discours Japonais correspondant approximativement à une syllabe (voir la partie Méthode). De cette manière, une correspondance parfaite peut être établie entre le discours oral et sa transcription écrite en Hiragana ou Katakana. Tout ce qui est prononcé en Japonais pourrait donc virtuellement être transcrit au moyen de l'un ou l'autre syllabaire. L'usage exclusif des Kana est cependant empêché par l'importante proportion de mots homophones en langue Japonaise, que seuls les Kanji permettent de distinguer à l'écrit. D'un pur point de vue expérimental toutefois, la possibilité de transcrire une même forme sonore en utilisant alternativement les scripts idéographique et syllabique autorise une évaluation plus fine de la relation entretenue par les effets d'AdA_{ortho} avec la mémorisation des liens unissant les formes visuelles à leur(s) signification(s).

La lecture orale des Kanji reposerait ainsi largement sur la mise en relation arbitraire d'un ou plusieurs sens avec des formes visuelles complexes dont l'apprentissage s'échelonne sur plusieurs années (Frost, Katz & Bentin, 1987 ; Shibahara, Zorzi, Hill, Wydell et Butterworth, 2003). L'usage des Kana individuels est au contraire maîtrisé par les enfants dès la fin de leur première année de scolarité en raison du caractère transparent des règles de correspondances orthographiques-phonologiques organisant ces scripts. Il faut cependant garder à l'esprit que la combinaison des Kana traduisant les mots Kanji d'usage courant n'a pas lieu d'être explicitement enseignée, attendu qu'elle n'est jamais rencontrée en tant que telle dans les écrits Japonais. Si, donc, le degré de familiarité très élevé des caractères Kana laisse envisager que la présentation de ces unités syllabiques favorise une réactivation rapide des patterns phonologiques lexicaux impliqués dans la prononciation des mots (Yamada, 1992), la contribution des codes sémantiques à la production des réponses devrait tenir pour quantité négligeable dans ce contexte, attendu que le l'agencement inhabituel des Kana présentés ne saurait activer directement ces informations. Cette prédiction s'accorde avec les travaux de Yamada (1998), qui ont démontré que les locuteurs Japonais faisaient preuve d'une plus grande efficacité pour traduire des mots familiers de leur langue maternelle en Anglais lorsque ceux-ci étaient présentés sous leur forme Kanji usuelle, par comparaison à la condition où une transcription Hiragana des mêmes mots leur était proposée. Considérant que l'accès aux concepts portés par les mots serait déterminant pour leur traduction dans une langue étrangère, ce résultat a été interprété en faveur d'une activation plus rapide des codes sémantiques par les caractères Kanji.

Dans l'éventualité où l'installation durable des effets d'AdA_{ortho} sur le traitement de l'écrit dans les langues idéographiques serait effectivement attribuable au caractère arbitraire des relations unissant les formes visuelles à leur signification, ainsi que le défendent Zevin et Seidenberg (2002), des performances supérieures devraient être observées sur le traitement des Kanji acquis précocement en comparaison des Kanji acquis plus tardivement chez les lecteurs experts. L'influence de l'AdA_{ortho} devrait en

revanche être éliminée des réponses enregistrées pour les mêmes mots sitôt que leur prononciation peut être dérivée de leur traduction en Kana, qui minimise la participation de la médiation sémantique.

L'expérience rapportée ici teste cette hypothèse dans le contexte d'une tâche de dénomination proposée à des locuteurs Japonais et portant sur des mots assimilés au début où à la fin de la scolarité élémentaire, tour à tour présentés en Kanji et en Hiragana.

II.1.2. Matériel et Méthode.

II.1.2.1. Participants.

Seize participants (13 femmes et 3 hommes) âgés de 21 à 26 ans, droitiers, de langue maternelle Japonaise et avec une vision normale ou corrigée ont volontairement pris part à l'expérience. Tous les participants ont suivi leur scolarité élémentaire au Japon et sont arrivés en France il y a au plus 3 ans afin de poursuivre leurs études supérieures.

II.1.2.2. Matériel.

La liste expérimentale comprenait 200 items, dont 100 mots transcrits par un caractère Kanji unique et leur traduction en Hiragana. Les Kanji sélectionnés se répartissaient en 5 groupes de 20 items chacun, respectivement acquis au cours des première (L1), seconde (L2), troisième (L3), quatrième-cinquième (L4) et sixième (L5) années d'école primaire, conformément à la Liste Educative (*Gakunen-haitouhyou*) publiée par le Ministère Japonais de l'Education en 1977 et réactualisée en 1981.

Le choix des Kanji cibles a été complexifié par la nature *agglutinative* du Japonais, favorisant la création de mots par juxtaposition d'éléments morphémiques représentés par des caractères chinois isolés (Halpern, 2001). Pris pour lui-même, chaque caractère Kanji ne véhicule donc généralement qu'une signification approximative, bien qu'une minorité d'entre eux reste associée à un concept défini. La liste Educative ne répertorie que les Kanji isolés, seuls les items conservant un sens et une prononciation non ambiguë en isolation ont été retenus à l'issue d'un tri préalable⁸. Au terme de cette première sélection, les items acquis en quatrième et cinquième année ont été réunis en une liste unique, en raison d'une restriction trop importante du nombre de candidats encore disponibles pour ces deux tranches d'âge. La seconde étape de la sélection a consisté à appairer les mots acquis à différentes étapes du parcours scolaire des enfants sur le plan des variables lexicales influentes, à partir des mesures disponibles dans la base de donnée « Nihongo-no Goitokusei » (*Propriétés Lexicales du Japonais*, Amano & Kondo, 1999). Cette base, fondée sur les entrées du dictionnaire Shinmeikai Kokugo Jiten (Kindaichi, 1989), est organisée suivant 8 sous-bases décrivant une variété de caractéristiques relatives à plus de 80 000 mots Japonais et aux caractères les composant, et représente certainement l'outil descriptif le plus complet actuellement

⁸ Nous tenons à remercier Ken Kihara, Natsumi Kajii et tout particulièrement Sumikazu Nishio qui a pris en charge cette sélection et sans qui ce travail n'aurait pu aboutir.

disponible pour la langue Japonaise.

Les variables considérées pour cet appariement étaient les suivantes : fréquence lexicale, longueur de la forme orale des mots associés (estimée en nombre de morae⁹), nombre et fréquence d'usage (i.e. *validité de lecture*) des lectures alternatives, et complexité visuelle des caractères, estimée d'après le nombre de traits entrant dans la composition de chaque idéogramme et selon la densité des points de la police de caractère des Kanji sur une matrice de 32 x 32. Les mesures utilisées sont décrites plus précisément dans l'Annexe 2. Le détail des valeurs moyennes prises par chacun de ces facteurs dans les 5 listes expérimentales constituées figure dans le Tableau 6. On notera qu'en dépit de nos efforts, l'alignement des tout premiers mots acquis sur ceux des 4 autres listes est resté partiellement insatisfaisant, compte tenu des propriétés particulières de ces items, présentant une fréquence et validité de lecture très élevées.

Tableau 6.

	Listes					Statistiques (1) Listes 1 à 5	Statistiques (2) Listes 2 à 5
	L1	L2	L3	L4	L5		
Frq	113898.45	58949.70	70836.80	52366.60	44117.90	F(4,95)=4.377; p=.0027 **	F(3, 76)=.950; p=.4210 ns
Lth	2.10	2.10	2.10	2.10	2.20	F(4,95)=.207; p=.9342 ns	F(3, 76)=.260; p=.8538 ns
Alt.	6,60	5,70	5,45	5,65	4.75	F(4,95)=1.064; p=.3785 ns	F(3, 76)=.550; p=.6497 ns
Vdt	6.76	6.74	6.70	6.66	6,61	F(4,95)=3.271; p=.0147 *	F(3,76)=2,239; p=.0906 ns
Cpx1.	6.20	9.45	10.40	11.150	9.95	F(4,95)=8.538; p<.0001 ***	F(3,76)=1.100; p=.3544
Cpx2 .	196.55	243.70	269.35	273.15	268.55	F(4,95)=12.757; p<.0001 ***	F(3,76)=2.217; p=.0930 ns

Le tableau présente les valeurs moyennes obtenues pour chaque facteur lexical contrôlé (*Frq* : fréquence lexicale, *Lg* : longueur, *Alt* : nombre de prononciations alternatives, *Vdt* : validité de lecture, *Cpx1* : complexité visuelle des caractères exprimée en nombre de traits, *Cpx2* : complexité visuelle des caractères selon la densité des points de leur police de caractère sur une matrice de 32 x 32) dans chacune des listes expérimentales constituées. La comparaison des valeurs lexicales associées aux items de chaque liste a été réalisée au moyen de 6 ANCOVAs prenant pour facteur continu chaque variable lexicale contrôlée, dont le résultat est présenté dans les deux dernières colonnes du tableau (*Statistiques 1* : analyses réalisées sur la totalité des stimuli et *Statistiques 2* : analyses réalisées sur les stimuli inclus dans les liste 2 à 5). Les analyses ont démontré qu'à l'exception des items de la première liste, les mots acquis entre la 2^e et la 5^e année pouvaient être considérés comme homogènes sur le plan des variables contrôlées.

⁹ Les moraes font référence aux unités infra-syllabiques de longueurs variables transcrites par un kana unique.

II.1.2.3. Procédure.

L'expérience a été programmée¹⁰ sous Matlab 5.3, et l'expérience elle-même a été présentée sous Windows XP Professionnel, à partir d'un ordinateur Dell 1-2 CPU. Les participants étaient installés dans une pièce calme, les yeux approximativement à 57 cm de l'écran d'ordinateur, de manière à ce qu'un centimètre sur l'écran corresponde à 1 degré d'angle visuel. Une croix de fixation (+) apparaissait au centre de l'écran 600 ms avant la présentation des stimuli, affichés dans la police Min-Cho couramment utilisée dans les écrits Japonais, de taille 26 points (soit 0.92 cm). De manière à réduire les interférences dues à la luminosité, les caractères étaient présentés en noir sur fond gris. L'ordre de présentation des mots Kanji et Kana était aléatorisé par le programme pour chaque participant, la présentation des deux transcriptions d'un même mot étant au minimum séparée par 40 items intermédiaires. En outre, chaque mot initialement présenté en Kanji pour une moitié des participants apparaissait en premier lieu sous sa forme Hiragana pour la seconde moitié et inversement. Les stimuli restaient présents sur l'écran pendant 5000 ms ou jusqu'à ce qu'une réponse vocale ait été détectée. Chaque mot prononcé était enregistré au moyen d'une carte son SoundBlaster 16-bits et d'un microphone de haute sensibilité directement relié à l'ordinateur. Le signal du microphone était numérisé par la carte SoundBlaster dès la présentation du point de fixation. Les échantillons audio étaient ensuite conservés en vue des analyses différées décrites dans la section Résultats. Les temps de réaction correspondaient à l'intervalle de temps écoulé entre l'apparition d'un stimulus à l'écran et le moment où la réponse associée était donnée.

Cette technique a été préférée à l'utilisation de la traditionnelle clé vocale pour les motifs suivants. Connectée à un microphone qui convertit la pression du son en voltage, la fonction de la clé vocale est d'envoyer un signal au système informatique dès lors que la pression du son atteint un seuil prédéfini. L'ordinateur enregistre alors le nombre de millisecondes écoulées depuis le début de la présentation d'un stimulus (soit le moment où la clé vocale est « armée ») jusqu'à réception du signal, ce qui définit le temps de réaction associé à ce stimulus. Or, Kessler, Treiman et Mullennix (2002) ont démontré que le fonctionnement par seuillage de la pression du son causait d'importantes différences entre les temps de réaction associés aux mots prononcés, en raison des spécificités phonétiques des réponses produites. En particulier, un effet persistant du phonème initial a été observé par-delà l'influence de nombreuses variables lexicales, comme la fréquence, la longueur ou la consistance. Deux principales raisons ont été avancées pour expliquer ce phénomène, autrement désigné par le terme de *biais phonétique*. En premier lieu, les contraintes articulatoires imposent que certains sons soient produits moins rapidement que d'autres. Ensuite, aux différents phonèmes correspondent aussi différents niveaux de pression sonore. Les fricatives comme le /s/ ont par exemple un niveau de pression sonore plus faible que les voyelles, or les clés vocales sont conçues pour se déclencher une fois atteint un niveau de pression sonore fixe. En

¹⁰ Nous remercions notre collaborateur Lionel Grangon pour la conception des programmes d'acquisition du signal sonore et d'extraction automatique des temps de réaction.

conséquence, un temps plus important sera requis pour détecter les fricatives comparativement aux voyelles, perturbant la validité des analyses focalisées sur les variables lexicales. En accord avec les conclusions de Kessler et al. (2002), les procédures numériques, bien qu'elles ne constituent pas une solution parfaite, permettent de contourner une partie des problèmes associés à l'usage d'une clé vocale, en autorisant notamment l'examen a posteriori des tracés vocaux. Il devient donc possible de faire visuellement la part du bruit sur le signal sonore plutôt que de chercher à minimiser le déclenchement de la clé par des signaux non vocaux en ignorant totalement le niveau sonore tombant en dessous du seuil fixé.

Une consigne écrite, traduite en Japonais ¹¹, informait les participants que leur tâche consistait à lire à voix haute les mots en Kanji et Hiragana apparaissant sur l'écran d'ordinateur, en les priant d'être aussi précis et rapides que possible dans leurs réponses. Il était finalement demandé aux participants d'éviter dans la mesure du possible les hésitations et bruits parasites (tousotements) au moment de donner leur réponse. L'expérience débutait avec la présentation de 14 stimuli d'entraînement, que les participants avaient la possibilité de répéter si nécessaire. Les items de la liste expérimentale étaient présentés en deux blocs séparés par une pause.

II.1.3. Résultats.

A l'issue de l'expérience, les réponses de chaque participant ont été réécoutées individuellement de manière à détecter les erreurs de prononciation, et la qualité des signaux de paroles soigneusement contrôlée au moyen du logiciel Praat 4.1.13 (Boersma & Weenink, 2000). Les temps de réaction associés aux réponses erronées, aux hésitations, aux signaux sonores défailants ou d'une durée s'écartant de l'intervalle défini par la moyenne +/- 2,5 fois l'écart type ont été exclus de l'analyse. L'application de ces critères a conduit à l'élimination de 6,94% des données.

Les latences de dénominations ont été calculées à partir de chaque réponse numérisée, en appliquant un algorithme similaire à celui de Kello et Kawamoto (1998), développé sous Matlab 5.3. Durant la phase initiale du traitement, le signal numérisé était lissé au moyen d'une courbe reproduisant très approximativement la forme initiale de l'onde sonore enregistrée. Cette courbe grossière était complétée par une seconde courbe, plus fine, respectant davantage l'allure générale du signal acoustique. Les deux courbes étaient basées sur un calcul d'énergie réalisé au moyen d'une fenêtre d'analyse coulissante de 60 ms qui se déplaçait le long du signal. Le début du signal de parole était ensuite évalué en trois temps. Au cours de la première étape, l'algorithme déterminait le pic d'énergie le plus élevé à l'intérieur d'une fenêtre cible et procédait à l'examen de la portion de la courbe la plus approximative en amont de ce pic jusqu'à détection d'un seuil correspondant à la valeur moyenne du signal + 3 écarts-types. Dans la seconde étape, la courbe la plus fine était explorée en avant du seuil identifié jusqu'à détection d'un seuil correspondant à la moyenne + 10 écarts-types. Finalement, l'algorithme repartait en amont de la courbe fine pour trouver un troisième seuil correspondant à la moyenne + 3

¹¹ Nous remercions notre collègue Sumikazu Nishio pour la prise en charge de cette traduction.

écarts-types. Ce dernier seuil était automatiquement repéré comme correspondant au début de la prononciation du mot. La valeur temporelle associée à l'indice était alors extraite et enregistrée dans un fichier à partir duquel l'intervalle séparant cet indice de l'apparition du stimulus à l'écran était calculé. La valeur obtenue représentait le temps nécessaire au participant pour produire le mot cible. Kawamoto, Kello, Jones et Bame (1998) soulignent toutefois que les latences acoustiques telles qu'elles sont mesurées par l'algorithme décrit ci-dessus ne constituent pas une estimation satisfaisante pour les mots débutant par une plosive (/p/, /t/, /k/, /b/, /d/, /g/). De fait, la production de ces consonnes est caractérisée par l'occlusion transitoire du flux d'air laryngé, provoquant l'augmentation de pression précédant le relâchement explosif générant l'énergie acoustique mesurable. L'explosion se produisant au moment où le phonème suivant est rendu disponible, le début de l'énergie acoustique marque dans ces conditions la fin de la plosive plutôt que son début. En l'absence de technique plus robuste, et bien que les variations interindividuelles limitent considérablement la validité de ce procédé (Kessler et al., 2002), les latences de réponse associées à ces items ont initialement été corrigées sommairement en retranchant respectivement 90 et 60 ms aux mesures brutes des occlusives sourdes et sonores, en accord avec les normes de Landercy et Renard¹² (1977).

II.1.3.1. Contrôle du biais phonétique.

Préalablement à l'analyse des facteurs lexicaux critiques pour cette recherche, la validité de la procédure numérique d'acquisition des données utilisée a été évaluée en se centrant sur la mise en évidence d'éventuels biais phonétiques persistants sur les réponses enregistrées. Les graphiques de la Figure 7 expriment les temps de réaction moyens recueillis en fonction des principales catégories d'appartenance des phonèmes initiaux des mots inclus dans les 5 listes expérimentales. Les données correspondant aux réponses orales fournies dans le contexte où les items étaient présentés en Hiragana (graphique de gauche) ont été distinguées des réponses correspondantes associées aux caractères Kanji (graphique de droite). Les graphiques démontrent que, indépendamment de la liste et du script utilisé pour la transcription des caractères, des temps de réaction plus courts étaient fréquemment associés aux consonnes occlusives sourdes et aspirées en regard des consonnes nasales et des voyelles.

¹² Ces mesures sont dérivées des normes élaborées par Landercy et Renard (1977 :125), situant la durée de la tenue des plosives sourdes dans un intervalle compris entre 90 et 120 ms, et celle des plosives sonores dans un intervalle s'étendant de 60 à 90 ms. Les valeurs de 90 et 60 utilisés dans la présente normalisation correspondent à la borne inférieure de chaque intervalle.

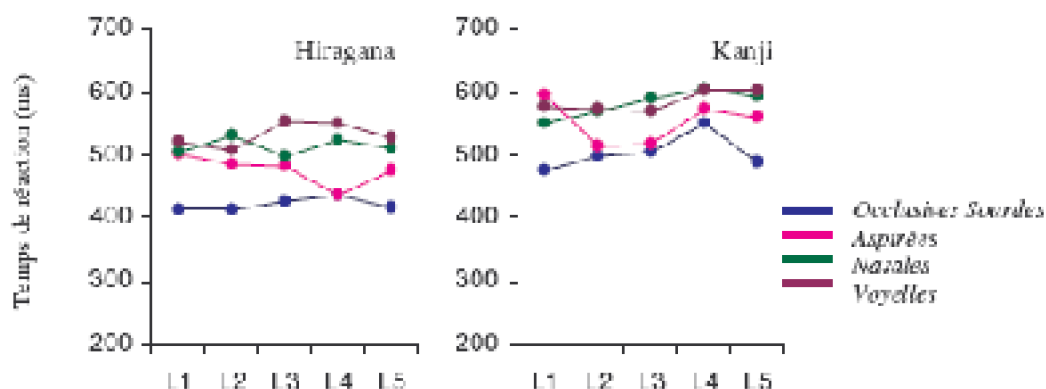


Figure 7. Répartition des temps de réaction (ms) enregistrés sur les mots des différentes listes expérimentales (L1 à L5) suivant les caractéristiques de leur phonème initial (occlusive sourde, aspirés, nasales, voyelles). Les graphiques présentent séparément les résultats correspondant à la dénomination des Kanji et de leur traduction Hiragana correspondante.

Cinq analyses par régression simple prenant pour facteur le phonème initial des mots ont été respectivement conduites sur les latences de réponse enregistrées pour les mots des 5 listes expérimentales. Ces analyses ont été conduites séparément sur les délais de réponse associées à la lecture des Kanji et des Hiragana. Une influence significative du phonème initial a été mise en évidence pour chacune des listes et au sein de chacun des scripts utilisés (voir Tableau 8).

Tableau 8. Résumé des analyses par régression simples conduites sur les temps de réponse moyens correspondant à chaque mot intégré dans les 5 listes expérimentales et prenant pour facteur les caractéristiques des phonèmes initiaux.

	Kanji		Hiragana	
	r^2	Statistiques	r^2	Statistiques
L1	.588	p<.0001 ***	.361	p<.0051 **
L2	.504	p<.0005 ***	.497	p.0005 ***
L3	.790	p<.0001 ***	.425	p<.0025 **
L4	.793	p<.0001 ***	.543	p.0003 ***
L5	.689	p<.0001 ***	.321	p<.0114 *

Ces analyses ont été conduites séparément sur les latences de réponse associées aux caractères Kanji et à leur transcription en Hiragana.

Le maintien d'un certain niveau de bruit dans les réponses rapportées pourrait être lié à une confusion indiscernable du signal et du bruit sur certains tracés, et aux biais articulatoires que les procédures numériques ne permettent malheureusement pas de prendre en considération plus efficacement que les clés vocales (Kessler et al., 2002). Ces analyses préliminaires contraignent donc à exclure toute possibilité d'évaluer de l'impact de l'AdA_{ortho} sur la lecture orale des mots à partir de listes non appariées sur le plan des phonèmes initiaux.

De manière à préserver la robustesse de nos résultats, le choix a été fait de baser l'analyse de l'influence des variables lexicales sur un sous ensemble de 28 mots précoces appris entre la seconde et la troisième année de scolarité (AdA_{ortho} moyen : 8.01) et 28 mots tardifs appris entre la quatrième et la sixième année (AdA_{ortho} moyen : 10 :08), sélectionnés parmi les items de départ. Le graphique de la Figure 9 présente la répartition des mots suivant leur phonème initial dans chacune des deux listes. Ainsi que le montre le tableau de la même figure, les items sélectionnés restaient équivalents sur le plan de la longueur en nombre de morae, de la fréquence, de la fréquence d'usage des lectures associées et de la complexité visuelle des caractères.

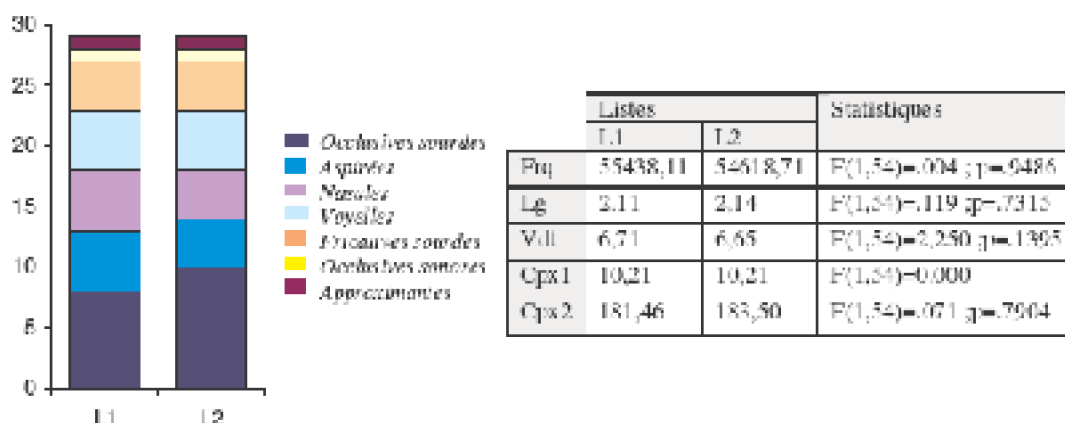


Figure 9. Le graphique de gauche synthétise la répartition des mots précoces (L1) et tardifs (L2) suivant leur phonème initial.

Le tableau présente les valeurs moyennes obtenues pour chaque facteur lexical contrôlé (Frq : fréquence lexicale, Lg : longueur en nombre de morae, Vdt : validité de lecture, Cpx1 : complexité visuelle des caractères exprimée en nombre de traits, Cpx2 : complexité visuelle des caractères selon la densité des points de leur police de caractère dans les listes 1 et 2. La comparaison valeurs lexicales associées aux items des 2 listes a été réalisée au moyen de 5 ANCOVAs prenant pour facteur continu chaque variable contrôlée dont le résultat est présenté dans dernière colonne du tableau.

II.1.3.2. Evaluation de l'impact de l'AdA_{ortho} sur les latences de dénomination suivant les caractéristiques de la transcription visuelle des mots.

Le graphique de la Figure 10 présente les temps de réaction moyens recueillis pour les mots précoces et tardifs, suivant que les items étaient présentés en Hiragana ou en Kanji. Les participants prenaient en moyenne 503,94 ms pour dénommer les mots présentés en Hiragana et 579.64 ms pour prononcer les mêmes mots présentés en Kanji. En dépit de leur caractère inhabituel, les formes Hiragana étaient donc prononcées plus rapidement que leurs homologues Kanji, conformément aux résultats de précédentes recherches (voir par exemple Yamada 1992, 1998). De manière cruciale, le graphique de la Figure 10 met en évidence que les caractères Kanji acquis précocement continuaient à être nommés plus rapidement que les caractères acquis tardivement par les lecteurs experts, tandis

que l'influence de l'AdA_{ortho} était éliminée par la transposition de ces mêmes caractères dans la l'écriture syllabique Hiragana.

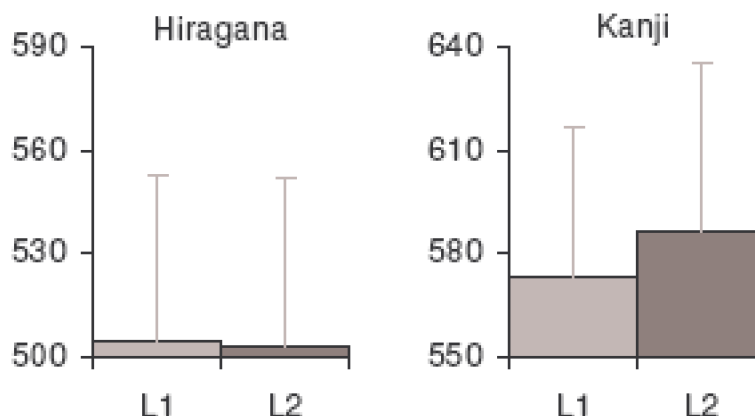


Figure 10. Latences de dénomination moyennes pour les mots transcrits en Kanji et en Hiragana, obtenus pour un sous-ensemble de stimuli expérimentaux appariés sur le plan du phonème initial. Les résultats sont présentés séparément pour les mots acquis précocement (L1) et tardivement (L2).

L'ANOVA conduite sur les temps de réaction prenant pour facteur intra sujets l'AdA_{ortho} (Liste 1 ou 2) et le script utilisé pour la transcription mots (Hiragana ou Kanji) a révélé un effet principal du script ($F(1,15)=70.266$; $p<.0001$) et une interaction significative du script avec l'AdA_{ortho} ($F(1,15)=5,653$; $p=.0314$). L'effet principal de l'AdA_{ortho} est pour sa part resté non significatif (ns $F(1,15)=70.266$; $p=1.489$). La décomposition de l'interaction a révélé que l'influence de l' AdA_{ortho} était proche de la significativité sur le traitement des caractères Kanji (ns $F(1,15)=3,493$; $p=.0813$) mais pas sur celui des mots traduits en Hiragana (ns $F(1,15)=.091$; $p=.7669$).

II.1.4. Discussion

La présente étude avait pour objectif de tester le postulat de Zevin et Seidenberg (2002) d'un déterminisme du type d'apprentissage induit par les caractéristiques des stimuli sur l'émergence des effets d'AdA. Cette proposition a été mise à l'épreuve dans une tâche de dénomination de mots formés d'un unique caractère Kanji et de leurs traductions en Hiragana, opposant en cela une écriture idéographique, caractérisée par les liens arbitraires associant les représentations visuelles au sens, à une écriture syllabique, fondée sur des correspondances régulières entre unités visuelles et sonores. Possibilité était en outre offerte dans cette langue d'examiner au plus près l'influence de l'AdA_{ortho} sur la lecture par l'exploitation de normes objectives concernant l'âge auquel les représentations visuelles des mots étaient intégrées au vocabulaire des enfants. Les résultats rapportés ont finalement été obtenus après neutralisation des biais phonétiques, connus pour limiter gravement la qualité de l'interprétation des effets liés aux variables lexicales manipulées mais souvent sous-estimés dans les tâches de dénomination

classiques (Kessler et al., 2002).

Le principal résultat de cette recherche tient dans la mise en évidence d'une interaction du type d'écriture utilisé pour la transcription des mots et de leur d'AdA^{ortho}. Dans les conditions particulières du traitement des caractères Kanji, dont la prononciation passait par la réactivation des connaissances abstraites liant les formes visuelles à leur signification et à leur prononciation, un avantage discret mais persistant des premiers mots acquis sur les mots appris plus tardivement pouvait être observé. Lorsque la restauration des mêmes informations phonologiques s'appuyait sur un agencement d'unités syllabiques Kana n'ayant fait l'objet d'aucun apprentissage explicite, l'AdA^{ortho} cessait en revanche d'influencer la qualité des dénominations. En admettant que la transcription alternative d'un mot par le Kanji consacré ou par une séquence inhabituelle de Kana influence principalement le degré de participation des codes sémantiques à la dénomination orale (Yamada 1992, 1998), l'influence sélective de l'AdA^{ortho} sur le traitement des mots Japonais composés d'un unique Kanji encourage à établir une relation de causalité entre les manifestations de cette variable et l'assimilation par mémorisation des associations entre les idéogrammes et leur signification. Conformément aux vues de Zevin et Seidenberg (2002), le profil de réponse obtenu dans la présente recherche s'exprime en faveur du rôle critique exercé par les caractéristiques de l'apprentissage sur l'installation durable des effets d'AdA. Plus précisément, les items appris précocement continueraient à bénéficier des modifications de structure induites par leur intégration précoce au réseau impliqué dans la lecture lorsque les propriétés des systèmes d'écrit pratiqués tendent à prévenir le réinvestissement des connaissances antérieures au moment des acquisitions nouvelles. Ce contexte particulier serait à l'origine de l'avantage persistant des mots précoces sur les mots tardifs observé sur les performances des lecteurs experts.

On pourra toutefois s'étonner que les effets d'AdA^{ortho} pris pour eux même n'influençaient que faiblement la rapidité avec laquelle les Kanji étaient dénommés. Les délais de réponse moyens associés aux mots précoces et tardifs n'étaient de fait séparés que de 13,39 millisecondes, ce qui, rapporté au nombre d'années séparant l'acquisition des deux groupes d'items, correspond à une amplitude de 5,15 millisecondes par an. Si l'on considère l'amplitude des effets précédemment rapportés dans les tâches de dénomination d'objets, qui représentent un autre contexte expérimental susceptible de favoriser l'expression de l'AdA selon Zevin et Seidenberg (2002), force est de constater que la taille des effets d'AdA^{ortho} établis dans le cadre de la présente recherche tient comparativement pour quantité négligeable. Le graphique de la Figure 11 illustre cet état de fait en resituant les présents résultats dans le contexte des effets d'AdA obtenus à l'issue de tâches de dénomination d'objets proposées à des participants Anglais, discutés en Introduction de ce chapitre (voir page 32).

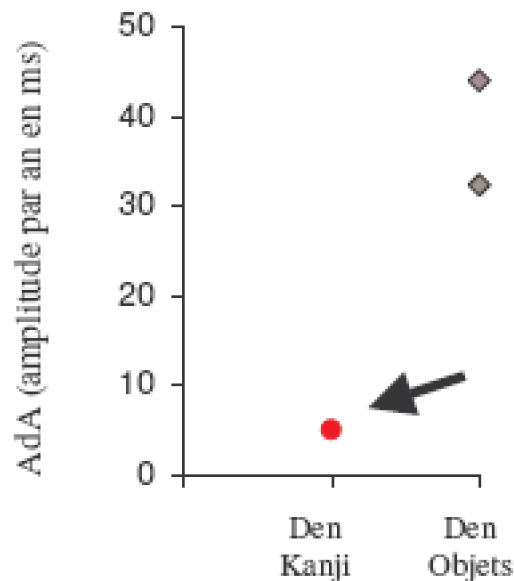


Figure 11. Amplitude des effets d'AdA (ms) pondérée par le nombre d'années séparant l'acquisition des mots précoces et tardifs, suivant la tâche proposée, dénomination de Kanji ou d'objets.

Les points gris représentent les résultats obtenus dans le système alphabétique Anglais (d'après les études présentées en Introduction de ce chapitre) et le point rouge présente l'effet d'AdA_{ortho} établi sur la dénomination des idéogrammes Japonais.

Ce profil de résultat peut être expliqué en tenant compte du fait que les mots Japonais formés d'un caractère Kanji unique sont généralement associés à une signification concrète. Or plusieurs études ont établi que les mots renvoyant à des concepts concrets avaient davantage de chance d'être acquis tôt dans la vie (voir par exemple V Coltheart, Laxon & Keating, 1988 ; Morrison, Chappell & Ellis, 1997). L'organisation des connaissances phonologiques lexicales précédant l'introduction de leur forme visuelle associée, il faut considérer que ces liens robustes entre l'enveloppe sonore des mots et leur signification sont fonctionnels au moment où les enfants entrent dans l'écrit. Ces remarques encouragent à penser que par delà leurs différences en terme d'AdA_{ortho}, la plupart des items utilisés dans la présente expérience bénéficiaient d'associations sémantiques-phonologiques également robustes, en raison de l'acquisition précoce de leurs représentations phonologiques. Cette situation aurait tout particulièrement compensé l'allongement du temps nécessaire à la réactivation des codes orthographiques calculés sur la base des items tardifs, réduisant de ce fait l'écart entre la production des réponses associées aux Kanji précoces et tardifs. Les résultats obtenus plaident donc en faveur d'une influence de l'AdA sur les multiples codes calculés à partir des stimuli visuels présentés et rejoignent les précédentes conclusions de Yamasaki et collègues (1997) concernant la contribution de cette variable à l'organisation conjointe des lexiques orthographique d'entrée et phonologique de sortie. Ces données s'accordent plus généralement à la proposition de Ellis et Lambon-Ralph (2000) d'une influence de

l'AdA non confinée à un domaine de compétence particulier mais susceptible d'affecter l'ensemble des traitements mobilisant des associations acquises sur un mode cumulatif et intercalé.

En conclusion, les résultats obtenus à l'issue de cette étude autorisent à penser que les effets d'AdA sont la conséquence des apprentissages sollicitant davantage les capacités de mémorisation des individus que leur habileté à déduire les liens logiques existant entre les items assimilables. La facilité induite par l'apprentissage précoce des mots formés d'un unique Kanji sur la rapidité de dénomination des locuteurs Japonais suggère qu'un tel effet est à même d'influencer les conversions des formes visuelles à phonologiques, pour autant que les caractéristiques de la langue limitent la possibilité d'un réinvestissement des connaissances initialement acquises sur les éléments nouvellement rencontrés. L'amplitude limitée de cet effet suggère néanmoins que d'autres routes que la voie visuo-sémantique interviennent au cours de la lecture au travers desquelles l'AdA est susceptible de trouver un moyen d'expression.

II.2. Evolution de l'AdA^{ortho} suivant l'âge chronologique et le niveau d'expertise en lecture : Approche empirique de l'hypothèse de la fréquence cumulée sur la reconnaissances des mots écrit.

II.2.1. Introduction

La seconde recherche présentée dans le cadre de ce travail explore pour sa part le deuxième postulat de Zevin et Seidenberg (2002) relatif au caractère indissociable des effets d'AdA et de fréquence cumulée en lecture, pour autant que les systèmes d'écriture alphabétiques soient concernés. Le questionnement empirique de cette position soulève à nouveau le problème de la pertinence des mesures d'AdA pour l'usage qui veut en être fait. La question mérite qu'on s'y arrête, puisqu'elle constitue l'un des principaux arguments opposés à la validité des effets empiriques d'AdA. Ayant passé en revue un vaste aperçu des données de la littérature concernée par le phénomène, Zevin et Seidenberg (2002) ont en effet conclu au caractère peu convaincant des actuels éléments en faveur d'une influence de l'AdA sur le traitement des mots écrits en raison de la forte corrélation de cette variable avec d'autres facteurs connus pour affecter les performances des lecteurs experts, dont l'imageabilité, la longueur, la familiarité et par-dessus tout la fréquence. Zevin et Seidenberg (2004) ont encore appuyé leur propos par la démonstration expérimentale que ces variables lexicales associées expliquaient 70% des variations entre les valeurs d'AdA attribuées à 328 mots par 40 jeunes adultes. Il semble en outre d'autant plus difficile de se départir d'une telle corrélation que Zevin et Seidenberg (2004) l'attribuent à la contribution des facteurs en cause au processus de facilitation de l'apprentissage, supposé déterminer l'ordre dans lequel les mots sont

assimilés (i.e. certains mots sont appris plus tôt parce qu'ils sont plus fréquents, plus concrets, plus courts, etc.).

L'utilisation de normes objectives pourrait constituer une manière de minimiser le problème, bien que l'on ne puisse prétendre le résoudre entièrement. De telles mesures sont disponibles dans plusieurs langues dont le Français (Chalard, Bonin, Méot, Boyer & Fayol, 2003) et ont été élaborées suivant la procédure initialement utilisée par Morrison et al. (1997). Les normes objectives d'AdA correspondent à la proportion d'enfants d'un âge donné capable d'attribuer avec précision un nom aux images des objets qui leur sont soumis. Dans la conception originale de Morrison et al., le choix de cette technique était fondé sur le postulat que la capacité des enfants à produire le nom attendu en réponse à une image témoignait de leur connaissance de l'information sémantique associée au mot cible. Pour ce qui concerne plus particulièrement l'acquisition du langage écrit, le champ pédagogique Français s'est doté il y a plusieurs dizaines d'années déjà d'un outil de suivi de l'évolution des connaissances lexicales des jeunes lecteurs : l'Echelle Dubois-Buyse d'orthographe usuelle (Reichenbach et Mayer, 1977), que ses principes de construction rendent particulièrement adaptée à l'exploration des effets d'AdA^{ortho} dans cette langue (voir la partie Méthode du chapitre suivant). L'intérêt des mesures objectives d'AdA repose sur le fait que ces valeurs sont organisées suivant une distribution moins étroitement similaire à celle des valeurs lexicales auxquelles elles sont liées, par comparaison avec les estimations subjectives (voir par exemple Chalard et al., 2003 ou Morrison et al., 1997). La probabilité pour que les effets d'AdA soient évalués indépendamment de leurs corollaires s'en trouve donc augmentée.

Préalablement à l'adoption de cette démarche, un dernier problème, mais non le moindre doit néanmoins être considéré. Zevin et Seidenberg (2002¹³) dénoncent le fait que la procédure d'élaboration des normes objectives d'AdA les lie intrinsèquement à des données comportementales, faisant de ces mesures des *variables de performances* plutôt que des facteurs lexicaux à proprement parler. Les effets d'AdA établis sur la base de ces normes ne sont donc autres que des variations de performances prédites par d'autres mesures de performances, ce qui confronte les recherches conduites dans ce domaine à un problème de circularité. Ainsi que le rappellent Bonin, Barry, Méot et Chalard (2004), on ne peut rien trouver d'exceptionnel dans le fait de démontrer que les variables lexicales qui facilitent la récupération des formes verbales adéquates chez les enfants sont précisément les mêmes que celles qui se trouvent à l'origine de l'augmentation de l'efficacité des dénominations chez les adultes. La solution proposée par Zevin et Seidenberg (2002; 2004) à cet épineux problème consiste à substituer aux mesures existantes des informations relatives à la *trajectoire de fréquence* des mots, évaluant le nombre de fois qu'un mot a été rencontré en différentes périodes de l'apprentissage de la lecture. En réponse à cette proposition, Bonin et collègues (2004) ont très récemment examiné les relations des estimations subjectives et objectives d'AdA avec des mesures de fréquence cumulée et de trajectoire de fréquence dans une tâche de dénomination de mots Français et à travers la ré-analyse des travaux précédemment menés par ce groupe. Si cet important travail a confirmé que la trajectoire de fréquence constituait une mesure

¹³ Cette critique a été formulée par Zevin et Seidenberg en 2002 dans un article présenté à la British Psychology Society Cognitive Section, Université de Kent, Canterbury, Angleterre, cité par Bonin, Barry, Méot et Chalard (2004).

plus fiable et réaliste des effets de l'« apprentissage conditionné par l'âge ¹⁴ », un effet persistant des estimations objectives de l'AdA a été mis en évidence une fois la trajectoire de fréquence contrôlée. Un des résultats cruciaux de cette recherche tenait également dans le constat que des effets persistant de l'AdA restaient observables une fois l'impact de la fréquence cumulée contrôlé, pour peu que l'influence d'un nombre suffisant de variables associées soit également prise en comptes (et tout particulièrement l'influence du phonème initial, non incluse dans les analyses de Zevin et Seidenberg, 2002).

Ces dernières données encouragent à penser que, moyennant un contrôle strict des facteurs lexicaux associés, l'utilisation des normes objectives publiées par Reichenbach et Mayer (1977) restent un moyen d'exploration fiable de l'influence de l'AdA_{ortho} des mots sur les capacités de lecture des enfants et des adultes. S'appuyant sur ces estimations, la présente recherche propose donc un test direct de l'indépendance de l'AdA_{ortho} et de la fréquence cumulée basé sur une étude transversale de l'évolution des capacités de lecture silencieuse évaluées dans le contexte de la décision lexicale. De manière à optimiser la contribution du lexique orthographique à la réalisation de la tâche, des pseudo mots homophones ont été introduits parmi les distracteurs, la présence d'items de forme orale identique aux mots réels mais de forme visuelle erronée avantagant les stratégies de vérification orthographique en limitant la pertinence des déductions basées sur la phonologie infra lexicale (Gerhand et Barry, 1999b). Il faut souligner que le présent travail constitue à notre connaissance la première mise à l'épreuve de l'hypothèse de fréquence cumulée appuyée sur une comparaison scrupuleuse des performances des enfants scolarisés à l'école primaire, au collège, au lycée et des adultes.

II.2.2. Matériel et Méthode.

II.2.2.1. Participants.

Dix-huit élèves de CM1 (13 garçons, 5 filles d'âge moyen 10 ans 7 mois), seize élèves de CM2 (10 garçons, 6 filles, d'âge moyen 11 ans 7 mois), dix-huit élèves de 6^{ème} (7 garçons, 11 filles, d'âge moyen 12 ans 5 mois), dix-neuf élèves de 4^{ème} (8 garçons, 11 filles, d'âge moyen 13 ans 5 mois), dix-huit élèves de 2nd (9 garçons, 9 filles, d'âge moyen 15 ans 5 mois), seize jeunes adultes (7 hommes, 9 femmes, d'âge compris entre 20 et 27 ans), et seize adultes âgés (8 hommes, 8 femmes, d'âge compris entre 57 et 67 ans) ont volontairement pris part à l'expérience ¹⁵. Tous les participants étaient droitiers, de langue maternelle Française, avec vue normale ou corrigée. Les enfants étaient scolarisés au sein de l'Externat Sainte-Marie de Lyon, et seuls les élèves considérés comme normaux lecteurs par leurs professeurs respectifs ont pris part à l'étude. Les

¹⁴ « Age-limited learning » dans les termes originaux de Bonin et al, 2004.

¹⁵ L'expérience a également été proposée à vingt élèves de CE2 (10 garçons, 10 filles d'âge moyen 9 ans 6 mois). Ces élèves étaient cependant uniquement confrontés aux mots acquis en CP/CE1, ce qui n'autorisait pas l'examen des effets d'AdA_{ortho} dans cette classe. En conséquence, ces résultats n'ont pas été inclus dans la présente description.

adultes recrutés étaient étudiants ou jeunes salariés, bénéficiant au minimum de 3 années d'études supérieures après obtention du baccalauréat. Les personnes âgées, étudiantes à l'Université Tous Ages de Lyon, remplissaient auparavant des fonctions exigeant un niveau d'étude comparable à leurs jeunes homologues, et ne présentaient aucun antécédent neurologique.

II.2.2.2. Matériel.

II.2.2.2.1. Sélection des mots..

La liste expérimentale comprenait 160 items, dont 80 mots, 40 pseudo homophones et 40 pseudo mots non homophones permettant de contrôler la similarité autre que phonologique avec les mots de base.

Les mots inclus dans l'expérience se répartissaient en 4 groupes de 20 items, respectivement acquis aux âges de 6-8 ans (liste 1), à partir de 8 ans (liste 2), à partir de 9 ans (liste 3) et à partir de 10 ans (liste 4), conformément aux normes objectives de l'« Echelle Dubois-Buyse d'Orthographe Usuelle Française » (Reichenbach & Mayer, 1977). Cette base de donnée a été construite à partir de l'analyse des performances en dictée de 59469 élèves de primaire, interrogés en fin d'année scolaire. Les quelques 3787 items utilisés dans cette épreuve étaient extraits des 4329 mots dits d'usage fréquent dans les écrits courants, isolés par Aristizabal en 1938 à la suite de ses travaux de dépouillement de 1400 lettres d'adultes et 4100 rédactions spontanées d'élèves. Lambert et Pirenne, à sa suite, ont répertorié les erreurs communes commises par les élèves (i.e. les formes erronées se retrouvant le plus souvent dans les productions) sur les 3723 mots dictés et ont calculé un indice de difficulté pour chaque mot, correspondant au rapport entre du nombre d'erreurs communes et le nombre total de fautes relevées pour un mot donné. Les mots ont alors été classés en 43 échelons de difficulté croissante, la complexité orthographique des mots contenus dans chaque niveau étant supposée exactement comprise entre celle des échelons immédiatement voisins. Le décours de l'acquisition du vocabulaire écrit a alors été prévu en rattachant une partie des échelons à chaque niveau scolaire d'après la difficulté estimée des mots contenus et en recommandant que 75% de ces mots au moins aient été assimilés à la fin de l'année scolaire concernée. Les deux échelons immédiatement supérieurs devant parallèlement être maîtrisés à 71% et 67%, respectivement. Bien que l'Echelle de Dubois-Buyse ait aujourd'hui beaucoup perdu du caractère strict de son usage dans l'enseignement, cet outil compte encore parmi les principales références pour l'élaboration des listes de « mots à apprendre » des manuels scolaires ou pour le choix du vocabulaire d'usage des albums de jeunesse, bien qu'il ne soit que rarement citée explicitement (Deleuze, 1995, *mémoire de licence de science de l'éducation*). Ces considérations portent donc à conclure à la fiabilité de l'Echelle Dubois Buyse comme indice des acquis orthographiques des apprentis lecteurs contemporains, en dépit de sa parution déjà ancienne.

Les mots sélectionnés satisfaisaient en outre à un appariement rigoureux sur le plan de la fréquence lexicale, de la fréquence des digrammes, de la longueur des mots et de leur catégorie grammaticale (tous les mots sélectionnés étaient des noms) et du nombre de voisins orthographiques. L'ensemble des mesures utilisées ont été extraites de la base

de donnée lexicale BRULEX¹⁶ (Content, Mousty & Radeau, 1990). Des informations supplémentaires relatives à ces mesures figurent dans l'Annexe 3. Des estimations subjectives de l'imageabilité des mots ont été obtenues grâce aux jugements rendus par 34 participants adultes volontaires d'âge compris entre 20 et 30 ans, différents de ceux ayant participé à l'expérience proprement dite. Conformément à la démarche préconisée par Gilhooly et Logie (1980) et utilisée dans la plupart des études anglo-saxonnes (ex. Barry et al., 1997 ; Turner, Valentine & Ellis, 1998), les juges ont été priés d'évaluer la facilité avec laquelle les 80 mots de la liste expérimentale, auxquels ils étaient confrontés dans un ordre aléatoire, permettaient de générer une image mentale. Les estimations étaient effectuées sur la base d'une échelle en 6 points, où 1=impossible de générer une image mentale et 6=très facile de générer une image mentale. Une valeur d'imageabilité moyenne a ensuite été calculée pour chaque item, à partir des notes assignées.

Le détail des valeurs moyennes prises par chaque facteur lexical pour chacune des 4 listes expérimentales figure dans le Tableau 12.

Tableau 12.

¹⁶ Au moment de la construction de la présente expérience, la base de données informatisée Lexique (New, Pallier, Ferrand & Matos, 2001) n'avait pas encore été publiée, pas davantage d'ailleurs que la base lexicale adressée aux enfants *Manulex* (Lété, Spenger-Charolles & Colé, 2004). L'appariement des stimuli sur la base des informations fournies par ces deux bases de données s'est néanmoins révélé satisfaisant à l'issue d'une vérification a posteriori. Le détail de ces analyses figure également dans l'Annexe 3.

	LISTES					STATISTIQUES
	L1	L2	L3	L4	MOYENNE	
FREQ	3847.00	2673.15	3264.84	3717.50	3375.62	<i>ns</i> F(3,74)=.586, p=.6262
LOG FREQ	3.475	3.308	3.390	3.385	3.39	<i>ns</i> F(3,74)=.728, p=.5386
DIGR	2.689	2.676	2.649	2.602	2.65	<i>ns</i> F(3,76)=.145, p=.9326
PHON	3.850	3.950	3.650	3.800	3.81	<i>ns</i> F(3,76)=.300, p=.8255
LETTRE	5.000	5.050	5.050	5.050	5.04	<i>ns</i> F(3,76)=.018, p=.9967
SYLLABE	1.500	1.500	1.400	1.500	1.48	<i>ns</i> F(3,76)=.192, p=.9016
V. ORTH	3.250	2.800	2.100	2.200	2.59	<i>ns</i> F(3,76)=.973, p=.4100
IMA	4.853	4.774	4.773	4.571	4.74	<i>ns</i> F(3,76)=.983, p=.4054

Le tableau présente, pour chacune des 4 listes valeurs moyennes de fréquence lexicale (FREQ et LOG FREQ), de fréquence des digrammes (DIGR), de nombre de phonèmes (PHON), de lettres (LETTRE) et de syllabes (SYLLABE), de voisins orthographiques (V.ORTH) et d'imageabilité (IMA). Les résultats des différentes analyses par items réalisées sur la base de ces données sont présentés dans la dernière colonne du tableau .

Considérant finalement que les normes de l'Echelle Dubois-Buyse (Reichenbach & Mayer, 1977), sur lesquelles reposent la sélection des stimuli ont été réactualisées vers la fin des années 70 alors que l'apprentissage des participants les plus âgés était depuis longtemps achevé, des estimations subjectives de l'AdA_{ortho} ont été établies a posteriori pour les 80 mots inclus dans la liste expérimentale. Vingt et un juges ont ainsi été priés d'évaluer l'âge auquel ils pensaient avoir assimilé les formes orthographiques présentées à partir d'une échelle en 5 points où 1 désignait les mots acquis en CP et 5 les mots appris en CM2. Une corrélation² satisfaisante a pu être établie entre ces mesures et celles de l'Echelle Dubois-Buyse ($r^2=.8891$), justifiant de la validité de ces normes pour l'examen des effets d'AdA_{ortho} auprès des adultes âgés.

II.2.2.2.2. Construction des pseudo mots.

Tous les pseudo mots introduits dans les listes étaient prononçables. Cent soixante-six noms acquis entre l'année scolaire de CP et de CM2 ont été extraits de l'échelle Dubois-Buyse (Reichenbach & Mayer, 1977), permettant la construction d'un nombre équivalent de pseudo homophones. Les pseudo homophones, tout comme les contrôles correspondant, ont été créés par modification d'une ou deux lettres, situées en position initiale, médiane ou finale des mots de base. Les lettres substituées ont été choisies de manière à préserver autant que possible la légalité des séquences orthographiques, d'après les normes de Content et Radeau (1988)¹⁷.

L'adéquation sonore et la légalité orthographique des 166 items de la liste initiale ont été évaluées de manière subjective, au travers de jugements réalisés par 21 participants adultes, différents de ceux ayant pris part à l'expérience. Ces derniers étaient priés de noter sur 10 points la similitude acoustique et visuelle de chaque pseudo homophone par rapport à d'éventuels mots existant dans la langue, puis, le cas échéant, d'écrire en toutes lettres le mot de base pouvant, selon eux, être rapproché du pseudo homophone considéré. A partir de ces évaluations, chaque item s'est vu attribuer une valeur moyenne d'adéquation phonologique et orthographique. Les estimations obtenues ont abouti à la pré-sélection de 90 stimuli de niveau d'adéquation sonore compris entre 8/10 et 10/10. Ces items ont alors été inclus dans une tâche de lecture orale proposée aux 23 élèves d'une classe de CM2 autre que celle fréquentée par les enfants confrontés à la tâche de décision lexicale. Les productions des enfants ont été enregistrées sur un magnétophone, puis retranscrites en tenant compte des substitutions (ex. "maigre" pour "naige"), des prononciations erronées non corrigées (ex. "meige" pour "naige"), et des hésitations (découpages syllabiques, correction des erreurs de prononciation initiales, allongement du temps de réponse par rapport au rythme de lecture moyen). Les seuls pseudo mots considérés comme véritables homophones étaient ceux que 75% des enfants au minimum (soit 17 enfants sur les 23 interrogés) avaient spontanément prononcés de manière identique au mot de base correspondant dans la langue.

Finalement, la similitude des items de chaque liste expérimentale a été vérifiée sur les axes de la fréquence des digrammes (d) et de la densité du voisinage (v), tant entre pseudo-mots homophones et non homophones ($[F_d(7,72)=.650, p=.7131]$, $[F_v(7,72)=.069, p=.9995]$) qu'entre mots et pseudo-mots ($[F_d(7,152)=.696, p=.6753]$, $[F_v(7,152)=.880, p=.5237]$).

Les valeurs moyennes prises par les variables lexicales contrôlées pour les non-mots sont présentées séparément pour chaque type de stimulus et chaque liste dans le Tableau 13.

Tableau 13.

¹⁷ On notera toutefois que la priorité accordée aux critères d'adéquation sonore entre pseudo homophones et mots nous a contraint à conserver une faible proportion de pseudo mots contenant des suites de lettres illégales en Français (environ 5/20 dans chaque liste expérimentale), suivant les normes de Content et Radeau (1988 ; ex : le digramme "ka" au début du pseudo homophone "kave").

		LISTES					
		L1	L2	L3	L4	MOYENNE	STATISTIQUES
Adeq. Phono	PH	8.74	8.69	8.65	8.61	8.67	ns F(3,36)=.102, p=.9583
Adeq. Ortho.	PH	7.48	7.67	7.92	7.55	7.66	ns F(3,36)=.454, p=.7159
DIGR	PC	2.48	2.52	2.71	2.57	2.57	ns F(3,36)=.659, p=.5828
	PH	2.51	2.55	2.72	2.70	2.62	ns F(3,36)=.737, p=.5371
V. ORTH.	PC	2.90	2.70	2.60	2.40	2.65	ns F(3,36)=.086, p=.9674
	PH	2.90	2.60	2.50	2.90	2.73	ns F(3,36)=.069, p=.9759

Le tableau présente, pour chacune des listes les valeurs moyennes d'adéquation sonore (Adeq. Phono) et orthographique (Adeq. Ortho), calculées à partir des notes sur 10 points attribuées à chaque pseudo homophones par 21 juges adultes, de fréquence des digrammes (DIGR), et du voisinage orthographique (V. ORTH). Quelle que soit la variable considérée, aucune différence significative n'a été observée entre les différentes listes.

Remarque : l'adéquation phonologique des pseudo homophones a été évaluée a posteriori dans les classes de CE2, CM1 et 6^{ème} via une épreuve de lecture orale des pseudo mots introduits dans les listes expérimentales cibles proposée aux enfants à l'issue de la tâche de décision lexicale. Cette tâche a également été complétée, dans les classes de CE2, CM1 et CM2 par une épreuve de dictée, visant à évaluer la connaissance orthographique des mots de base. Les productions obtenues ont été analysées suivant une procédure identique à celle utilisée lors du pré-test. Les résultats ont démontré que seule une très faible proportion des items donnaient lieu à une prononciation (7,8% en moyenne) ou à une transcription graphique (10% en moyenne) erronée.

II.2.2.3. Procédure

Le script de l'expérience a été réalisé grâce au logiciel Psyscope 1.1.2.PPC (Cohen, McWhinney & Provost, 1993), et l'expérience elle-même a été présentée à partir d'un Power Macintosh 6500/250. Les participants étaient installés dans une pièce calme, les yeux approximativement à 57 cm de l'écran d'ordinateur, de manière à ce qu'un centimètre sur l'écran corresponde à 1 degré d'angle visuel. Deux points de fixation alignés verticalement (:) apparaissaient au centre de l'écran, 1000 ms avant la présentation des stimuli, affichés dans la police Courier, de taille 24 points. Mots, pseudo homophones et pseudo mots se succédaient dans un ordre aléatoire et restaient à l'écran jusqu'à ce qu'une réponse (i.e. que l'une des touches prédéfinies ait été pressée) soit fournie par le participant. Suite à l'enregistrement de cette réponse, un délai de 1000 ms séparait l'initiation d'une nouvelle séquence d'évènements. Les temps de réaction correspondaient

à l'intervalle de temps écoulé entre l'apparition d'un item à l'écran et le moment où la réponse associée était donnée.

Les participants étaient invités à décider aussi rapidement et précisément que possible si les stimuli présentés constituaient ou non un mot de la langue Française, en pressant l'une des deux touches prédéfinies sur le clavier. L'expérience débutait par la présentation d'un bloc d'essai constitué de 36 items (12 mots, 12 pseudo homophones et 12 contrôles présentés aléatoirement), n'apparaissant pas dans la liste expérimentale. Les participants étaient uniquement confrontés aux mots acquis dans les années précédentes. La tâche ayant été proposée en début d'année scolaire tandis que les normes de l'Echelle Dubois Buyse (Reichenbach & Mayer, 1977) avaient été établies pour la fin de l'année, les élèves de CE2 étaient confrontés aux items de la liste 1, acquis en CP-CE1, les élèves de CM1 aux items des listes 1 et 2, acquis entre le CP et le CE2 et les élèves de CM2 aux items des listes 1 à 3, appris entre le CP et le CM1. Tous les autres participants, de la 6^{ème} aux adultes les plus âgés, avaient à répondre aux items des 4 listes expérimentales, assimilés entre le CP et le CM2.

II.2.3. Résultats

Seules les réponses ayant occasionné des temps de réaction inférieurs à 3000 ms en CM1 ou 2000 ms dans les autres groupes et compris dans l'intervalle défini par la moyenne plus ou moins 2,5 fois l'écart type ont été retenues. En moyenne, 3.67%, 5.4%, 5.3%, 3.25%, 4.38%, 2.4% et 3.67% des données ont respectivement été supprimées de ce fait chez les CM1, CM2, 6^{ème}, 4^{ème}, 2nd, adultes jeunes et âgés. D'autre part, les résultats des participants dont le temps de réaction et/ou le pourcentage d'erreur s'écartait de l'intervalle défini par la moyenne de leur groupe d'appartenance plus ou moins 2,5 fois l'écart type n'ont pas été considérés dans les analyses ultérieures. L'application de ce critère a nécessité l'exclusion d'un participant par tranche d'âge, et de trois élèves de 4^{ème}. Dans un souci d'homogénéisation, le nombre de participants a ensuite été ramené à 15 dans chaque groupe, par suppression aléatoire des données de 2 élèves en CM1, 6^{ème} et 2nd et d'1 élève en 4^{ème}.

Les latences et pourcentages de réponses correctes enregistrés pour les mots et les pseudo mots dans chacune des catégories d'âge considérées sont résumés dans le Tableau 14. Dans chaque groupe, les participants mettaient davantage de temps à rejeter les pseudo mots qu'à accepter les mots, tandis que la précision des réponses tendait à s'homogénéiser sur les deux ensembles de stimuli avec l'augmentation de l'expertise en lecture.

Tableau 14. Pourcentages de réponses correctes (% RC) et latences des réponses correctes (TR en ms) moyens relevés dans les 7 tranches d'âges interrogées au cours de la présente recherche, pour les pseudo mots et pour les mots.

Groupes	Pseudo Mots		Mots	
	TR	% RC	TR	% RC
CM1	1433.73	.79	1026.66	.91
CM2 6 ^{ème}	1106.17	.79	809.10	.92
4 ^{ème}	1111.52	.77	796.03	.93
2 nd	891.13	.88	688.52	.94
Adu	860.66	.85	695.89	.92
Adu	671.15	.93	578.18	.94
Adu (2)	826.89	.93	667.84	.95

II.2.3.1. Influence de l'AdA_{ortho} à différentes étapes de l'apprentissage de la langue écrite et chez les adultes experts.

Les graphiques de la Figure 15 présentent les temps de réponse moyens enregistrés pour les mots inclus dans les différentes listes expérimentales, de la Liste 1, comprenant des mots acquis entre les classes de CP et CE1, à la liste 4, comprenant des mots acquis au cours de l'année de CM2. Les résultats sont présentés séparément pour chaque groupe d'âge considéré. Les graphiques mettent clairement en évidence une augmentation des latences de réponse suivant l'ordre dans lequel les mots ont été introduits dans l'apprentissage. Il est également remarquable que l'effet de l'AdA_{ortho} reste visible au-delà de la fin des cinq années de scolarité élémentaire et tout particulièrement sur les performances des adultes jeunes et plus âgés, dotés d'un réseau mature de traitement du langage écrit.

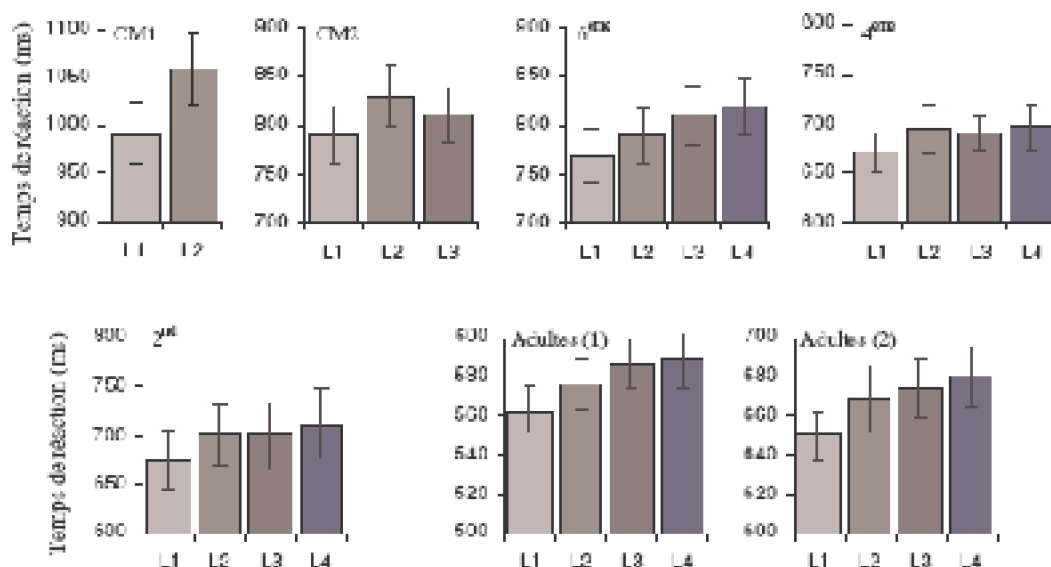


Figure 15. Temps de réaction moyens enregistrés sur les mots des 4 listes expérimentales dans chaque groupe interrogé, des élèves de CM1 aux adultes âgés.

Des ANOVAs ont été conduites séparément sur les temps de réaction recueillis dans les sept groupes de participants interrogés, par sujets (avec l'AdA_{ortho} pour facteur intra-sujets) et par items (avec l'AdA_{ortho} pour facteur inter-items). Rappelons que les

II. Contribution expérimentale : Première partie.

élèves de CM1 étaient confrontés aux Listes 1 et 2, les élèves de CM2 aux Listes 1 à 3 et les groupes restants à la totalité des quatre listes expérimentales. Les résultats obtenus à l'issue de ces analyses sont résumés dans le Tableau 16, complétés par les temps de réaction moyens obtenus pour chaque liste. Les analyses par sujets ont permis de mettre en évidence un effet principal de l'AdA_{ortho} dans tous les groupes à l'exception des classes de 4^{ème} et de 2nd où l'effet est resté non significatif. Les analyses par item se sont pour leur part révélées moins concluantes, l'effet d'AdA_{ortho} n'étant significatif que chez les jeunes adultes et proche de la significativité chez les CM1.

L'amplitude des effets d'AdA_{ortho} pondérée par le nombre d'années séparant les premiers et les derniers items acquis, également rapportée dans le Tableau 16, attire finalement l'attention sur le fait qu'à partir de la classe de CM2, la variable affectait les performances des participants de manière comparable, quel que soit leur degré d'expertise en lecture.

Tableau 16. Détail des ANOVAs par sujet (s) et par items (i) évaluant les effets de l'AdA_{ortho} sur les temps de réaction relevés dans chaque groupe testé (du CM1 aux adultes jeunes (Adu 1) et plus âgés (Adu 2)).

Tableau 16. Détail des ANOVAs par sujet (s) et par items (i) évaluant les effets de l'AdA _{ortho} sur les temps de réaction relevés dans chaque groupe testé (du CM1 aux adultes jeunes (Adu 1) et plus âgés (Adu 2)).					Am/An	Statistiques sur le TR (ms)
Groupe	AdA _{ortho}					
	Liste 1	Liste 2	Liste 3	Liste 4		
CM1	991,54	1058,27			33,37	Fs (1,14)=12.417; p=.0034 ** Fi (1,38)=3.768 ; p=.0597 ns
CM2	788,75	829,15	810,85		7,37	Fs (2,14)=7.001; p=.0034 ** Fi (2,57)=2.105 ; p=.1313 ns
6 ^{ème}	768,33	788,80	810,18	818,68	12,59	Fs (3,14)=6.485; p=.0010 *** Fi (3,76)=1.995 ; p=.1218 ns
4 ^{ème}	671,08	695,01	691,44	696,46	6,35	Fs (3,14)=2.512; p=.0715 ns Fi (3,76)=1.234 ; p=.3034 ns
2 nd	675,14	700,08	700,07	711,13	9,00	Fs (3,14)=2.095; p=.1154 ns Fi (3,76)=1.567 ; p=.2043 ns
Adu (1)	562,93	576,13	586,43	588,06	6,28	Fs (3,14)=7.397; p=.0004 *** Fi (3,76)=2.898; p=.0405 *
Adu (2)	650,05	668,80	673,77	679,89	7,46	Fs (3,14)=6.377; p=.0012 ** Fi (3,76)=2.322 ; p=.0818 ns

L'effet d'AdA_{ortho} s'est avéré non significatif (ns) dans les classes de 4^{ème} et de 2nd uniquement. A titre indicatif, le tableau présente également les temps de réaction correspondant aux mots de chaque liste (de la Liste 1: mots acquis en CP/CE1 à la Liste 4: mots acquis en CM2) et l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} (Am/An), correspondant à l'écart séparant les latences de réponse enregistrées pour les premiers et derniers mots acquis dans chaque groupe, pondéré par le nombre d'années séparant l'acquisition des

deux ensemble d'items.

Les graphiques de la Figure 17 fournissent des informations relatives à l'influence de l'AdA_{ortho} sur la précision des décisions lexicales, mesurée à partir la proportion d'acceptations correctes des mots appartenant aux différentes listes expérimentales. Un profil de réponse similaire à celui observé sur la base des temps de réaction semble se dessiner, les mots appris précocement tendant à être source de moins d'erreurs que les mots acquis plus tardivement. Néanmoins, le pourcentage très élevé de réponses correctes relevé lors du traitement des mots dans tous les groupes interrogés (entre 91 et 95% en moyenne, voir Tableau 1) incite à une certaine prudence quant à l'interprétation des résultats des analyses conduites sur cette variable dépendante.

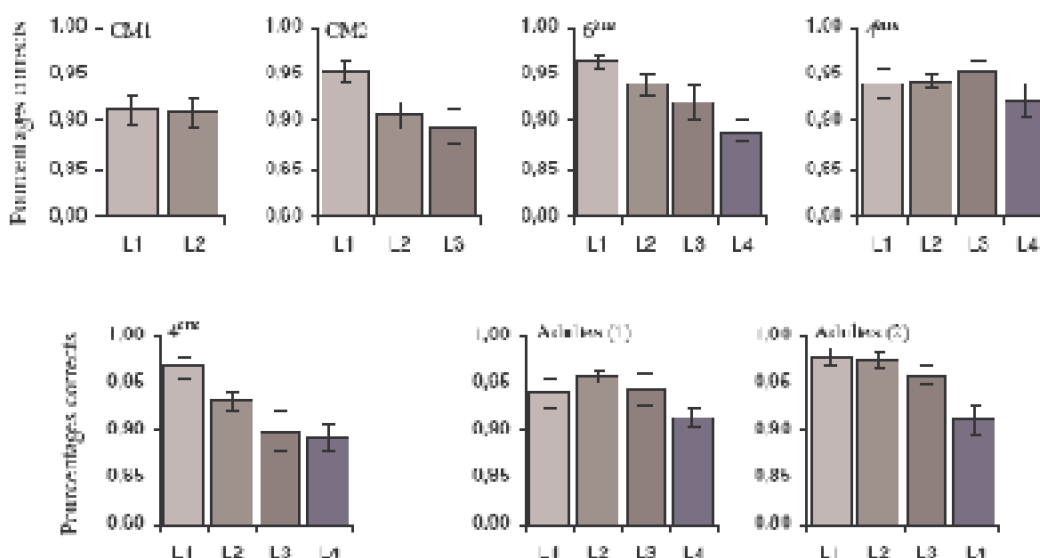


Figure 17. Pourcentages des réponses correctes enregistrés sur les mots des 4 listes expérimentales dans chaque groupe interrogé, des élèves de CM1 aux adultes âgés.

Des ANOVAs ont été conduites séparément sur les taux de réponses correctes recueillis dans chaque groupe interrogé, par sujets (avec l'AdA_{ortho} pour facteur intra-sujets) et par items (avec l'AdA_{ortho} pour facteur inter-items). Les analyses par sujets ont révélé que la variable affectait significativement les performances des CM2, 6^{ème}, 2nd et des adultes âgés. Les effets de l'AdA_{ortho} sont en revanche restés non significatifs sur la précision des décisions lexicales prises par les CM1, 4^{ème} et les jeunes adultes. Les analyses par items ont permis de mettre en évidence un effet principal de l'AdA_{ortho} sur les performances des élèves de 6^e et des adultes âgés, l'influence de la variable restant non significative dans tous les autres groupes.

Le résumé de ces analyses figure dans le Tableau 18, qui présente également le pourcentage de bonnes réponses enregistré pour chaque liste soumise aux participants et l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} pondéré par le nombre d'années séparant l'apprentissage des mots.

Tableau 18. Détail des ANOVAs par sujets (s) et par items (i) évaluant les effets de l'AdA_{ortho} sur les taux de réponses correctes relevés dans chaque groupe testé (du CM1 aux adultes jeunes (Adu 1) et plus âgés (Adu

2).

Tableau 18. Détail des ANOVAs par sujets (s) et par items (i) évaluant les effets de l'AdA _{ortho} sur les taux de réponses correctes relevés dans chaque groupe testé (du CM1 aux adultes jeunes (Adu 1) et plus âgés (Adu 2)).					Am/An	Statistiques sur le TR (ms)
Groupe	AdA _{ortho}					
	Liste 1	Liste 2	Liste 3	Liste 4		
CM1	0,91	0,91			.000	Fs (1,14)=.025; p=.8760 ns Fi (1,38)=.014; p=.9065 ns
CM2	0,95	0,91	0,90		.017	Fs (2,14)=3.808; p=.0344 * Fi (2,57)=2.863; p=.0653 ns
6 ^{ème}	0,96	0,94	0,92	0,89	.018	Fs (3,14)=5.401; p=.0031 ** Fi (3,76)=2.882; p=.0413 *
4 ^{ème}	0,94	0,94	0,95	0,92	.005	Fs (3,14)=.987; p=.4079 ns Fi (3,76)=.793; p=.5016 ns
2 nd	0,97	0,93	0,90	0,89	.020	Fs (3,14)=5.275; p=.0035 ** Fi (3,76)=2.342; p=.0798 ns
Adu (1)	0,94	0,96	0,94	0,91	.007	Fs (3,14)=2.369; p=.0842 ns Fi (3,76)=.700; p=.5551 ns
Adu (2)	0,98	0,97	0,96	0,91	.018	Fs (3,14)=8.412; p=.0002 *** Fi (3,76)=4.113; p=.0093 **

L'effet d'AdA_{ortho} s'est avéré non significatif (ns) dans les classes de CM1, 4^{ème} et chez les jeunes adultes. A titre indicatif, le tableau présente également les pourcentages de réponses correctes correspondant aux mots de chaque liste (de la Liste 1: mots acquis en CP/CE1 à la Liste 4: mots acquis en CM2) et l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} (Am/An), correspondant à l'écart séparant les pourcentages de réponses enregistrées pour les premiers et derniers mots acquis dans chaque groupe, pondéré par le nombre d'années séparant l'acquisition des deux ensemble d'items.

II.2.3.2. Influence de l'expertise en lecture sur l'expression des effets d'AdA_{ortho}.

Les résultats précédemment obtenus ont mis en évidence un effet persistant de l'AdA_{ortho} sur la réalisation des décisions lexicales entre l'enfance et l'âge adulte. Plus intéressant, la stabilité de l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} mesurée sur les temps de réaction (voir Tableau 16) incite à penser que le degré de maîtrise de la langue écrite affecte peu la manière dont cette variable se manifeste sur la reconnaissance des mots écrits. Les analyses présentées ici ont pour objectif de mesurer plus précisément l'impact de l'âge chronologique des participants, pris comme indice du niveau de lecture, sur l'évolution des effets d'AdA_{ortho}. Le pourcentage de réponses correctes très élevé enregistré dans les différents groupes permettant difficilement d'adresser cette question de manière fiable, seules les latences de réponse ont été prises en considération. Les

délais de réponse précédemment présentés ont été repris dans les graphiques de la Figure 19 dans le but de mettre plus clairement en évidence l'évolution de la magnitude des effets d'AdA_{ortho}. Les graphiques situés dans la portion supérieure de la Figure présentent les temps de réaction moyens enregistrés dans chacun des groupes interrogés pour les mots appartenant aux différentes listes expérimentales. Des performances très similaires ayant été observées entre les deux dernières listes, les données enregistrées sur la Liste 3 n'ont pas été représentées, dans un souci de clarté. Ces graphiques mettent en évidence que la progression en âge et en niveau d'expertise se traduit par une diminution du temps de réaction global, qui connaît cependant un nouvel allongement entre les adultes jeunes et plus âgés. D'autre part, dès la fin de l'année de CM2, une fois le cycle des apprentissages élémentaires achevé, les écarts dans la rapidité de traitement des mots inclus dans les différentes listes expérimentales se stabilisent et connaissent visiblement peu de variations au cours du temps. Ce dernier point est particulièrement bien illustré par le graphique reporté au bas de la Figure 19, où ces écarts de performances ont été exprimés indépendamment des fluctuations du temps de réaction global observables entre les groupes. Le graphique présente ainsi la distance séparant les latences de réponse moyennes enregistrées dans chaque groupe pour les Listes 2 et 1 (courbe rose) et pour les Listes 4 et 1 (courbe verte), ajoutée à une valeur de base arbitrairement fixée à 10 ms (courbe bleue) pour l'ensemble des groupes.

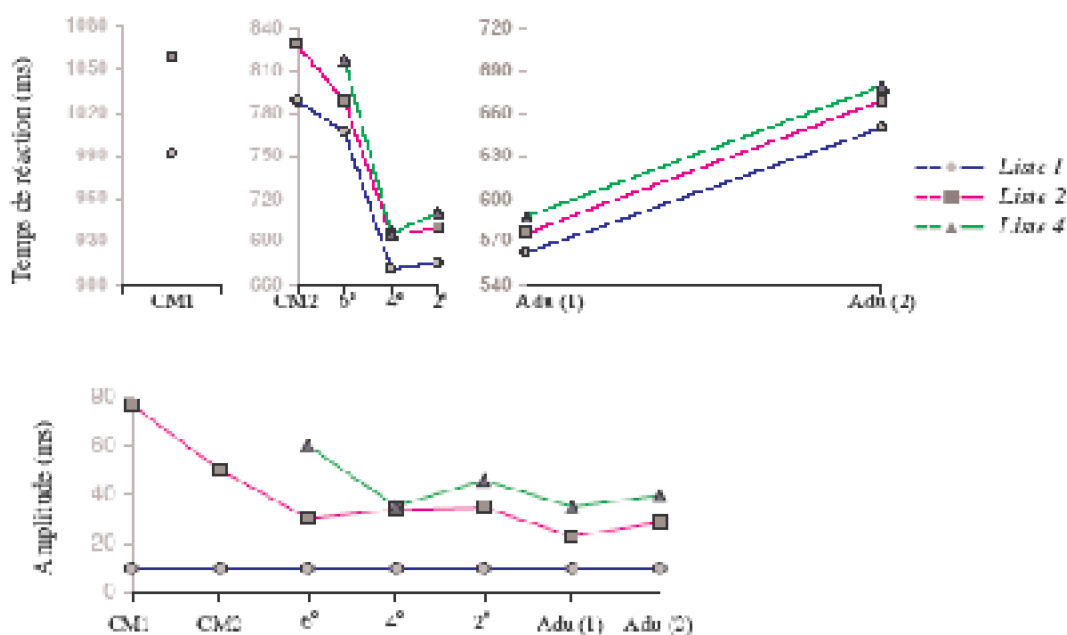


Figure 19. Evolution de l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} sur les latences de réponse en fonction de l'âge chronologique des participants.

Dans les graphiques du haut, les temps de réaction moyens enregistrés sur les Listes 1, 2 et 4 ont été présentés séparément pour chacun des groupes dans lesquels ils ont été enregistrés. Les résultats de la liste 3 très similaires à ceux de la liste 4 n'ont pas été représentés dans un souci de clarté. Le graphique du bas présente les mêmes écarts de

performances après élimination des fluctuations inter-groupes de la valeur globale des temps de réaction. L'écart séparant les délais de réponse enregistrés pour les Listes 2 et 1 sont présentés pour chaque groupe par la courbe rose. La courbe verte présente les écarts correspondant établis entre les Listes 4 et 1. Ces distances ont été exprimées en référence à une ligne de base fixée à 10 ms pour la totalité des groupes, ici représentée par la courbe bleue.

Trois ANOVAs prenant pour facteur intra-sujet l'AdA_{ortho} des mots et pour facteur inter sujet l'âge des participants ont été conduites sur les temps de réaction recueillis. La première ANOVA a été conduite sur les Listes 1 et 2 et concernait les données collectées auprès de toutes les classes d'âges considérées. La seconde ANOVA a été conduite sur les Listes 1 à 3 et concernait les données enregistrées auprès des élèves de CM1 jusqu'aux adultes âgés. La dernière ANOVA concernait finalement la totalité des listes expérimentales et les données des élèves de 6^{ème} jusqu'aux adultes âgés. Les effets principaux de l'âge chronologique et de l'AdA_{ortho} se sont révélés significatifs à l'issue des trois analyses (Tableau 20). L'interaction de l'AdA_{ortho} et de l'âge chronologique des participants n'est apparue significative qu'à l'issue de la première analyse (i.e.: ANOVA conduite sur les deux premières listes et incluant les performances des participants les plus jeunes). On notera que cette interaction perdait son caractère significatif dès lors que les données des CM1, chez qui l'amplitude de l'AdA_{ortho} était particulièrement conséquente, étaient retirées de l'analyse. L'absence d'interaction entre les deux facteurs principaux apporte la confirmation que les effets d'AdA_{ortho} conservaient une magnitude équivalente indépendamment du niveau de lecture des participants.

Les analyses par items correspondantes, prenant pour facteur intra-items l'âge chronologique des participants et pour facteur inter-items l'AdA_{ortho} ont globalement confirmé les résultats des analyses par sujets. L'effet principal de l'AdA_{ortho} s'est révélé significatif dans les analyses tenant respectivement compte des Listes 1 et 2 et des Listes 1 à 4. L'effet de cette variable était proche de la significativité lorsque les Listes 1 à 3 étaient considérées. L'effet principal de l'âge s'est avéré significatif dans les trois analyses. Finalement, aucun effet d'interaction de l'AdA_{ortho} et de l'âge chronologique n'a été mis en évidence. Les résultats des ANOVAs par sujets et par items sont détaillés dans le Tableau 20.

Tableau 20. Détail des trois ANOVAS conduites par sujets (s) et par items (i) sur les latences de réactions dans le but d'explorer l'influence de l'âge chronologique (i.e. du niveau d'expertise en lecture) sur les manifestations de l'AdA_{ortho}.

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

	Analyse 1 : CM1 à Adu (2) L1 et L2	Analyse 1bis : CM2 à Adu (2) L1 et L2	Analyse 2 : CM2 à Adu (2) L1 à L3	Analyse 3 : 6 ^e à Adu (2) L1 et L4
AdA _{orth}	*** Fs (1,98)=50,320 ; p<.0001	*** Fs(1,84)=39.781 ; p<.0001	*** Fs (2,84)=20.773; p<.0001	*** Fs (3,70)=18.023; p<.0001
	* Fi (1,38)=4.705 ; p=.0364	* Fi(1,38)=4.111 ; p=.0497	ns Fi (2,57)=2.997; p=.0579	* Fi (3,76)=2.901; p=.0403
Age chrono	*** Fs (6,98)=32.890 ; p<.0001	*** Fs(5,84)=13.070; p<.0001	*** Fs (5,84)=13.421; p<.0001	*** Fs (4,70)=11.958; p<.0001
	*** Fi (6,38)=356.031; p<.0001	*** Fi(5,38)=205.580; p<.0001	*** Fi (5,57)=297.158; p<.0001	*** Fi(4,76)=306,116; p<.0001
AdA _{orth}	* Fs(6,98)=2,728 ; p=.0171	ns Fs(5,84)=1.012 ; p=.4159	ns Fs (10,168)=.910; p=.5250	ns Fs (12,210)=.605; p=.8369
	ns Fi 6,228)=1.536; p=.1672	ns Fi (5,190)=.492 ; p=.7821	ns Fi (10,285)=.518 ; p=.8768	ns Fi (12,304)=.603 ; p=.8398

La première analyse a été conduite sur les deux premières listes et incluait les données de l'ensemble des participants. Cette analyse a ensuite été répliquée en excluant les données des CM1 (Analyse 1bis). La seconde analyse concernait les Listes 1 à 3 et les données des élèves de CM2 aux adultes âgés. La troisième analyse concernait les Listes 1 à 4 et les données des élèves de 6^{ème} aux adultes âgés.

II.2.4. Discussion

Cette seconde étude avait pour objectif d'évaluer le postulat d'une élimination de l'influence de l'AdA sur la réalisation de tâches mobilisant les conversions de graphèmes à phonèmes une fois atteint un niveau satisfaisant d'expertise en lecture. Le comportement du modèle de Zevin et Seidenberg (2002) laissait en effet envisager qu'un avantage des premiers mots acquis puisse être observé chez les lecteurs débutants, causé par les rencontres répétées avec ces items dans l'intervalle encore court qui sépare ces enfants de leur entrée dans l'apprentissage de la lecture. Les mots tardifs bénéficiant des connaissances construites sur la base des premiers items rencontrés lors de leur apprentissage, cet avantage serait toutefois appelé à disparaître après un certain nombre d'années de familiarisation avec la langue écrite.

Les résultats obtenus à l'issue de la présente expérience confirment partiellement cette hypothèse en mettant en évidence que les élèves CM1, CM2 et 6^{ème} reconnaissaient effectivement plus rapidement les mots appris dans les premières années de leur scolarité lorsque ceux-ci étaient présentés parmi des distracteurs visuellement et/ou phonologiquement proches de mots réels. Ces nouvelles données, qui concernent plus particulièrement le traitement de l'écrit, viennent compléter les résultats auparavant

établis par les quelques études menées auprès d'enfants dans le cadre de la problématique de l'AdA. Brysbaert (1996) a ainsi rapporté que les latences de dénomination d'objets des enfants de 8-9 ans sont affectées par l'AdA indépendamment de la fréquence. V. Coltheart et collègues (1988) ont pour leur part démontré que la précision de lecture orale des enfants de 9 ans restait influencée par cette variable dans des conditions où la fréquence et l'imageabilité étaient contrôlées. Finalement, Garlock, Walley et Metsala (2001) ont récemment mis en évidence que les enfants âgés entre 5 ½ et 7 ½ parvenaient à identifier précisément les mots précoces à partir d'une quantité d'information relative au début de leur prononciation plus restreinte que les mots tardifs. L'amplitude des effets d'AdA_{ortho}, importante à la fin du CM1, tendait en outre à diminuer entre cette classe et la fin du CM2 pour se stabiliser ensuite en 6^{ème}. L'influence de l'AdA_{ortho} se faisait encore plus discrète dans les niveaux scolaires suivants : non significative en 4^{ème}, elle affectait uniquement la précision des décisions lexicales en 2nd, par ailleurs proches d'un effet de plafond.

Néanmoins, il ressort de nos travaux deux importants résultats qui contredisent le versant du postulat de Zevin et Seidenberg (2002) concernant l'élimination des effets d'AdA chez les lecteurs experts, du fait que l'assimilation des items tardifs se trouverait facilitée par le réinvestissement des connaissances construites sur la base des mots précédemment rencontrés. D'abord, l'AdA_{ortho} affectait clairement les performances des lecteurs adultes jeunes et plus âgés en décision lexicale, tâche reposant au moins partiellement sur la réactivation des associations de forme orthographique à forme phonologique. Ensuite et surtout, l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} se retrouvait dans une proportion équivalente à l'issue des cinq premières années d'enseignement élémentaire (CM2 : 7.37 ms/an), à l'âge adulte (6.28 ms/an) et auprès des adultes plus âgés (7.46 ms/an). Ces observations viennent confirmer à plus large échelle les résultats précédemment obtenus par notre équipe dans des conditions similaires et désignés par le terme de *résistance à la pratique* (Aghababian, 1998, Aghababian et Nazir, 2000 ; Nazir, Decoppet & Aghababian, 2003). Ainsi que l'illustre la Figure 21, le profil de résultat obtenu se trouve également très proche des résultats théoriques établis par Ellis et Lambon-Ralph (2000) à l'issue de leur tentative de simulation du décours naturel de l'acquisition du vocabulaire au moyen de leur réseau connexionniste entraîné sur un mode cumulatif et intercalé.

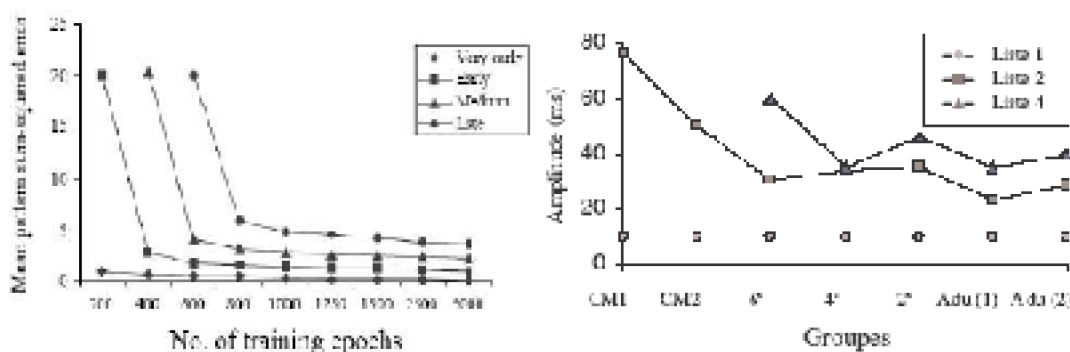


Figure 21. Le graphique de gauche présente la distribution des performances du réseau connexionniste de Ellis et Lambon-Ralph (2000) sur 4 bases d'exemples introduites plus

ou moins tardivement dans l'entraînement du modèle (les exemples les plus précoces sont représentés par les cercles noirs, les exemples les plus tardifs par les losanges noirs).

Le graphique de droite présente les différences de performances observées dans la présente étude sur des mots précoces (Liste 1) et tardifs (Liste 4) auprès de participants de niveau d'expertise en lecture variable. Une diminution progressive des performances est observée dans les deux cas à mesure que les nouveaux items ont été rencontrés tardivement. L'avantage des items précoces sur les items tardifs reste en outre globalement stable sur l'ensemble des périodes considérées, tant sur les données théoriques qu'empiriques.

Se référant à la logique exposée par Morrison et collaborateurs (2001) et discutée en introduction (p.34), la constance dans la magnitude des effets d'AdA_{ortho} contredit l'hypothèse de fréquence cumulée qui prévoit que l'AdA connaisse une diminution consécutive à l'avancée en âge des participants. Ghyselinck, Lewis et Brysbaert (2004) insistent néanmoins sur les limites inhérentes à la comparaison des résultats établis sur la base des études transversales (i.e. études se concentrant sur un moment déterminé et impliquant plusieurs groupes de participants d'âge différent) comme celle de Morrison et al. ou la nôtre, qui restent potentiellement influencés par les effets de cohorte¹⁸. Entre autres, les effets d'AdA_{ortho} chez les personnes âgées ont ici été observés dans le contexte d'un accroissement global du temps de réaction probablement attribuable à un ralentissement général des fonctions cognitives, que les conditions expérimentales ne permettent pas de spécifier plus avant.

A ce stade de notre recherche, nous ne pouvons donc que présumer de l'insuffisance de l'hypothèse de la fréquence cumulée à expliquer nos résultats. Rappelons toutefois que le modèle mathématique d'accumulation des instances de Lewis (1999ab, Lewis et al., 2001) présenté en introduction établit une relation précise entre le logarithme des temps de réaction et les valeurs logarithmiques de fréquence et de temps de résidence des mots d'après la fonction de puissance exprimée suivant les termes rappelés ci-dessous :

$$\ln(TR_i) = -A \ln(F_i) - A \underbrace{\ln(\text{Age} - \text{AdA}_i)}_{\text{Temps de résidence}} + \ln(K)$$

où F représente la fréquence d'occurrence de *i*, Age l'âge du participant au moment où sa performance est mesurée, AdA l'âge d'acquisition de *i* et A et K sont des paramètres constants.

En adoptant une perspective simplifiée dans laquelle la distribution de la fréquence resterait constante au cours du temps, on peut raisonnablement penser que l'intégration des paramètres de la présente expérience à l'équation développée par Lewis (1999ab, Lewis et al., 2001) permette d'approcher avec plus de précision les prédictions de

¹⁸ Les effets de cohorte désignent la part des variations de performances enregistrées auprès de participants jeunes et plus âgés attribuable aux différences de nature socio-culturelles et éducatives existant entre les groupes comparés plutôt qu'à la seule différence portée par l'âge chronologique.

l'hypothèse de fréquence cumulée concernant la distribution des temps de réaction sur les mots précoces et tardifs pour les différentes catégories d'âge considérées. Cette simulation des délais de réponse a donc été réalisée en associant aux mots de chaque liste expérimentale un délai de réponse théorique dérivé de leur fréquence d'occurrence et de l'âge supposé de leur intégration au vocabulaire des enfants. Trois mesures de fréquences ont été utilisées pour ce calcul, choisies pour être les mieux adaptées à l'âge des participants concernés. Deux de ces estimations étaient ainsi tirées de la base de données *Manulex* (Lété, Sprenger-Charolles & Colé, 2004) adressée aux enfants et la troisième était extraite de la base *Lexique* (New et al., 2001), concernant les adultes. Le temps de résidence des mots a pour sa part été estimé d'après l'âge moyen du groupe de participants pour lequel était réalisée la simulation et les normes d'AdA_{ortho} disponibles dans l'échelle de Dubois-Buyse (Reichenbach et Mayer, 1977) utilisée pour la sélection des stimuli. Les constantes A et K ont enfin été ajustées de manière à ce que les données théoriques et empiriques s'expriment dans une échelle comparable et qu'une corrélation satisfaisante soit obtenue entre les valeurs logarithmiques des deux mesures. Le détail des calculs et des analyses de corrélations figure dans l'Annexe 4. Le graphique de la Figure 22 présente les temps de réaction théoriques et empiriques¹⁹ associés à chaque liste de mots présentée aux participants. Deux principaux résultats ressortent de cette analyse. En premier lieu, les données recueillies auprès des enfants et des adolescents (i.e. du CM1 à la 2nd) entretiennent de fortes similitudes avec les performances prédites par le modèle mathématique d'accumulation des instances de Lewis (1999ab). Ce constat est tout particulièrement vrai pour les mots inclus dans les deux premières listes, pour lesquels le modèle prévoit une différence systématique de temps de traitement en faveur des items de la Liste 1. Cette tendance reste d'ailleurs observable chez les adultes jusqu'à un âge avancé. Il paraît donc difficile d'exclure toute contribution de la fréquence cumulée aux profils de résultats présentés dans notre étude. Néanmoins, et ce point est crucial pour la question qui nous préoccupe, l'écart de performance observé entre les mots tardifs et précoces chez les adultes jeunes et plus âgés reste sans commune mesure avec les résultats prédits par le modèle (voir les cercles rouges sur les deux derniers graphiques de la Figure 22). Les résultats théoriques montrent clairement que lorsque les individus avancent en âge, la variation induite par la fréquence cumulée des mots sur les temps de réaction tend à devenir négligeable, ce qui se traduit par une homogénéisation des performances sur les quatre listes expérimentales. Les résultats empiriques prouvent au contraire qu'une partie des stimuli continue à induire un accroissement des temps de réaction chez les participants âgés d'une vingtaine comme d'une soixantaine d'années, en raison vraisemblablement de leur acquisition plus tardive.

¹⁹ Les différences substantielles observées entre les présents résultats expérimentaux et les données présentées dans la partie Résultat proviennent du fait qu'il s'agit ici du résultat des analyses par items tandis que les graphiques des figures 15 et 19 présentaient les résultats par sujets.

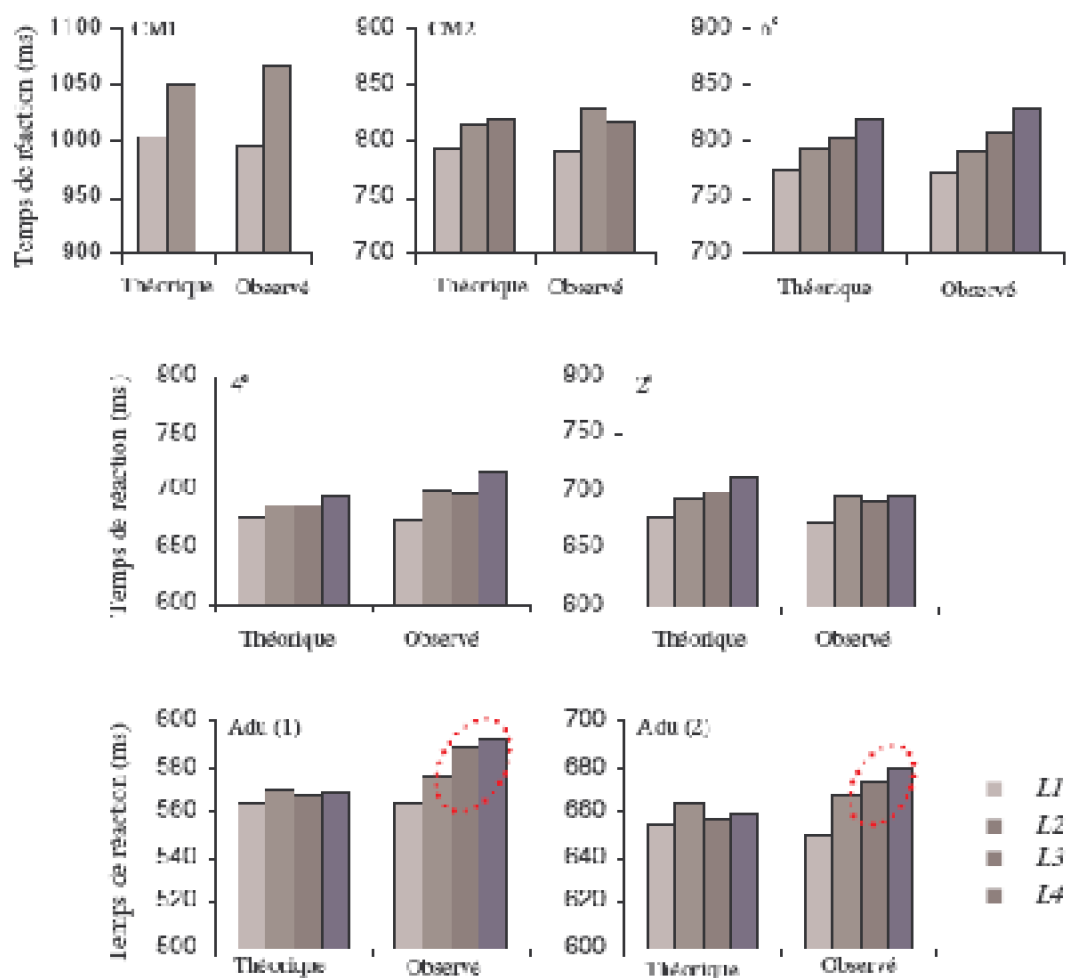


Figure 22. Temps de réaction théoriques et observés obtenus pour les différentes listes présentées (L1 à L4) dans les différents groupes d'âge considérés. Les cercles rouges pointent les performances empiriques des adultes jeunes et âgés que le modèle basé sur la fréquence cumulée ne permettait pas de prédire.

Les tests t de comparaisons des moyennes observées et théoriques ont confirmé ces observations en démontrant que les délais de réponse moyens correspondant aux Listes 3 ($t=2.761$; $p=.0124$) et 4 ($t=2.679$; $p=.0143$) chez les jeunes adultes et à la Liste 4 ($t=2.792$; $p=.0116$) chez les adultes plus âgés étaient les seuls à échapper aux prédictions du modèle d'accumulation des instances (voir l'Annexe 4 pour les détails de ces analyses). De manière intéressante, la diminution de la valeur prédictive du modèle par accumulation des instances semblait liée à une perte progressive de la corrélation des valeurs de fréquence et des temps de réaction à mesure que les participants progressaient en âge. Les analyses par régression simple conduites sur les valeurs logarithmiques des temps de réaction et les valeurs de fréquence transformées en $\log(\text{Fréquence} + 1)$ ont en particulier démontré que si la distribution des latences de

réponse des enfants était adéquatement décrite par la fréquence des mots présentés, cette relation tendait discrètement à s'amenuiser avec le temps pour finir par disparaître des performances des adultes âgés ($r^2 = .027$; $p = .1444$ et voir l'Annexe 4 pour le détail de ces analyses).

Notre mise en évidence d'un impact de l'AdA (ou du temps de résidence) supérieur aux prévisions de l'hypothèse de la fréquence cumulée conceptualisée par Lewis (1999ab, 2001) s'accorde avec les résultats d'une récente évaluation du même postulat publiée par Ghyselinck et al., (2004). Appuyés sur des régressions multiples conduites sur une variété de tâches, dont quatre décisions lexicales, ces auteurs ont en effet démontré que les coefficients de régression associés au temps de résidence étaient systématiquement plus élevés que ceux associés à la fréquence. Or dans le modèle de Lewis (1999ab, 2001), les valeurs logarithmiques de la fréquence et du temps de résidence prédisent le logarithme du temps de réaction de telle manière que des coefficients de régressions égaux leur soient respectivement associés (voir Ghyselinck et al., 2004). Plus précisément, Ghyselinck et collègues (2004) ont montré que le temps de réaction obtenu dans une tâche de décision lexicale où des non-mots illégaux tenaient lieu de distracteurs pouvait être prédit par l'équation suivante :

$$RT_{dt} = 300 + 313 \left[\underbrace{Fréquence \times (Age - AdA)^{10}}_{\text{Temps de résidence}} \right]^{-0.194}$$

Cet exemple veut montrer que la simulation des temps de réaction empiriques obtenus par Ghyselinck et al. (2004) n'était possible qu'à condition de modifier l'équation originale de Lewis en augmentant le poids du paramètre Temps de résidence (représentant l'influence de l'AdA) face au paramètre Fréquence. Les auteurs ont également souligné que l'AdA et la fréquence affectaient les latences de la décision lexicale suivant une amplitude comparable alors même que le domaine de définition des mots de haute et de basse fréquence était considérablement plus étendu que celui des mots précoces et tardifs. Autrement dit, si les mots précoces introduits dans les listes expérimentales étaient au maximum 9 fois plus anciennement connus que les mots tardifs (i.e. potentiellement rencontrés 9 fois plus souvent), les mots possédant une fréquence élevée étaient pour leur part rencontrés 90 fois plus souvent que leurs homologues de basse fréquence. Ces données apportent des indices supplémentaires suggérant que Fréquence et AdA (ou Temps de résidence) ne contribuent pas à l'expression mesurée des effets d'AdA suivant la relation prévue par les principes mathématiques de la fréquence cumulée, ce qui a été considéré par Ghyselinck et collaborateurs (2004) comme un argument décisif à l'encontre de ce postulat.

II.2.5. Conclusion.

Les résultats de la présente étude ont partiellement confirmé les propositions de Zevin et Seidenberg (2002) en mettant en évidence que les capacités de reconnaissance des

mots écrits des jeunes lecteurs étaient fortement conditionnées par la multiplication des rencontres avec les mots qui leur étaient soumis. La comparaison des données observées avec les profils de réponses prédits par le modèle d'accumulation des instances de Lewis (1999ab, 2001) démontre en outre que les effets d'AdA_{ortho} établis sur les performances des adultes sont partiellement attribuables à des variations en terme de fréquence cumulée des items. Néanmoins, combinée avec d'autres éléments de la littérature, et en particulier avec les travaux de Ghyselinck et al. (2004) et de Bonin et al. (2004), notre mise en évidence, chez les participants adultes, d'un écart entre les temps de réaction associés à des mots précoces et tardifs acquis à quatre années d'intervalle largement supérieur à ce que l'hypothèse de fréquence cumulée laisse présager, vient fragiliser la position de Zevin et Seidenberg (2002) concernant l'élimination complète des effets de l'ordre d'assimilation des mots par les confrontations répétées avec ces mots au cours du temps.

II.3. Discussion et conclusion des deux premières études

A l'issue de nos deux premières recherches, nous avons pu apporter certains éléments cohérents avec la théorie des effets d'AdA développée par Zevin et Seidenberg (2002 ;2004). Dans un premier temps, une influence des propriétés des systèmes écrits des langues sur l'émergence de l'effet a été mise en évidence dans une tâche de dénomination de mots proposée à des locuteurs Japonais. L'utilisation de caractères idéographiques Kanji a en effet autorisé l'émergence d'un discret effet d'AdA_{ortho} au cours du processus d'appariement de la forme visuelle reçue en entrée avec une représentation phonologique attendue en sortie, chez des lecteurs experts. En revanche, l'effet disparaissait entièrement lorsque les mêmes formes phonologiques pouvaient être récupérées à partir de la traduction des Kanji dans le script syllabique Hiragana, caractérisé par les relations transparentes entre unités visuelles et sonores. Ces résultats viennent renforcer la proposition de Zevin et Seidenberg (2002) relative au fait que les spécificités des stimuli et de la tâche à apprendre constituent les principaux déterminants de l'installation des effets d'AdA. Cette mise en relation de l'AdA avec les stratégies d'acquisition des informations nouvelles avait d'ailleurs déjà été ébauchée dans les travaux fondateurs de Ellis et Lambon-Ralph (2000), qui assimilaient alors l'AdA au produit naturel des apprentissages cumulatifs et intercalés. Ellis et Lambon-Ralph (2000) défendaient en effet l'idée suivant laquelle ce type d'apprentissage était à l'origine d'importantes modifications de la valeur des poids des connexions consécutivement à la présentation des premiers items, qui réduisaient la sensibilité ultérieure du modèle aux signaux d'erreur générés par les exemples intervenant plus tard dans l'entraînement. Dans ce contexte, le réseau ne pouvait développer une capacité de discrimination fine pour un sous-ensemble d'exemple de sa base d'entraînement qu'au prix d'une diminution de ses possibilités d'adaptation face aux nouveaux items. Zevin et Seidenberg (2002) ont affiné cette explication en démontrant qu'une telle situation n'était observable que dans

les conditions où les particularités des stimuli empêchaient que les connaissances construites sur la base des premiers acquis d'être réutilisées au moment des acquisitions nouvelles, forçant un apprentissage par mémorisation. Cette logique a permis aux auteurs d'affirmer que la richesse de la structure interne des langues alphabétiques suffirait à favoriser l'exploitation du principe déductif, éliminant l'influence de l'AdA sur l'efficacité de la lecture des adultes à l'exception peut-être du traitement des mots contenant des correspondances graphèmes phonèmes inconsistantes dont l'assimilation mobiliserait moins les stratégies déductives (voir aussi Monaghan & Ellis, 2002b).

Les analyses expérimentales et les simulations de Zevin et Seidenberg (2002) étaient en outre très claires sur le fait que l'apprentissage précoce de certains items avait moins à voir avec un ordre particulier de présentation qu'avec certaines propriétés lexicales intrinsèques à même de faciliter l'assimilation de ces mots. Parmi ces facteurs, les rencontres répétées avec un ensemble de mots à une période donnée de la vie jouait un rôle tout à fait déterminant sur la vitesse des acquisitions dans les premières étapes de l'installation des procédures du traitement de l'écrit. Le réseau développé par Zevin et Seidenberg (2002) était néanmoins capable par la suite d'assimiler les informations introduites tardivement dans son entraînement moyennant un nombre de présentations plus réduit, attestant de ce fait des bénéfices tirés de l'apprentissage des premiers exemples. Il découle de ce principe que l'avantage des mots présentés fréquemment au réseau au début de son entraînement ne restait observable que sur une portion de temps délimitée durant laquelle le nombre total de rencontre avec les mots précoces restait encore supérieur au nombre de confrontations correspondantes avec les mots présentés plus tardivement. A terme, les performances des adultes ne seraient donc plus affectées que par l'accumulation des rencontres avec les mots, indépendamment de la manière dont ces rencontres se distribuaient dans le temps.

Les résultats obtenus dans le contexte de notre étude transversale suggèrent effectivement que l'apprentissage de la lecture puisse au moins en partie s'organiser conformément avec ce principe. Tandis que les performances des enfants apparaissaient fortement corrélées avec la fréquence d'occurrence des mots qui leur étaient présentés, l'organisation des latences de réponse enregistrées auprès des adultes jeunes et âgés était moins étroitement prédite par ce facteur. D'autre part, les mots acquis entre les classes de CP et CE1, également associés à une valeur de fréquence cumulée plus importante que les mots des autres listes, restaient associés à une efficacité de traitement plus importante tout au long de la vie. Il semble toutefois prématuré de considérer que l'accumulation des instances suffise à expliquer entièrement les effets attribués à l'âge ou à l'ordre d'acquisition dans la littérature. Le calcul des temps de réaction théoriques appuyé sur le modèle de Lewis (1999ab, 2001) a en effet permis de démontrer qu'avec l'avancée en âge, les mots appris à 4 années d'intervalle dans l'enfance tendaient à présenter des valeurs de fréquence cumulée équivalentes, ce qui se traduisait par une homogénéisation des performances associées aux mots des 4 listes présentées. Or les mots tardifs, acquis au cours de la dernière année d'école élémentaire, persistaient à induire chez les adultes des latences de réponse significativement allongées par rapport à celles prédites par l'hypothèse de fréquence cumulée. La différence de traitement opposant les mots précoces et tardifs conservait en outre une amplitude étonnamment semblable entre l'enfance et l'âge adulte, suggérant fortement que ce phénomène n'est

pas lié aux processus généraux de familiarisation avec la langue écrite. Contrairement aux affirmations de Zevin et Seidenberg (2002), une partie des résultats obtenus dans le contexte des présentes recherches suggère donc que quelque chose se passe au moment des premiers apprentissages qui cause une sur-représentation des mots précoces dont les acquisitions ultérieures se ressentent (voir également Nazir, Decoppet & Aghababian, 2003, pour un constat similaire).

Considérant les simulations conduites par Zevin et Seidenberg (2002) dans le détail, il apparaît que la disparition des effets d'AdA a essentiellement été obtenue dans des circonstances où le modèle était entraîné sur une base de 2891 mot monosyllabiques et monomorphémiques dont un sous-ensemble était sélectionné pour représenter les items cibles. L'entraînement du modèle sur un ensemble de mots plus large que les seules instances précoces et tardives avait pour vocation de reproduire avec réalisme l'appariement quasi-régulier unissant les représentations orthographiques et phonologiques en langue Anglaise. Le taux de présentation de ces items dits d'« arrière plan » était défini en rapport avec leur fréquence réelle, établie à partir d'un comptage d'occurrences réalisé sur un corpus de quotidiens américains (Marcus, Santorini & Marcinkiewicz, 1993 ; cité par Zevin et Seidenberg, 2002). Il est encore précisé que l'intervalle de fréquence dans lequel s'exprimaient les mots d'arrière plan était similaire à celui choisi pour l'entraînement des items cibles. Les expériences ont montré que ce mode d'apprentissage préservait les capacités de généralisation y compris lorsque les items cibles étaient des mots « étranges » sélectionnés pour que leur prononciation diffère de celle des mots visuellement apparentés dans la liste d'entraînement, contrairement à ce que suggéraient les modélisations réalisées par Monaghan et Ellis (2002b).

La mise en évidence d'un avantage persistant des mots acquis précocement sur les mots acquis tardivement sur les latences de décision lexicale des lecteurs experts en Français doit donc faire penser, si l'on souhaite conserver le modèle de Zevin et Seidenberg (2002) comme cadre de référence, que les conditions normales d'apprentissage de la langue empêchent, ou plus exactement ralentissent, le réinvestissement des premières connaissances acquises. Ces contraintes imposent une phase de mémorisation au cours des premières étapes de l'acquisition de la lecture. Notre hypothèse de base est que le nombre et/ou la diversité des mots rencontrés au cours de la première année d'apprentissage de la lecture, ou encore les capacités d'assimilation des jeunes apprenants, n'autorisent pas une déduction des liens logiques des structures sous jacentes aussi efficace que celle réalisée par le modèle. Il semble donc utile de faire un point plus précis sur ce qui distingue le vocabulaire écrit rencontré par les enfants au cours de leur apprentissage de celui des lecteurs adultes. Une telle comparaison a été réalisée avec une grande précision par Lété (2004), partant des valeurs de fréquences d'occurrence des mots des manuels scolaires destinés aux élèves de l'école primaire pondérées par un indice de dispersion établies dans la base *Manulex* (Lété et al., 2004) et des normes correspondantes définies pour les adultes dans la base *Lexique* (New et al., 2001). Ainsi, Lété (2004) rapporte que tandis que la fréquence moyenne des mots dans un corpus de textes adressé aux adultes est de l'ordre de 20 occurrences par million environ, cette fréquence moyenne évolue de 135 occurrences par millions au CP, à 94 au

CE1 et à 47 entre le CE2 et le CM2. A partir du Cycle 3 (du CE2 au CM2), 50% des mots ont une fréquence inférieure à 1 occurrence par million rejoignant en cela les observations concernant les corpus de textes des adultes. La comparaison des normes de fréquence collectées pour les différents niveaux scolaires dans *Manulex* révèle surtout que 25% des mots répertoriés pour les élèves de CP ont une fréquence d'occurrence supérieure à 43 par million, ce qui est l'indice d'une importante répétition du vocabulaire dans les manuels destinés à cette classe. Ce constat est relayé par les remarques formulées par Lété et al., (2004) au sujet du faible nombre de hapax (i.e. mots ou formes rencontrés une seule fois dans un corpus donné) relevé dans le corpus de manuels scolaires utilisés pour la construction de *Manulex* comparativement aux corpus de textes destinés aux adultes (31% des mots et 21% des lemmes dans le corpus de manuels contre près de 50% dans le corpus de *Lexique*). La restriction du nombre de ces hapax avait alors été attribuée à la nécessité de répéter le vocabulaire dans l'intention de le faire apprendre. Dans ses estimations du vocabulaire des enfants entre 6 et 11 ans, Lété (2004) met en outre l'accent sur la nécessité de distinguer le lexique des manuels, donnant un aperçu des mots que l'enfant a des chances de rencontrer au cours de sa scolarité, du *vocabulaire* de l'enfant, qui concerne plus directement son stock lexical en réception ou en production de l'écrit. Lété souligne que les estimations de l'importance du vocabulaire des enfants sont souvent surévaluées dans la littérature du fait que ces estimations s'appuient sur un lexique représentant la totalité des mots de la langue (voir par exemple Anglin, 1993 ; cité par Lété, 2004) plutôt que sur une approche réaliste du matériel écrit auquel l'enfant est susceptible d'avoir été confronté au cours de ces lectures. L'estimation du vocabulaire écrit en réception des enfants de CP basée sur l'analyse moyenne des lemmes extraits des manuels intégrés dans le corpus de *Manulex* a permis d'établir qu'un manuel regroupait en moyenne 2 500 formes orthographiques distinctes dont 1 900 lemmes. Cette procédure a permis à Lété (2004) de conclure que le stock de mots assimilé par un enfants à la fin de sa scolarité élémentaire était de l'ordre de 5 000 unités, ce qui représente environ le quart du vocabulaire contenu dans un corpus d'écrit de son niveau scolaire représentatif et un quinzième du vocabulaire des textes destinés aux adultes. L'ensemble de ces constatations suggère bien que dans les conditions normales d'apprentissage de la lecture, les enfants ne seraient pas en position d'exploiter le vocabulaire écrit rencontré pour construire leur connaissance de la structure interne de leur langue avec autant d'efficacité ou de rapidité que le prévoient les modèles connexionnistes. Dans l'intervalle séparant la mise en fonction des procédures de réinvestissement des connaissances acquises, la participation de la mémorisation des associations de paires orthographiques et phonologiques pourrait être plus conséquente, justifiant l'apparition ultérieure des effets d'AdA_{ortho}.

L'impact de la quantité ou de la qualité des informations lexicales auxquelles les enfants sont sensibles dans les toutes premières phases de leur apprentissage de la lecture sur l'installation des effets d'AdA_{ortho} sera examiné plus directement dans l'étude suivante.

III. Contribution expérimentale : Seconde Partie

III.1. Influence de l'étendue des connaissances lexicales sur l'installation des effets d'AdA_{ortho} : le cas des enfants intellectuellement précoces

L'influence de la taille du vocabulaire sur la manifestation des effets d'AdA n'a jusqu'alors été directement explorée qu'au travers de l'une des simulations conduites par Ellis et Lambon-Ralph (2000, simulation 8). Dans cet objectif, les auteurs ont successivement entraîné leur réseau connexionniste sur des bases d'exemples précoces et tardifs dont la taille évoluait entre 50 et 200 items. Conformément au principe d'apprentissage cumulatif et intercalé énoncé plus haut, l'entraînement initié sur les items précoces se poursuivait systématiquement par delà l'introduction des items tardifs. La Figure 23 présente le profil de performance établi par Ellis et Lambon-Ralph (2000) à l'issue de leur simulation. Le graphique illustre clairement que l'amplitude des effets d'AdA obtenus était d'autant plus importante qu'un nombre conséquent d'items était soumis au réseau en début d'apprentissage. Il est également évident que la taille de la base d'exemple utilisée portait sélectivement préjudice au traitement des items tardifs sans affecter de manière

comparable la qualité des réponses apportées aux exemples précoces. En d'autres termes, l'assimilation précoce d'une vaste base d'items réduisait encore les capacités d'adaptation du réseau aux items tardifs, tout en préservant l'efficacité avec laquelle les premiers items étaient traités.

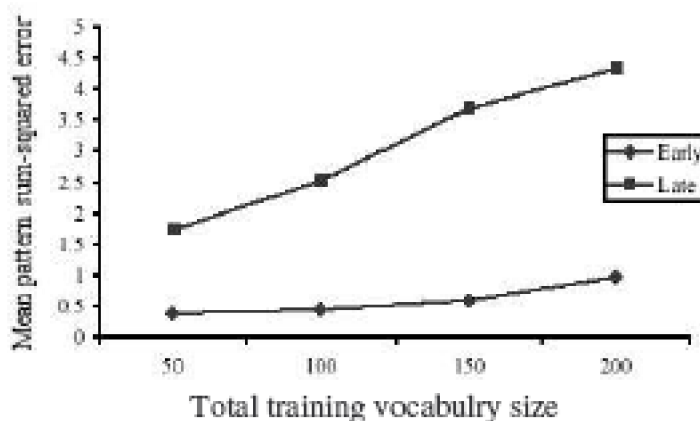


Figure 23. Le graphique reprend les résultats de la Simulation 8 de Ellis et Lambon-Ralph (2000), évaluant l'impact de la taille du vocabulaire sur l'expression des effets d'AdA.

Le taux d'erreur du réseau respectivement mesuré pour les items précoces (losanges noirs) et tardifs (carrés noirs) a été exprimé en fonction de la taille des 4 bases d'exemples utilisée, évoluant de 50 à 200 items (soit de 25 à 100 items par condition).

Ainsi que mentionné plus haut, la portée des résultats établis par Ellis et Lambon-Ralph (2000) reste limitée par les caractéristiques artificielles des exemples utilisés pour entraîner le modèle. Bien que les conclusions avancées puissent s'avérer exactes dans des conditions où la nature arbitraire des stimuli présentés sollicite davantage les capacités mnésiques que les facultés de déduction des apprenants, rien en revanche ne suggère qu'elles s'appliquent parallèlement aux apprentissages favorisant le réinvestissement des connaissances anciennes au moment des nouvelles acquisitions. Pour Zevin et Seidenberg (2002), l'installation des effets d'AdA_{ortho} est en effet subordonnée à la capacité des jeunes lecteurs à capter les liens logiques unissant les représentations graphiques et phonologiques à partir des échantillons de la langue auxquels ils sont confrontés. Partant de ce principe, nous avons proposé que l'influence persistante de l'AdA_{ortho} sur le traitement des systèmes alphabétiques écrits soit la conséquence d'une exploitation plus limitée des formes orthographiques rencontrées dans les premières étapes de l'apprentissage naturel de la lecture en regard de ce que laissaient envisager les modèles connexionnistes. L'exploration du comportement des enfants intellectuellement précoces face au matériel verbal écrit offre un moyen d'évaluer empiriquement cette hypothèse pour les raisons développées dans ce qui suit.

Les enfants dotés d'un QI élevé sont souvent caractérisés par le développement exceptionnel de leur lexique (voir par exemple Jambaqué, 2004). La comparaison de 158 enfants précoces sur la base de leur résultats au WISC a ainsi permis à Brown et Hwang

(1991 ; cité par Bessou, Montlahuc, Louis, Fourneret et Revol, 2005) d'établir que le sub-test Vocabulaire, consistant à fournir la définition de 30 mots de complexité croissante, comptait parmi les épreuves les mieux réussies dans cette population. Il est également intéressant de noter que Bessou et collègues (2005) ont démontré que le profil psychométrique des enfants précoces était caractérisé par des performances supérieures à l'épreuve des Similitudes, évaluant les capacités de conceptualisation, de logique, d'abstraction et de synthèse. L'accroissement exceptionnel du vocabulaire chez les enfants précoces serait sous-tendu par une confrontation avec un nombre et une variété importante de formes orthographiques, en raison de leur curiosité plus affirmée pour des supports écrits divers. Les aptitudes précoces d'habituation aux stimuli et le degré élevé de préférence pour la nouveauté, reconnues par Steiner et Carr (2003) comme favorables au développement d'un niveau d'intelligence supérieur, assureraient en outre une optimisation de l'exploitation des formes orthographiques rencontrées pour la construction de la connaissance du fonctionnement général de la langue. Cette facilité à assimiler une quantité élevée d'informations permettrait aux enfants précoces de développer plus efficacement leurs capacités d'apprentissage déductif au profit de l'intégration des principes organisateurs de leur système écrit. Contrairement aux prédictions formulées par Ellis et Lambon-Ralph (2000) dans le contexte d'un apprentissage limitant la contribution des acquis antérieurs à l'assimilation des informations nouvelles, la mise en œuvre de la stratégie d'acquisition déductive à un degré supérieur devrait donc aboutir à l'élimination de l'influence de l'AdA_{ortho} des réponses fournies par les enfants précoces.

Ce postulat a été testé en confrontant un groupe d'enfants de haut niveau intellectuel au protocole expérimental construit pour la seconde étude rapportée dans le cadre de ce travail.

III.1.1. Matériel et Méthode

III.1.1.1. Participants.

III.1.1.1.1. Groupe « précoces »

Quinze enfants âgés entre 8 et 11 ans (CM1 : 4 garçons 1 fille, âge moyen: 8:11 ; CM2: 4 garçons 1 fille, âge moyen: 10:02 ; 6^e: 4 garçons 1 fille, âge moyen: 11:01) ont été invités à prendre part à cette étude. Ces enfants ont été sélectionnés sur la base d'un quotient intellectuel global ²⁰ supérieur à 130 au test d'efficacité intellectuelle de Wechsler 3^e version (WISC-III ; Wechsler, 1996). De manière à faciliter la comparaison avec les témoins, les parcours scolaires classiques ont été privilégiés lors du recrutement, bien qu'il n'ait pas été possible d'écarter tous les enfants précoces ayant bénéficié d'un saut de classe. A quelques exceptions près, ces enfants ont néanmoins normalement appris à lire en CP ²¹.

²⁰ La note globale de quotient intellectuel (QIT) est calculée sur la base des scores obtenus à 12 subtests équitablement répartis entre une échelle de verbale, permettant le calcul du QIV, et une échelle de performance, permettant le calcul du QIP.

Préalablement à la passation de la tâche de décision lexicale, l'âge de lecture de chaque enfant précoce a été évalué au moyen du test de l'Alouette (Lefavrais, 1967), pouvant être administré dès la fin du premier trimestre de CP et jusqu'à l'âge adulte. Durant 3 minutes, les enfants étaient ainsi priés de lire à voix haute un texte relativement abstrait, composé de 256 mots. Dans le cas où le délai imparti était insuffisant pour que l'ensemble du texte soit lu, l'enfant était interrompu et la portion de texte traitée au moment de l'interruption était indiquée. Lorsque les enfants parvenaient au terme du texte avant que le seuil critique des 3 minutes n'ait été atteint, leur temps de lecture était enregistré. A l'issue de l'épreuve, le *score apparent* de chaque enfant était calculé (i.e.: nombre total de mots lus en 3 minutes), de même que le nombre d'erreurs commises (i.e.: mots mal lus et non corrigés, non lus après un délai de 5 secondes ou omis). Le niveau de lecture était alors déduit de ces deux informations, reportées sur des tableaux de références étalonnés auprès de 800 participants, enfants et adultes, et choisis en fonction de la durée de lecture enregistrée, supérieure ou inférieure à 3 minutes.

L'âge chronologique, l'âge de lecture, le niveau scolaire, le niveau de lecture, le Quotient Intellectuel de Performance, le Quotient Intellectuel Verbal et le Quotient Intellectuel Total (lorsque ces informations étaient disponibles) ont été reportés pour les enfants de chaque groupe dans le Tableau 24.

Tableau 24. Informations relatives aux enfants précoces participant à la présente étude.

²¹ Nous remercions sincèrement le Dr Pierre Fournet pour son aide précieuse lors de la sélection des participants intellectuellement précoces.

	Age chronologique	Age de lecture	Niveau Scolaire	Niveau Lecture	QIV	QIP	QIT	Saut de Classe
S1	08:01	10:07	CM1	CM2 Mars	146	132	147	CE2
S2	08:01	10:05	CM1	CM2 Février	149	136	150	CE1
S3	09:00	09:11	CM1	CM1 Juin	-	-	-	Grande Section
S4	09 :07	09 :11	CM1	CM1 Juin	140	119	135	Aucun
S5	09 :07	10 :01	CM1	CM1 Août	-	-	-	Aucun
S6	09:04	10:07	CM2	CM2 Mars	149	122	145	CP
S7	10:11	11:06	CM2	6 ^e Janvier	126	134	136	Aucun
S8	09:11	10:07	CM2	CM2 Mars	-	-	-	CE1
S9	10:09	09:07	CM2	CM1 Février	132	113	126	Aucun
S10	10 :08	09 :05	CM2	CM1 Décembre	-	-	-	Aucun
S11	10:09	12:05	6E	5 ^e Décembre	136	121	133	CE2
S12	11:08	11:02	6E	6 ^e Septembre	139	122	136	Aucun
S13	11:04	11:02	6E	6 ^e Septembre	139	116	132	Aucun
S14	11:01	10:05	6E	CM2 Février	143	143	150	Aucun
S15	10 :07	11 :02	6E	6 ^e Septembre	145	110	134	CM2

Pour chaque enfant, le tableau renseigne sur le niveau scolaire, l'âge chronologique, l'âge de lecture (selon le test de l'Alouette), le Quotient Intellectuel de Performance (QIP), le Quotient Intellectuel Verbal (QIV), le Quotient Intellectuel Total (QIT) et les éventuels sauts de classe.

III.1.1.1.2. A.1. Groupe témoin

La comparaison avec les enfants normaux lecteurs a été permise par la constitution de 3 sous-groupes de niveaux scolaires équivalents à ceux des enfants précoces par une procédure de sélection aléatoire parmi les participants recrutés lors de l'étude précédente. L'échantillon des normaux lecteurs était ainsi constitué de 4 garçons et 1 fille scolarisés en CM1 (âge moyen 10 :08), de 4 garçons et 1 fille scolarisés en CM2 (âge moyen 11 :06) et de 4 garçons et 1 fille scolarisés en 6^e (âge moyen 12 :05).

III.1.1.2. Matériel et Procédure.

Les stimuli utilisés sont ceux construits pour l'expérience 2, les conditions de passation du protocole expérimental sont également identiques à celles de l'expérience 2.

III.1.2. Résultats

Conformément aux critères appliqués dans la population témoin, seules les réponses

ayant occasionné des temps de réaction inférieurs à 3000 ms en CM1 ou 2000 ms dans les autres groupes et compris dans l'intervalle défini par la moyenne plus ou moins 2,5 fois l'écart type ont été retenues. En moyenne, 2,00%, 2,75%, 3,33% et 3,75 % des données ont respectivement été supprimées de ce fait chez les CM1, CM2 et 6^e.

Les latences et pourcentages de réponses correctes enregistrés pour les mots, pseudo mots homophones et non homophones dans chacune des catégories d'âge considérées sont résumés dans les Tableaux 25, pour les enfants précoces et les normaux lecteurs, respectivement.

L'utilisation des tests paramétriques habituels étant rendue problématique par la taille très restreinte des échantillons comparés dans cette étude, les résultats seront ici analysés au moyen de tests non paramétriques (i.e. test des rangs de Wilcoxon pour les échantillons appariés et de Mann-Whitney pour les échantillons indépendants), dont l'efficacité a été reconnue supérieure dans ces conditions.

Tableau 25. Le Tableau 1 présente les pourcentages de réponses correctes (% RC) et latences de réponse correctes (TR en ms) moyens relevés auprès des enfants précoces dans les 4 tranches d'âges interrogées, pour les pseudo mots homophones et non homophones, puis pour les pseudo mots en général, et enfin pour les mots. Le Tableau 2 présente les résultats correspondants pour le groupe témoin.

Tableau 25. Le Tableau 1 présente les pourcentages de réponses correctes (% RC) et latences de réponse correctes (TR en ms) moyens relevés auprès des enfants précoces dans les 4 tranches d'âges interrogées, pour les pseudo mots homophones et non homophones, puis pour les pseudo mots en général, et enfin pour les mots. Le Tableau 2 présente les résultats correspondants pour le groupe témoin.							Mots	
	Pseudo Mots							
	Non Homophone		Homophones		General			
Précoces	TR	% RC	TR	% RC	TR	% RC	TR	% RC
CM1	1200,75	.91	1135,95	.78	1170,44	.85	861,57	.91
CM2	1046,06	.91	1067,16	.69	1056,04	.80	873,20	.92
6 ^e	995,85	.93	1053,21	.71	1019,06	.82	866,53	.90

							Mots	
	Pseudo Mots							
	Non Homophone		Homophones		General			
Témoins	TR	% RC	TR	% RC	TR	% RC	TR	% RC
CM1	1445.88	.95	1364.43	.71	1420.77	.83	1005.66	.92
CM2	1108.99	.79	1135.41	.63	1122.54	.71	837.51	.90
6 ^e	1131.96	.89	1157.51	.66	1159.38	.81	803.61	.91

III.1.2.1. Evaluation de l'homogénéité des groupes.

Préalablement à l'examen des effets d'AdA_{ortho}, un ensemble d'analyses a été mené de manière à vérifier que les caractéristiques des deux groupes étaient suffisamment semblables pour donner un sens à la comparaison de leurs performances sur le plan des

manifestations de cette variable.

III.1.2.1.1. Corrélation entre les scores de lecture de l'Alouette et le niveau scolaire.

L'adéquation entre l'âge de lecture mesuré par le test de l'Alouette et le niveau scolaire des enfants précoces (voir le Tableau 24 pour le détail de ces valeurs) a été évaluée au moyen d'une analyse par régression simple. Cette analyse a permis de mettre en évidence une corrélation significative entre les deux distributions ($r^2=.334$, $p=.0240$).

III.1.2.1.2. Comparaison des performances des enfants précoces et témoins sur le traitement global des mots, pseudo-mots homophones et pseudo-mots non homophones.

Les graphiques de la Figure 26 présentent les latences de réponse moyennes enregistrées dans les deux groupes de participants pour les différents types de stimuli présentés. Ces résultats ont été rapportés séparément pour chacune des classes testées, depuis le CM1 jusqu'à la 6^e. Les graphiques confirment que les réponses s'organisaient suivant une tendance très similaire chez les enfants précoces et les témoins. Chez tous les enfants, la progression dans le parcours scolaire s'exprimait ainsi au travers de l'augmentation globale de la rapidité des décisions lexicales. Si des délais de réponse plus importants étaient observables dans toutes les catégories de stimuli chez les témoins en comparaison des enfants précoces en CM1, les performances des deux groupes tendaient à s'homogénéiser dans les classes plus élevées. Pour l'ensemble des participants enfin, des latences de réponse plus courtes étaient systématiquement enregistrées pour les mots en comparaison des pseudo-mots, le temps de réaction associé aux pseudo-mots homophones étant par ailleurs du même ordre que celui concernant les pseudo-mots non homophones.

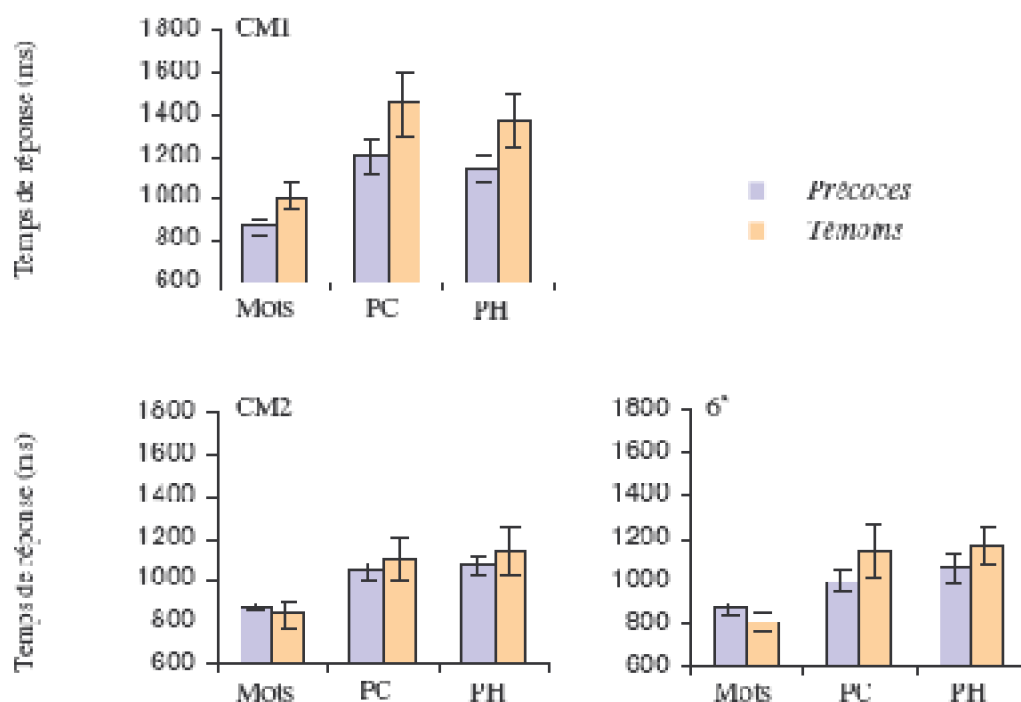


Figure 26. Temps de réaction moyen enregistré sur les mots, les pseudo-mots homophones (PH) et les pseudo-mots non homophones (PC) auprès des enfants précoces (barres bleues) et témoins (barres oranges). Les résultats sont présentés séparément pour chaque classe testée, du CM1 à la 6^e.

Des tests U de Mann-Whitney (test non paramétrique de comparaison de données issues d'échantillons indépendants) ont été utilisés pour comparer les différences de performances entre les enfants précoces et les témoins. Ces tests ont été réalisés séparément sur les temps de réaction enregistrés pour les mots, les pseudo-mots homophones et les pseudo-mots non homophones, dans les différentes classes. Les résultats obtenus, reportés dans le Tableau 27, mettent en évidence que le niveau intellectuel n'était pas à l'origine de différences notables entre les réponses recueillies sur les différentes catégories d'items et dans les différents niveaux scolaires.

Tableau 27. Contrôle de l'homogénéité des groupes sur le plan de la distribution des latences de réponse correctes.

	Mots	Pseudo-mots non homophones	Pseudo-mots homophones
CM1	ns z= -1.567 ;p=.1172	ns z= -1.149 ;p=.2506	ns z= -1.358 ;p=.1745
CM2	ns z= -1.149 ;p=.2506	ns z= -.104;p=.9168	ns z= -.104 ;p=.9168
6E	ns z= -.940 ;p=.3472	ns z= -.522 ;p=.6015	ns z= -.313 ;p=.7540

Le tableau présente le résultat des comparaisons des latences de réponse

enregistrées auprès des enfants précoces et des témoins réalisées au moyen du test U de Mann-Whitney suivant la catégorie de stimuli présentés (Mots, Pseudo-mots homophones et non homophones) et le niveau scolaire des participants (du CM1 à la 6^e).

Dans une seconde série d'analyses, l'homogénéité des performances des enfants précoces et des témoins a été évaluée sur le plan de la proportion des réponses correctes. Les graphiques de la Figure 28 présentent le pourcentage de bonnes réponses recueillies pour les mots et les pseudo-mots, homophones et non homophones. Ces données ont été rapportées séparément pour les deux groupes d'enfants testés, dans chaque niveau scolaire. A nouveau, les résultats obtenus démontraient que la répartition des performances était globalement similaire entre les deux groupes. Dès le CM1, un taux très élevé d'acceptations correctes des mots pouvait être observé, qui se maintenait avec le temps. Les pseudo-mots non homophones étaient également rejetés avec précision, au contraire des pseudo-homophones, dont la plausibilité phonologique était visiblement responsable d'un nombre important de fausses acceptations dans toutes les classes. On remarquera finalement que dans la classe CM2 les témoins restaient moins précis que les enfants précoces sur le plan de la reconnaissance des pseudo-mots non homophones.

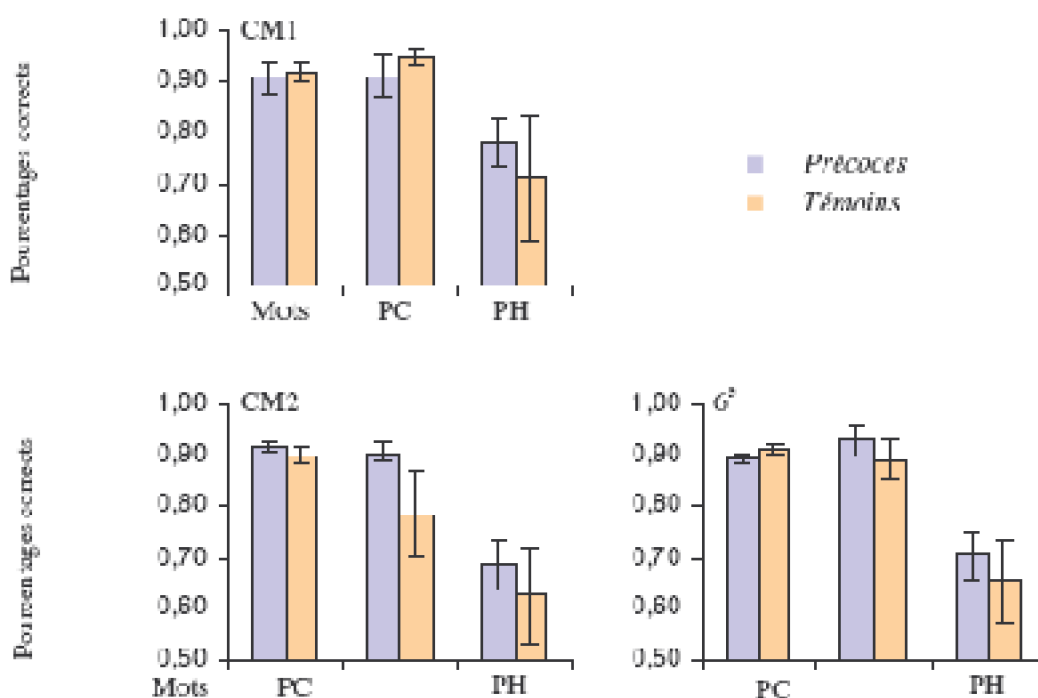


Figure 28. Pourcentage de réponses correctes enregistré sur les mots, les pseudo-mots homophones (PH) et les pseudo-mots non homophones (PC) auprès des enfants précoces (barres bleues) et témoins (barres oranges). Les résultats sont présentés séparément pour chaque classe testée, du CM1 à la 6^e.

Les tests U de Mann-Whitney utilisés pour comparer les performances des enfants précoces et des témoins n'ont pas mis en évidence de différence significative dans la répartition des proportions de bonnes réponses entre les deux groupes, quel que soit le type de stimulus considéré. Ce constat s'est vérifié dans tous les niveaux scolaires. Les

résultats des analyses sont résumés dans le Tableau 29.

Tableau 29. Contrôle de l'homogénéité des groupes sur le plan des taux de bonnes réponses.

	Mots	Pseudo-mots non homophones	Pseudo-mots homophones
CM1	<i>ns</i> $z = -.313$; $p = .7540$	<i>ns</i> $z = -.522$; $p = .6015$	<i>ns</i> $z = -.104$; $p = .9168$
CM2	<i>ns</i> $z = -.731$; $p = .4647$	<i>ns</i> $z = -.1.044$; $p = .2963$	<i>ns</i> $z = -.418$; $p = .6761$
6E	<i>ns</i> $z = -1.253$; $p = .2101$	<i>ns</i> $z = -.731$; $p = .4647$	<i>ns</i> $z = -.104$; $p = .9168$

Le tableau présente le résultat des comparaisons des latences de réponse enregistrées auprès des enfants précoces et des témoins, réalisées au moyen du test U de Mann-Whitney suivant la catégorie de stimuli présentés (Mots, Pseudo-mots homophones et non homophones) et le niveau scolaire des participants (du CM1 à la 6^e).

En conclusion de ces examens préliminaires, il apparaît que si de discrètes différences semblent de prime abord distinguer les profils de performances des enfants précoces et des témoins, les analyses statistiques indiquent que les deux groupes peuvent néanmoins être considérés comme homogènes. On rappellera également que les différences susmentionnées sont de nature quantitatives plutôt que qualitatives, suggérant que les mêmes stratégies de traitement restent à l'œuvre dans les deux groupes. L'ensemble de ces données encourage donc à engager une comparaison plus précise des résultats des deux groupes sur le plan spécifique de l'expression des effets d'AdA_{ortho}.

III.1.2.2. Expression des effets d'AdA_{ortho} suivant le niveau intellectuel (et l'étendue du vocabulaire).

Comme il a été remarqué plus haut, des performances très élevées étaient associées au traitement des mots chez tous les enfants, quel que soit leur niveau scolaire et intellectuel. La proximité de ces données avec des valeurs plafond les privant de leur caractère informatif, l'influence de l'AdA_{ortho} a ici uniquement été examinée sur la base des délais de réponse.

Les graphiques de la Figure 30 présentent les temps de réaction moyens enregistrés sur les mots des différentes listes expérimentales auprès des enfants précoces (à gauche) et des témoins (à droite). Les résultats ont été présentés séparément pour chaque niveau scolaire considéré. Une première remarque peut être formulée en regard des mots des deux premières listes, que les enfants précoces traitaient avec une efficacité comparable, au contraire des témoins qui tendaient à fournir des réponses plus rapides aux mots de la Liste 1. Pour ce qui concernait les élèves de 6^e, en outre, l'avantage des premiers mots appris sur les mots nouvellement rencontrés (Liste 4) paraissait plus évident chez les témoins que chez leurs homologues de plus haut niveau intellectuel. De fait, l'amplitude de l'effet s'élevait à 43,65 ms (non significatif) dans le groupe des précoces contre 76,61 ms dans le groupe témoin.

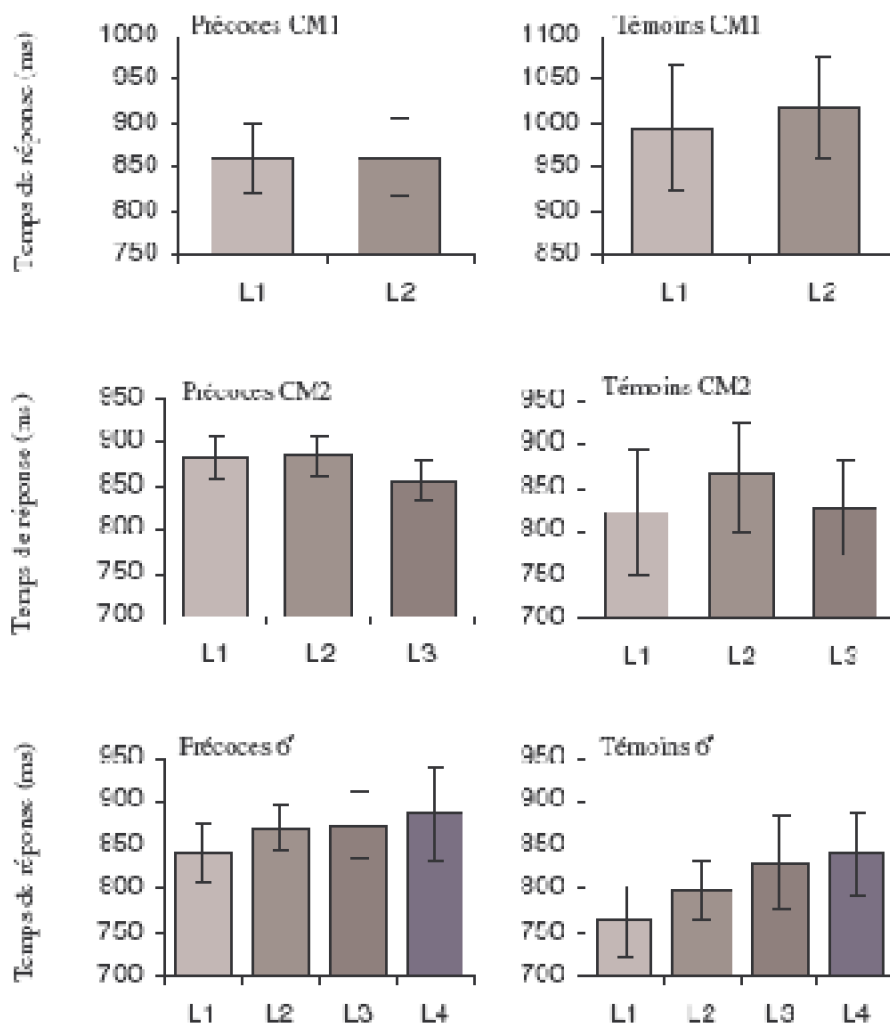


Figure 30. Temps de réaction moyens enregistrés sur les différentes listes présentées (L1 à L4).

Les graphiques de gauche présentent les résultats obtenus dans le groupe des enfants précoces, les graphiques de droite les résultats correspondants pour le groupe témoin. Les données sont présentées séparément pour chaque niveau scolaire considéré.

Au sein de chaque groupe et pour chaque niveau scolaire considéré, les latences de réponse enregistrées sur les différentes listes ont été comparées 2 à 2 au moyen du test T de Wilcoxon (test non paramétrique de comparaison de données issues d'échantillons appariés). Les résultats obtenus à l'issue de ces différents tests sont répertoriés dans le Tableau 31. Ainsi qu'on peut le remarquer, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence sur les délais de réponse associés aux mots des différentes listes dans le groupe des enfants précoces. Pour le groupe témoin, en revanche, une influence significative de l'AdA_{ortho} a été observée lors de la comparaison des performances recueillies sur les mots des listes 1 et 2 en CM2 et sur les mots des listes 1 et 3 puis 1 et 4 en 6^e. Cette influence se traduisait dans tous les cas par un ralentissement des

réponses apportées aux mots acquis tardivement en regard des mots acquis précocement.

CM1	Précoces		Témoins	
	L1	L2	L1	L2
L2	ns ns z = -.405 ; p = .6858	ns ns z = .044 ; p = .4152		

CM2	Précoces		Témoins	
	L1	L2	L1	L2
L2	ns ns z = -.405 ; p = .6858	ns ns z = .044 ; p = .4152	ns ns z = -.2023 ; p = .0431	ns ns z = .0431 ; p = .4152
L3	ns ns z = .674 ; p = .5002	ns ns z = 1.211 ; p = .2249	ns ns z = .674 ; p = .5002	ns ns z = 1.183 ; p = .2381

6 ^e	Précoces			Témoins		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
L2	ns ns z = 1.211 ; p = .2249	ns ns z = .044 ; p = .4152	ns ns z = .044 ; p = .4152	ns ns z = 1.753 ; p = .0796	ns ns z = .044 ; p = .4152	ns ns z = .044 ; p = .4152
L3	ns ns z = -.405 ; p = .6858	ns ns z = .674 ; p = .5002	ns ns z = .044 ; p = .4152	ns ns z = -.2023 ; p = .0431	ns ns z = -1.211 ; p = .2249	ns ns z = .044 ; p = .4152
L4	ns ns z = -1.483 ; p = .1380	ns ns z = .674 ; p = .5002	ns ns z = -.138 ; p = .8927	ns ns z = -.2023 ; p = .0431	ns ns z = -1.483 ; p = .1380	ns ns z = -.405 ; p = .6858

Tableau 31. Influence de l'AdA_{ortho} sur les latences de réponse des enfants, suivant leur niveau de précocité intellectuelle.

Le tableau détaille le résultat des tests de Wilcoxon permettant la comparaison 2 à 2 des temps de réaction enregistrés sur chaque liste présentée. Les résultats sont rapportés séparément pour chaque niveau scolaire testé et les valeurs significatives sont affichées en caractères gras.

En conclusion de cette série d'analyses, l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} observés auprès des enfants précoces a été replacée dans le contexte des données établies auprès de l'ensemble des élèves de CM1, CM2 et 6^e (i.e. 15 participants par groupes) interrogés lors de la précédente étude. La distance séparant les latences de réponse moyennes enregistrées pour les Listes 2 et 1 (courbe rose) et pour les Listes 4 et 1 (courbe verte) ajoutée à une valeur de base arbitrairement fixée à 10 ms (courbe bleue) précédemment établie pour les normaux lecteurs a été reportée dans la partie gauche du graphique de la Figure 32. Les données correspondantes calculées pour les enfants précoces figurent dans la partie droite du même graphique. Des résultats contrastés émergent de ce rapprochement. Les graphiques mettent d'une part en évidence une importante modulation de la magnitude des effets d'AdA_{ortho} selon l'efficience intellectuelle des élèves de CM1 et de CM2. En accord avec nos attentes, on assiste pour ces deux groupes à une élimination des effets d'AdA_{ortho} des performances des enfants précoces, tandis qu'une nette influence de cette variable reste observable sur les délais de réponse des témoins. D'un autre côté, et bien que les tests de Wilcoxon n'aient pas permis d'établir des différences significatives entre les temps de réaction associés aux mots des différentes listes chez les enfants précoces scolarisés en 6^e, il faut considérer que l'organisation du profil de réponses établi pour ce groupe entretient de très fortes similitudes avec celui des témoins de même niveau scolaire. Plus précisément, l'avantage des mots précoces sur les mots tardifs, tel qu'il a été appréhendé au travers des écarts de performances associés aux mots des Listes 1, 2 et 4, s'exprime sur une échelle comparable dans les deux groupes d'élèves de 6^e, indépendamment du niveau intellectuel des participants. Ces aspects particuliers de nos résultats s'inscrivent donc en

faux par rapport à l'hypothèse d'une neutralisation complète de l'installation des effets d'AdA_{ortho} chez les enfants précoces.

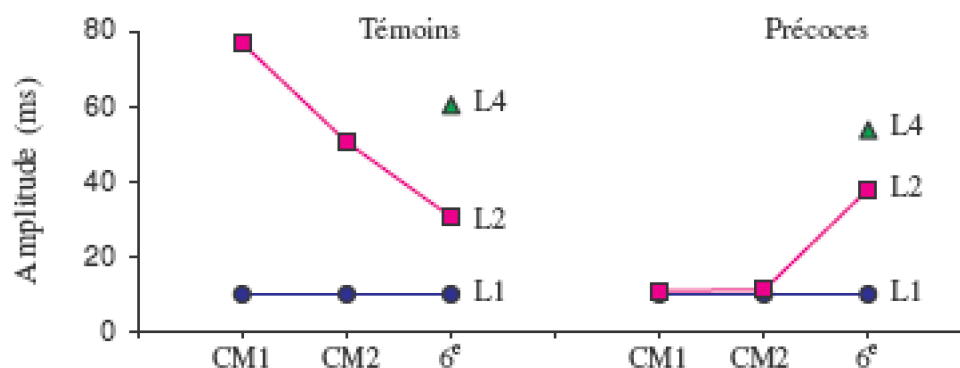


Figure 32. Le graphique présente les écarts de performances correspondant aux mots de différents AdA_{ortho} après élimination des fluctuations inter-groupes de la valeur globale des temps de réaction.

Les écarts séparant les délais de réponse enregistrés pour les Listes 2 et 1 sont présentés pour chaque groupe par la courbe rose. La courbe verte présente les écarts correspondants établis entre les Listes 4 et 1. Ces distances ont été exprimées en référence à une ligne de base fixée à 10 ms pour la totalité des groupes, ici représentée par la courbe bleue. Les courbes de gauche reprennent les résultats obtenus pour les 15 élèves de CM1, CM2 et 6^e interrogés lors de la précédente étude et les courbes de droite présentent les données correspondantes calculées pour les enfants précoces de même niveau scolaire.

III.1.3. Discussion

Les résultats obtenus à l'issue de la présente recherche sont relativement clairs. En premier lieu, les temps de réaction et proportions de réponses correctes globaux s'organisaient suivant une tendance similaire chez les enfants précoces et les témoins. Ce constat suggère que des stratégies analogues étaient engagées dans les deux groupes lors du traitement des différentes catégories d'items introduites dans la tâche de décision lexicale : mots, pseudo-mots homophones et pseudo-mots non homophones. La principale différence constatée entre les deux groupes, s'il en subsistait une, s'exprimait sur l'axe quantitatif et était plus particulièrement remarquable chez les plus jeunes enfants. Les élèves de CM1 et CM2 dotés d'un potentiel intellectuel supérieur présentaient en effet une tendance à répondre plus rapidement que les enfants de leur âge, l'écart entre les deux groupes restant néanmoins en dessous du seuil de la significativité. Cette observation s'accorde avec les théories classiques de l'intelligence qui, de longue date, ont considéré la rapidité de traitement des informations comme un indicateur robuste du niveau intellectuel (voir Grégoire, 2000 pour une revue de ces théories). De nombreuses recherches ont par la suite relayé ce postulat (voir Hettinger et Carr, 2003 pour une revue de ces travaux), amenant à la conclusion que l'amélioration des performances cognitives des individus de niveau intellectuel élevé tire en partie sa

source de l'automatisation de certaines routines de traitement, libérant des ressources supplémentaires qui sont alors rendues disponibles pour la réalisation de tâches de plus haut niveau. La similitude des profils de performances des enfants précoces et témoins mesurées dans le contexte de la décision lexicale est en outre cohérente avec les quelques recherches neuropsychologiques concernées par la description des processus cognitifs sous-tendant la précocité intellectuelle qui, ainsi que le souligne Fournernet incitent à penser que « *rien ne permet aujourd'hui de soutenir chez les enfants intellectuellement précoces [...] l'existence de processus de traitement de l'information ou de modalités de raisonnements propres, au sens où seuls ceux-ci en disposeraient* » (Fournernet, p.135, 2003).

Pour ce qui concerne plus particulièrement la reconnaissance des mots écrits et tout spécialement l'influence de l'AdA_{ortho} sur cette habileté, il est apparu que les effets de la variable s'exprimaient de manière plus évidente sur les latences de réponse des témoins que des enfants précoces. La comparaison des profils de performances établis pour les mots précoces et tardifs auprès des enfants de haut niveau intellectuel et des 15 témoins sélectionnés aléatoirement parmi les élèves interrogés lors de notre précédente étude a ainsi révélé que les effets d'AdA_{ortho}, lorsqu'ils se manifestaient, n'avaient d'impact significatif que sur les réponses recueillies auprès des témoins. Rappelons en effet que des temps de réaction significativement réduits ont été obtenus pour les mots de la Liste 1 comparativement aux mots de la Liste 2 auprès des témoins scolarisés en CM2 et pour les mots de la Liste 1 comparativement aux mots des Listes 3 et 4 pour les témoins fréquentant la classe de 6^e. Les données correspondantes des enfants précoces sont quant à elles restées non significatives. Pour les élèves de 6^e finalement, l'écart entre les délais de réponse enregistrés sur la première et la dernière liste acquise était presque multiplié par deux dans le groupe des témoins en comparaison des enfants précoces (i.e. 76,61 ms pour les témoins contre 43,65 ms pour les enfants précoces).

L'intégration des résultats des enfants précoces aux profils de réponses obtenues pour un ensemble plus représentatif d'élèves témoins dans le cadre des travaux précédents contraint néanmoins à revenir sur l'hypothèse d'une élimination stricte des effets d'AdA_{ortho} sur l'efficacité avec laquelle les enfants précoces appréhendent les mots écrits. Les similitudes dans l'organisation des réponses recueillies auprès des enfants précoces et témoins pour la classe de 6^e encouragent effectivement à penser que les effets d'AdA_{ortho} ne seraient pas totalement absents des performances des enfants précoces. Il est difficile d'établir une raison claire à la présence isolée d'indices favorables à l'influence de l'AdA_{ortho} sur les temps de réaction des enfants précoces scolarisés en 6^e, sauf à évoquer la grande hétérogénéité des enfants dits de niveau intellectuel élevé et les limites d'une anticipation du degré de maîtrise de la langue de ces enfants d'après les seules valeurs de QI établies par le WISC III (voir Jambaqué, 2004 pour une discussion). Considérés dans leur ensemble, les résultats obtenus incitent à abandonner le postulat radical d'une suppression complète des effets d'AdA_{ortho} des performances des enfants précoces en faveur d'une position plus nuancée, qui envisage une diminution de l'impact de cette variable dans les conditions favorables à l'installation précoce d'une stratégie d'apprentissage déductive fonctionnelle.

La modulation des effets d'AdA_{ortho} par la précocité intellectuelle a cela de

fondamental qu'elle démontre que cette variable ne tire pas son origine d'un mode d'organisation par défaut des connaissances en mémoire. Au contraire, comme Zevin et Seidenberg (2002) et Ellis et Lambon-Ralph (2000) avant eux l'ont suggéré, l'installation des effets d'AdA apparaît étroitement conditionnée par la manière dont l'apprentissage prend place, suivant les caractéristiques du matériel rencontré et les ressources des apprenants. L'intégration d'un échantillon plus varié de mots de la langue dès les premières phases de l'apprentissage constituerait ainsi un élément facilitateur permettant l'isolation rapide des liens logiques organisant les correspondances de graphèmes à phonèmes. Cette procédure éviterait alors que les informations concernant les mots appris précocement ne soient « gravées » dans le réseau sollicité lors de l'acquisition de l'écrit, au détriment de l'intégration des connaissances élaborées plus tardivement.

Si cette première exploration est source d'encourageantes réflexions sur l'origine probable des effets d'AdA_{ortho}, les résultats obtenus restent à considérer avec certaines précautions. Deux alternatives peuvent être envisagées. Dans le premier cas, l'atténuation des effets d'AdA_{ortho} sur les performances des enfants précoces est effectivement attribuable à une plus grande facilité d'assimilation et d'exploitation de l'environnement écrit par ces enfants, ainsi que nous l'avons envisagé jusqu'alors. Néanmoins, rien ne permet d'éliminer la seconde possibilité que la modulation des effets d'AdA_{ortho} observée ne soit consécutive au fait que les mots intégrés dans les différentes listes expérimentales aient en réalité été appris durant la même période par les enfants précoces, contrairement aux témoins. Les normes de l'Echelle de Dubois-Buyse (Reichenbach et Mayer, 1977), utilisées pour la sélection du matériel expérimental, trouvent essentiellement leur application dans le domaine éducatif, pour lequel elles ont d'ailleurs été conçues. Or les supports de lecture sélectionnés par les enfants précoces pour exercer leurs talents sont, en raison de leurs inclinaisons atypiques, souvent éloignés du contexte scolaire. Il n'est donc pas évident dans ces conditions de faire des inférences quant à l'identité des premiers mots acquis dans cette population, à moins de procéder au cas par cas.

A ce stade de nos investigations, il apparaît donc nécessaire d'inscrire l'examen des liens entretenus par la connaissance lexicale construite au début de l'apprentissage de la lecture avec l'expression des effets d'AdA_{ortho} sur les capacités de lecture dans un cadre théorique plus robuste. Le modèle psychophysique d'identification perceptivo-lexicale des mots écrits développé par Kajii et Osaka (2000) et Benboutayab (2004) à leur suite nous a semblé particulièrement adapté à cette fin. Le chapitre suivant est ainsi dédié à la description des postulats défendus par ce modèle, justifiant de la pertinence de son utilisation pour la compréhension des mécanismes impliqués dans l'émergence des effets d'AdA_{ortho}.

III.2. Développement des connaissances orthographiques et installation des effets d'AdA_{ortho} : apports de l'approche psychophysique

III.2.1. Introduction

Abordée suivant un angle plus large, la reconnaissance visuelle des mots, dont nous cherchons à cerner le développement au travers des manifestations de l'AdA_{ortho}, doit être considérée comme une activité complexe qui mobilise, outre les facteurs lexicaux, un ensemble d'habiletés visuelles spécifiques dont la description s'est trouvée à l'origine d'un important courant de recherche dans le domaine de la psychophysique. Ainsi que le mentionnent Rayner et collaborateurs (2001) dans leur large revue des apports de la psychologie cognitive, la possibilité que la lecture procède essentiellement d'une succession d'inférences basées sur le seul environnement linguistique a été considérée dans les années 70 puis rejetée suite à la démonstration de la faible participation du contexte textuel à l'identification pure des mots chez les adultes experts (voir par exemple Perfetti, Goldman & Hogaboam, 1979 ; cité par Rayner et al., 2001).

Parallèlement, les études psychophysiques conduites par Nazir et collègues dans les années 90 (Jacobs, Nazir, & Heller, 1989; Nazir, 1991; Nazir, Heller, & Sussmann; 1992 ; Nazir, O'Regan & Jacobs, 1991) ont abouti à la conclusion que la lecture ne pouvait pas être mieux décrite suivant une perspective strictement visuelle. Considérant en effet que la visibilité des lettres connaît une impressionnante diminution dès lors que ces dernières tombent dans une portion du champ visuel distante de la position de fixation courante du regard, les limites de l'acuité visuelle et la vitesse à laquelle les yeux parcourent habituellement un texte devraient rendre la lecture impraticable. Nonobstant cette apparente incompatibilité, l'exploration attentive des capacités d'identification des mots isolés a toutefois permis d'établir que les performances des adultes experts variaient subtilement suivant la position occupée par le mot sur la rétine, dans le sens prédit par les fonctions décrivant l'évolution de la visibilité des lettres (voir par exemple McConkie, Kerr, Reddix, Zola & Jacobs, 1989 pour des résultats obtenus dans des conditions de lecture naturelles, et Brysbaert, Vitu & Schroyens, 1996, Nazir, 1993 ; Nazir et al., 1991 ; Nazir, Jacobs & O'Regan, 1998 pour des données établies à partir de l'induction expérimentale de variations de la position du regard dans le mot). Les mots sont ainsi reconnus avec une précision maximale lorsque le regard se pose légèrement à gauche de leur centre et les performances diminuent ensuite régulièrement à mesure que les yeux dérivent de cette position optimale. La proportion d'identification correcte connaît en outre une diminution plus marquée lorsque les lettres situées à gauche de la fixation sont concernées. Ce phénomène est illustré par les graphiques de la Figure 33 empruntés à Nazir et al. (1991). La distribution des pourcentages d'identifications correctes de mots de 5 lettres a été représentée suivant la position de la lettre tombant directement sous le regard (évoluant entre 1 et 5), telle qu'elle pu être observée dans des conditions expérimentales (graphique de droite) et théoriquement prédite en tenant compte des limites de l'acuité visuelle (graphique de gauche et tableau du bas).

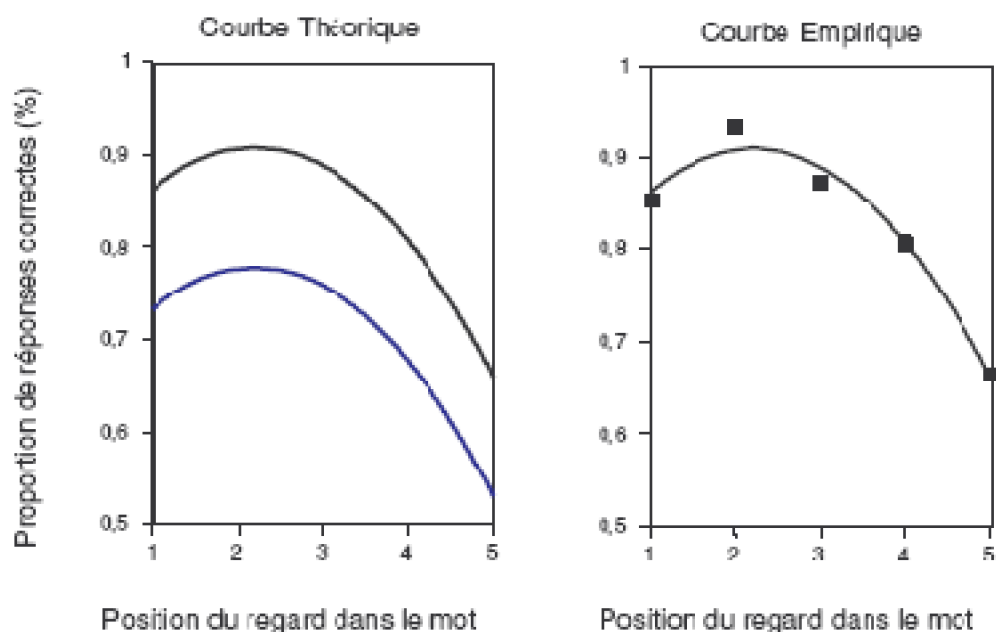


Figure 33. Calcul de la probabilité théorique d'identifier un mot de 5 lettres suivant la position du regard dans la séquence, d'après les paramètres du modèle mathématique de Nazir et al. (1991) et pour un taux de diminution fixé à .03.

Position de la lettre fixée	Probabilité d'identification des lettres individuelles					Probabilité d'identification du mot
	1	2	3	4	5	
1	1	.97	.94	.91	.88	.73
2	.95	1	.97	.94	.91	.78
3	.89	.95	1	.97	.94	.77
4	.84	.89	.95	1	.97	.69
5	.78	.84	.89	.95	1	.55

Admettant que la probabilité d'identifier la lettre située immédiatement sous la fixation est de 1, la probabilité d'identifier la lettre voisine sur la droite est de $(1 - .03 = .94)$, tandis que la probabilité de reconnaître la lettre correspondante sur la gauche est de $(1 - .03 \times 1.8 = .89)$. La probabilité d'identifier un mot fixé sur la première lettre correspond donc à : $(1 \times .97 \times .94 \times .91 \times .88 = .73)$. Le détail des calculs sur les 5 positions de fixations potentielles est donné dans le tableau ci-dessus. Le graphique de gauche présente les prédictions du modèle quant à la variation des proportions de réponses correctes suivant la position du regard dans le mot. La courbe bleue reprend les résultats présentés dans le tableau et la courbe noire présente les mêmes données modifiées par une valeur constante pour atteindre la hauteur de la courbe empirique rapportée dans le graphique de droite. Dans les deux conditions, la probabilité d'identification du mot se trouve à son maximum pour les fixations légèrement à gauche de son centre, et décroît progressivement à mesure que le regard dérive de cette position optimale, suivant une

penne plus marquée dans les conditions où la partie droite du mot est fixée, laissant la majorité des informations tomber dans le champ visuel gauche.

Le calcul des courbes théoriques rapportées ci-dessus, dont la forme s'accorde remarquablement avec les données expérimentales, satisfait aux principes du modèle mathématique élémentaire développé par Nazir et collaborateurs (1991) à partir des trois présupposés suivants : 1) l'identification des mots est basée sur les lettres (Massaro & Klitzke, 1977, cité par Nazir et al., 1991), 2) les lettres d'un mot sont identifiées indépendamment les unes des autres et 3) la contribution d'une lettre donnée à l'identification d'un mot est proportionnelle à son degré de *lisibilité*, soit à la quantité d'informations visuelles récupérables à partir de la lettre concernée, suivant la position du regard dans la séquence. Dans les détails, la probabilité d'identifier la lettre située sous la fixation est considérée comme maximale, étant donné la haute résolution de la vision centrale, et a donc conventionnellement été fixée à 1. Compte tenu de l'augmentation linéaire de l'angle de résolution minimum à l'intérieur des 10° centraux du champ visuel (ex : Olzak & Thomas, 1986 ; cité par Nazir et al., 1991), la probabilité d'identifier les lettres voisines est en revanche supposée diminuer par pas constants pour chaque lettre située en vision périphérique. La valeur du taux de diminution est imposée par les conditions expérimentales de présentation des stimuli et s'élève à .03 dans l'exemple proposé. Enfin, considérant que certaines données expérimentales attestent d'un taux de reconnaissance plus élevé pour les lettres présentées dans le champ visuel droit plutôt que gauche (ex : Bouma, 1973 ; Bouma & Legein, 1977 ; cité par Nazir et al., 1991), le modèle prévoit que le taux de diminution de la lisibilité des lettres tombant à gauche de la région fixée soit accentué par introduction d'un ratio d'asymétrie évalué empiriquement à 1.8 par Nazir et al. (1991). La probabilité d'identifier une séquence de 5 lettres fixée à une position donnée correspond alors à la multiplication des probabilités d'identification de ses lettres individuelles, en application de l'équation suivante :

$$P_{word}(f, a, b_{left}, b_{right}, l) = \left\{ \begin{array}{l} \left[\prod_{n=1}^{l-f} (a - n \cdot b_{right}) \right] \cdot a \quad : f = 1 \\ \left[\prod_{n=1}^{f-1} (a - n \cdot b_{left}) \right] \cdot a \cdot \left[\prod_{n=1}^{l-f} (a - n \cdot b_{right}) \right] \quad : 1 < f < l \\ \left[\prod_{n=1}^{f-1} (a - n \cdot b_{left}) \right] \cdot a \quad : f = l \end{array} \right.$$

où $P_{word}(f, a, b_{left}/b_{right}, l)$ représente la probabilité d'identifier un mot en fonction de la position f de la lettre fixée dans la séquence (en unités de lettres), de la probabilité a d'identifier la lettre directement fixée, des taux de diminution b_{left} et b_{right} de la probabilité d'identifier les autres lettres de la séquence suivant leur excentricité à gauche (*left*) ou à droite de la fixation (*right*), et de la longueur l de ce mot.

Les récentes révisions du modèle initial de Nazir et collaborateurs (1991) engagées

par Kajii et Osaka (2000) et poursuivies par Benboutayab (2004) sont d'un intérêt particulier pour la question qui nous préoccupe dans la mesure où elles conceptualisent avec précision l'intervention des connaissances lexicales en cas de codage parcellaire des informations visuelles soumises à l'entrée du système. Il est en effet envisagé que l'identification visuelle des mots procède des étapes suivantes. En première instance, chaque mot écrit rencontré permet la création d'un pattern visuel codant l'identité et la position abstraite des lettres perçues. Ce pattern, labellisé « CLIP » (*Code for Letter Identity and Position in Word*), est susceptible, suivant les cas, de comprendre la totalité ou une partie seulement des lettres de l'input, on parlera alors respectivement de CLIP total ou de CLIP partiel. A l'extrême, le CLIP nul peut être rencontré dans les conditions où aucune des lettres de la séquence présentée n'a pu être identifiée. A titre illustratif, la Figure 34 détaille les 32 CLIPs susceptibles d'être encodés par le système visuel en réponse à la présentation du mot TABLE. De manière plus générale, un mot de i lettre peut être à l'origine de la création de 2^i CLIPs distincts.

TABLE (1)	***** (2)
*ABLE	T****
T*BLE	*A***
TA*LE	**B**
TAB*E	***L*
TABL*	****E
BLE	*LE
*A*LE	**B*E
*AB*E	**BL*
ABL	*A**E
T**LE	*A*L*
T*B*E	*AB**
T*BL*	T***E
TA**E	T**L*
TA*L*	T*B**
TAB**	TA***

Figure 34. Détail des 32 CLIPs potentiellement construits sur la base de la présentation du mot de 5 lettres TABLE.

Les étoiles représentent la ou les lettre(s) non identifiée(s) dans le mot. La condition (1), celle du CLIP total, où toutes les lettres de l'input ont été encodées à la bonne position représente l'unique circonstance dans laquelle la probabilité de reconnaissance d'un mot dépend entièrement de celle de ses lettres individuelles. La condition (2) est le cas du CLIP nul où aucune lettre n'a été reconnue. Toutes les autres conditions (entre 1 et 4 lettres non reconnues) représentent les CLIPs partiels. (d'après Kajii, 2000, repris par Benboutayab, 2004).

La survenue d'un CLIP total (condition 1 dans la Figure 34) représente l'unique circonstance dans laquelle la récupération d'un mot repose sur une *identification perceptive pure*, et où sa probabilité de reconnaissance peut être calculée suivant les

modalités prévues par le modèle de Nazir et collègues (1991). Tout CLIP partiel autorise quant à lui la survenue potentielle d'*inférences lexicales*, dont la contribution à l'identification d'un mot est dépendante du nombre de mots voisins activés par chaque CLIP dérivé de l'input visuel. En effet, plus un mot va entrer en compétition avec un nombre élevé de voisins et plus son identification va devenir incertaine. En accord avec les améliorations apportées par Benboutayab (2004) au fonctionnement du modèle CLIP original (Kajii et Osaka, 2000), les simulations tiennent également compte du fait que la position des lettres identifiées n'est vraisemblablement pas encodée de manière absolue dans les CLIPs. Il est donc admis que les inférences lexicales puissent concerner des mots de taille légèrement différente de celle des stimuli cibles (Benboutayab, 2004). Le modèle est ainsi autorisé à considérer les mots de 4 et 6 lettres comme voisins potentiels des CLIPs dérivés des inputs de 5 lettres présentés. Cette manipulation permet par exemple que le candidat lexical CHAMBRE soit activé par le CLIP partiel CHA**E encodé à partir du mot CHAISE (exemple emprunté à Benboutayab, 2004).

La contribution des facteurs lexicaux à l'identification globale du mot est enfin déterminée par la probabilité d'occurrence de chaque CLIP construit, laquelle dépend directement de la lisibilité des lettres constitutives de la séquence suivant la position du regard dans le mot, calculée d'après le modèle de Nazir et al (1991). Les nombreux voisins éventuellement activés par un CLIP dont la probabilité d'occurrence est faible influenceront de manière négligeable la probabilité d'identification du mot, au contraire des quelques voisins associés à un CLIP de probabilité d'occurrence plus élevée. Signalons également que, par principe, la contribution des CLIPs contenant moins de la moitié des lettres du mot original est considérée comme négligeable pour le processus d'identification (Benboutayab, 2004). Ainsi, si l'on considère à nouveau l'exemple présenté dans la Figure 34, ce postulat implique que seuls les 15 CLIPs intégrant entre 3 et la totalité des lettres constitutives du mot TABLE soient intégrés dans le calcul de la probabilité d'identification de ce mot.

La probabilité d'identifier un mot $P(W)$ suivant les principes du modèle CLIP (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004) est ainsi estimée par l'équation :

$$P(W) = \sum_{i=1}^n [P(C_i) \cdot P(W|C_i)]$$

où $P(C_i)$ représente la probabilité d'occurrence du CLIP C_i (parmi les n CLIPs possibles un seul CLIP peut avoir lieu à la fois), $P(W|C_i)$ est la probabilité conditionnelle²² de prédire le mot complet à partir du CLIP C_i .

La probabilité d'occurrence d'un CLIP correspond à la probabilité d'identifier certaines lettres contenues dans la séquence et de ne pas identifier les lettres restantes. Si l'on appelle D_i l'ensemble des indices des lettres reconnues, cette probabilité peut

²² La probabilité conditionnelle de B étant donné A notée $(B|A)$ est définie comme la probabilité pour que l'évènement B se produise étant donné que l'évènement A s'est produit.

s'écrire :

$$P(Ci) = \prod_{j \in Di} (1 - P(Ij)) \cdot \prod_{i \in Di} (P(Ii)) \quad \text{avec } 1 < i < l \quad \text{et } 1 < j < l$$

où L représente l'une des lettres constitutives d'un mot.

Si l'on se réfère aux probabilités de reconnaissance des lettres calculées plus haut (d'après Nazir et al., 1991, voir Tableau 30), la probabilité d'occurrence du CLIP T*B*E (choisi au hasard parmi les 32 CLIPS de la Figure 34) lorsque TABLE est fixé sur la première lettre s'élèvera donc à :

$$P(L_1 \overline{L_2} L_3 \overline{L_4} L_5) = 1 \times (1 - .97) \times .94 \times (1 - .91) \times .88 = .002$$

Enfin, la probabilité conditionnelle de prédire le mot complet à partir du CLIP Ci dépend du nombre de mots partageant les mêmes lettres que le CLIP de telle manière que l'augmentation du nombre de ces candidats lexicaux complexifie l'identification du mot cible. Cette probabilité est estimée suivant l'équation :

$$P\{W | Ci\} = \frac{1}{N(Ci)} \quad \text{avec } N(Ci) \neq 0$$

où $N(Ci)$ représente le nombre de mots partageant les mêmes lettres que le CLIP Ci . Attendu que tout CLIP dérivé d'un mot connu est au minimum censé activer la représentation du mot cible en mémoire, le terme $N(Ci)$ ne peut se voir attribuer de valeur nulle. Dans les conditions particulières où le mot présenté ne possède aucun voisin parmi les connaissances du participant, $N(Ci)$ prend la valeur de 1, de manière à rendre compte que la probabilité d'identifier un mot même perçu de manière incomplète se trouve à son maximum lorsque ce mot ne peut s'apparier qu'à lui-même en mémoire.

En résumé, le modèle CLIP laisse dépendre le succès de l'identification des mots écrits de l'intervention conjointe de stratégies efficaces d'extraction « on-line » des informations visuelles portées par le percept considéré et de procédures de réinvestissement des connaissances lexicales préalablement encodées. Plus précisément, lorsque les conditions de présentation d'un stimulus ne permettent pas l'identification précise de ses lettres constitutives, les chances d'identifier le mot sont déterminées par le nombre de mots de structure orthographique compatible avec l'item cible connus du participant. La valeur prédictive du modèle CLIP a précédemment été établie avec succès auprès des participants adultes dans le cadre des travaux menés par Benboutayab (2004). Ce point est illustré par les graphiques de la Figure 35 qui démontrent la remarquable corrélation alors obtenue entre les courbes d'effet de position du regard théoriques et empiriques, dans le contexte d'une tâche d'identification (graphique de gauche) comme de décision lexicale (graphique de droite).

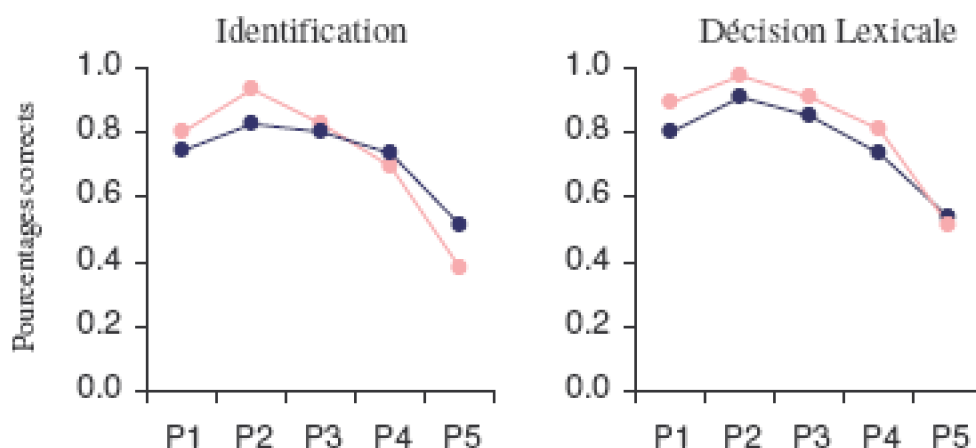


Figure 35. Pourcentages de réponses correctes suivant la position de fixation dans le mot, calculé au moyen du modèle CLIP (courbe rose) et observé auprès de participants adultes (courbe bleue), d'après les travaux de Benboutayab (2004).

Les données reportées concernent la tâche d'identification (graphique de gauche) et le paradigme de décision lexicale (graphique de droite). Dans les deux cas, une remarquable corrélation a été obtenue entre les courbes empiriques et théoriques, tant sur leur forme générale que sur leur hauteur.

En autorisant une intervention sélective au niveau de son paramètre lexical, le modèle CLIP apparaît particulièrement adapté à l'exploration objective du degré d'implication des caractéristiques du stock lexical intégré par les enfants au cours des premières étapes de leur apprentissage de la lecture sur l'installation durable de l'influence de l'AdA_{ortho}. Possibilité est en effet offerte ici d'imposer au modèle de travailler en référence avec un vocabulaire défini suivant des critères pleinement maîtrisés et de mesurer avec exactitude l'adéquation des prédictions établies d'après cette base avec les observations empiriques correspondantes.

Le modèle CLIP sera donc exploité dans ce sens suite à la description empirique de l'influence de l'AdA_{ortho} sur les capacités des enfants à reconnaître des mots brièvement présentés en différents endroits de la rétine, au moyen de la technique de la position variable du regard précédemment utilisée par Aghababian et Nazir (2000).

III.2.2. Description empirique des effets d'AdA_{ortho} suivant la position de fixation du regard dans le mot chez les jeunes lecteurs

III.2.2.1. Matériel et Méthode

III.2.2.1.1. Participants.

Quinze élèves de CP (6 garçons, 9 filles d'âge moyen 7 ans 1 mois), seize élèves de CE1 (7 garçons, 9 filles d'âge moyen 8 ans 2 mois), seize élèves de CE2 (6 garçons, 10 filles d'âge moyen 9 ans 1 mois), dix-sept élèves de CM1 (7 garçons, 10 filles d'âge moyen 10

ans 7 mois) et seize élèves de CM2 (6 garçons, 10 filles d'âge moyen 11 ans) ont volontairement pris part à l'expérience. Tous les participants étaient droitiers, de langue maternelle Française, avec vue normale ou corrigée. Les enfants étaient scolarisés au sein de l'école privée Notre-Dame de Marcy l'Etoile (banlieue lyonnaise), et seuls les élèves considérés comme normaux lecteurs par leurs professeurs respectifs ont participé à l'étude.

III.2.2.1.2. Matériel.

La liste expérimentale comprenait 600 items, dont 150 mots de 5 lettres, 150 mots de 7 lettres 150 pseudo homophones et 150 pseudo mots non homophones de longueur équivalente permettant de contrôler la similarité autre que phonologique avec les mots de base. De manière à permettre la généralisation des résultats, les mots inclus dans la présente expérience étaient différents de ceux sélectionnés pour nos précédents travaux. La liste des stimuli présentée dans cette expérience est présentée dans l'Annexe 5.

III.2.2.1.2.1. Sélection des mots.

Les mots inclus dans l'expérience se répartissaient en 5 groupes de 60 items, respectivement acquis à partir de 6 ans (liste 1-CP), 7 ans (liste 2-CE1), de 8 ans (liste 3-CE2), 9 ans (liste 4-CM1) et 10 ans (liste 5-CM2). La majorité des mots constituant les présentes listes ont été sélectionnés sur la base des normes objectives de l'Echelle Dubois-Buyse (Reichenbach & Mayer, 1977) conformément à la procédure utilisée dans l'Expérience 2. Le nombre restreint d'items associés aux deux premières années d'école primaire par l'échelle Dubois-Buyse laissait toutefois un nombre de candidats insuffisant pour satisfaire aux besoins de la présente expérience. Les 11 et 40 items respectivement introduits dans les listes 1 et 2 à partir du matériel proposé par l'Echelle Dubois-Buyse ont donc été complétés par des mots tirés d'une mini base de données spécialement construite pour les besoins de l'étude. Ainsi, 102 301 mots ont été extraits d'un corpus composé de 203 textes (rédactions libres ou sujet imposé, textes individuels ou collectifs) rédigés par des enfants de CP, disponibles sur les sites Internet de 26 écoles primaires, et de 23 manuels de lecture couramment utilisés par les instituteurs pour enseigner la lecture au CP. Les pages des manuels de lecture ont été numérisées au moyen d'un scanner et du logiciel de reconnaissance des caractères ReadIris Pro v. Une vérification manuelle du corpus recueilli a ensuite permis d'apporter les corrections nécessaires (remplacement des caractères tronqués ou modifiés, saisie manuelle des textes sur fond sombre ou trop peu contrastés pour être reconnus pas le logiciel). Le comptage de fréquences a été réalisé au moyen d'un programme informatique²³ après que la totalité des mots ait été convertie en minuscules. Chaque forme orthographique était répertoriée en tant qu'entrée distincte par le programme (i.e. *cheveu* et *cheveux* correspondaient à 2 entrées différentes). La valeur associée aux instances identifiées était alors incrémentée à chaque rencontre d'une nouvelle occurrence. Suite à ce calcul, les items les plus fréquents de la « base » ont été considérés comme acquis en CP et ajoutés à la Liste 1. Les items de fréquence légèrement moins élevée ont été tenus pour acquis en fin de CP/

²³ Nous remercions notre collègue Hyungsuk Ji pour la conception de ce programme.

début CE1 et insérés dans la Liste 2.

L'ensemble des mots sélectionnés appartenait à la catégorie des noms, certains d'entre eux (39 %) étant toutefois homophones homographes d'une déclinaison verbale et/ ou d'une forme adjectivale. Au moment où cette expérience a été construite, nous ne disposons pas encore de base de donnée sur le lexique écrit adressée à l'enfant. L'appariement des mots des différentes listes a donc été réalisé d'après les informations lexicales disponibles dans la base de données informatisées *Lexique* (New et al., 2001) , en dépit de leur caractère peu adapté à la population testée. Les propriétés des mots de chaque liste sont donc proposées à titre indicatif dans le Tableau 36. Signalons que la fréquence d'occurrence des mots a pu être évaluée a posteriori dans des circonstances plus adaptées grâce aux normes de *Manulex* (Lété et al., 2004), établies sur la base d'un corpus de texte figurant dans les manuels scolaires destinés aux enfants. Une corrélation significative a alors été mise en évidence entre les l'AdAortho des mots inclus dans les listes et la fréquence ($r^2=.081$; $p<.0001$), les mots acquis tôt dans la vie possédant également une fréquence d'occurrence plus élevée. L'impact de cette corrélation sur l'interprétation des résultats a été pris en compte lors de la Discussion des résultats empiriques (voir p.128).

Tableau 36 : Propriétés lexicales des mots en fonction de leur liste d'appartenance.

	LISTES					MOYENNE	STATISTIQUES
	L1	L2	L3	L4	L5		
FREQ	55.75	64.17	59.49	45.59	39.93	52.99	ns F(4,295)=1.227, p=.2992
DIGR	5217.40	5174.87	4815.94	4676.31	5583.65	5093.63	ns F(4,295)=.673, p=.6111
TRIGR	843.35	922.38	760.79	745.20	908.88	836.12	ns F(4,295)=.618, p=.6500
VOIS	3.42	4.37	4.03	3.10	2.83	3.55	ns F(4,295)=1.737, p=.1418

Le tableau 1 présente pour chacune des 5 listes les valeurs moyennes de Fréquence Lexicale (FREQ) en nombre d'occurrences par million, dérivée de Frantext, de Fréquence des digrammes (DIGR) et des trigrammes (TRIGR), correspondant à la moyenne de la fréquence cumulée de chaque unité constitutive des mots, obtenue par sommation de la fréquence des mots où l'unité cible apparaît à une position donnée et de Densité du voisinage orthographique (VOIS), soit le nombre moyen de voisins possédé par les mots de chaque liste. L'ensemble des données rapportées a été tiré de la base de données informatisée *Lexique* (New, Pallier, Ferrand et Matos, 2001).

III.2.2.1.2.2. Construction des pseudo-mots.

Tous les pseudo-mots introduits dans les listes étaient prononçables. Chaque liste comprenait 60 pseudo-mots, dont 30 pseudo-mots non homophones et 30 pseudo-mots homophones. Chaque sous-ensemble comprenait une part égale de pseudo-mots de 5 et 7 lettres, construits suivant une procédure analogue à celle utilisée dans l'Expérience 2. Les stimuli, dérivés de noms réels appartenant à l'Echelle Dubois-Buyse (Reichenbach & Mayer, 1977) et distincts de ceux figurant dans les listes expérimentales, respectaient ainsi la légalité des séquences orthographiques, d'après les normes disponibles dans la base *Lexique* (New et al., 2001).

L'adéquation sonore des pseudo-homophones a été évaluée au moyen d'une tâche de lecture orale proposée à 60 enfants répartis entre le CP et le CM2, différents de ceux ayant pris part à l'expérience définitive. A l'issue de cette tâche, seuls les pseudo-homophones exactement prononcés comme les mots de bases correspondants par 75 % des participants au moins ont été maintenus dans les listes expérimentales.

L'adéquation visuelle des items a également été vérifiée sur l'axe de la fréquence des digrammes et des trigrammes, entre les pseudo-mots homophones et non homophones (*digrammes* : $F(9,290)=1.147$; $p=.3292$; *trigrammes* : $F(9,290)=1.180$; $p=.3077$). Il faut admettre qu'en dépit de nos efforts les pseudo-mots utilisés dans la présente expérience, s'ils étaient orthographiquement légaux, n'en présentaient pas moins un degré de familiarité visuelle moindre en regard des mots réels utilisés (*digrammes* : $F(9,590)=2.202$; $p=.0205$; *trigrammes* : $F(9,590)=2.729$, $p=.0040$).

Les valeurs moyennes de fréquence des digrammes et des trigrammes associées aux pseudo-mots de chaque liste sont synthétisées dans le Tableau 37.

Tableau 37. Fréquence des digrammes et des trigrammes constituant les digrammes et les trigrammes introduits dans les 5 listes expérimentales.

		LISTES					MOYENNE	STATISTIQUES
		L1	L2	L3	L4	L5		
DIGR	PC	3974.08	4120.65	3748.10	4731.69	4884.53	4921.81	ns $F(4,145)=.899$ $p=.4663$
	PH	3620.16	4528.91	3733.73	4968.19	5142.41	4398.68	ns $F(4,145)=1.620$ $p=.1724$
TRIGR	PC	435.68	670.21	455.24	637.50	598.25	559.38	ns $F(4,145)=.710$ $p=.5863$
	PH	449.66	819.52	461.72	689.99	803.52	644.88	ns $F(4,145)=1.595$ $p=.1788$

La fréquence cumulée des digrammes et trigrammes à été calculée à partir des données de SURFACE, sous-base de la base Lexique (New, Pallier, Ferrand et Matos, 2001), présentant les valeurs de fréquence cumulée des clusters de 2 et 3 lettres existant en Français suivant leur position dans les mots. Pour chaque pseudo-mot, la fréquence des digrammes et des trigrammes a été obtenue en moyennant les fréquences cumulées des unités constitutives des stimuli.

III.2.2.1.3. Procédure.

Le script de l'expérience a été réalisé grâce au logiciel Psyscope 1.1.2.PPC (Cohen et al., 1993), et l'expérience elle-même a été présentée à partir d'un Power Macintosh 6500/250. Les participants étaient installés dans une pièce calme, les yeux approximativement à 30 cm de l'écran d'ordinateur. Les stimuli s'affichaient en minuscules, dans la police Courier de taille 24 points, de sorte que chaque lettre se trouvait inscrite dans une matrice de pixels de dimension fixe (0.4 cm x 0.6 cm), indépendamment de ses caractéristiques propres. Une lettre correspondait ainsi à 0.764 degrés d'angle visuel, un mot de 5 lettres à 3.82 degrés d'angle visuel et un mot de 7 lettres à 5.35 degrés d'angle visuel.

Les mots étaient présentés suivant la technique de position variable du regard dont le principe est résumé par le schéma de la Figure 38 (et voir également la Figure 33, p. 107).

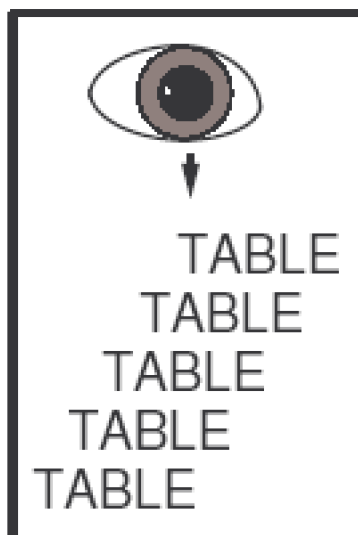


Figure 38. Le schéma illustre les positions de fixations potentielles d'un mot de 5 lettres suivant les modalités de la technique d'orientation préférentielle du regard dans le mot.

Les items sont déplacés latéralement par rapport au point de fixation central de manière à ce que l'œil se pose sur l'une des positions de fixation prédéfinies. La limitation du temps de présentation des stimuli assure que les performances mesurées soient fonction des informations extraites au cours d'une fixation unique de la cible, au niveau de la zone choisie. Ce format de présentation permet de construire une courbe d'EPR, qui associe à chaque fixation un pourcentage de reconnaissance correcte des stimuli.

Chaque mot était divisé en 5 zones de taille identique, correspondant à 1/5 de la longueur totale du mot. Chaque portion comprenait donc exactement 1 lettre pour les mots de 5 lettres et 1.4 lettres pour les mots de 7 lettres. Le centre de chaque zone était défini comme point de fixation initial potentiel. Dans chaque liste expérimentale, les mots d'une longueur donnée étaient répartis en 5 sous-groupes, permettant que l'ensemble des stimuli affecté à un groupe soit présenté en l'une des 5 positions de fixation prédéfinies. Plus précisément, toute liste se trouvait subdivisée en 5 groupes de 6 mots de 5 lettres, 5 groupes de 6 mots de 7 lettres, 5 groupes de 3 pseudo-mots homophones de 5 lettres, 5

groupes de 3 pseudo-mots homophones de 7 lettres et idem pour les pseudo-mots non homophones. D'un participant à l'autre, un groupe d'item donné se voyait attribuer une fixation différente, suivant les principes du carré Latin. De cette manière, chaque participant ne voyait qu'une fois chaque item, dans une seule position tandis que tous les stimuli apparaissaient dans les 5 positions possibles à travers l'ensemble des participants. La succession des mots, pseudo-mots homophones et non homophones était parallèlement établie suivant un ordre aléatoire, nécessairement différent d'un participant à l'autre.

Chaque essai débutait par la présentation d'une croix de fixation (+) au milieu de l'écran, que les participants étaient instamment priés de garder sous leur regard. Après une seconde, la croix de fixation était remplacée par une séquence de lettres (mot ou pseudo-mot), qui restait affiché à l'écran durant 150 ms. Le temps de présentation des stimuli était fixé sur la base des performances des CP mesurées au cours de la phase d'entraînement, de manière à ce que la tâche reste réalisable pour les lecteurs débutants sans devenir trop évidente pour les enfants plus âgés. Les stimuli étaient latéralement déplacés sur la gauche ou sur la droite de la croix de fixation centrale, de manière à ce que les yeux des participants se posent sur l'une des 5 positions de fixation prédéterminées. La durée de présentation des stimuli étant inférieure à la latence minimale de réalisation d'une saccade, estimée à 180 ms environ, les chances pour que le regard des participants dévie de la fixation imposée se trouvaient minimisées.

Les 150 ms écoulées, le stimulus était remplacé par un masque rétroactif composé d'une suite de 9 dièses (#). Les participants devaient alors décider aussi précisément que possible si les stimuli présentés constituaient ou non un mot de la langue Française, en pressant l'une des deux touches prédéfinies sur le clavier. La réponse donnée entraînait la disparition du masque et la présentation de l'essai suivant.

Préalablement à la phase expérimentale, les enfants étaient confrontés à une session d'entraînement comprenant 20 items n'apparaissant pas dans les listes expérimentales, qu'ils avaient la possibilité de répéter au besoin. Par la suite, les enfants étaient uniquement interrogés sur les mots acquis dans les années précédentes et dans le courant de l'année scolaire actuelle, l'expérience ayant été proposée à la fin du mois de juin.

Durant toute la durée de l'expérience, l'application des enfants à maintenir leur regard au niveau de la zone de fixation cible était contrôlée dans la mesure du possible et les enfants étaient invités à prendre une pause chaque fois qu'ils le souhaitaient ou que leur attention semblait se relâcher. Rien ne permettait toutefois de garantir que les enfants suivaient scrupuleusement les instructions à chaque essai, en particulier pour les plus jeunes. Ainsi que proposé par Aghababian et Nazir (2000), il n'est donc pas exclu que des changements développementaux dans la capacité des enfants à maintenir une fixation aient introduit une variabilité supplémentaire dans les résultats décrits plus bas.

III.2.2.2. Résultats

Les résultats de 3 élèves de CP et d'un élève de CM2 ont été retirés des analyses en raison de performances très abaissées sur le traitement des pseudo-mots. Ces exclusions

ont contraint à ramener le nombre de participants à 15 dans chaque groupe de manière à homogénéiser les groupes tout en préservant un maximum de données. De fait, les résultats d'un élève de CE1, d'un élève de CE2 et de deux élèves de CM1 ont été éliminés après tirage aléatoire parmi l'effectif initial.

Bien que les données collectées puissent parallèlement servir de support à une description détaillée des variables susceptibles d'affecter les manifestations de l'AdA_{ortho} sur la reconnaissance des mots écrits – dont, entre autres, la longueur des mots – les résultats rapportés dans le contexte de la présente étude sont focalisés sur les éléments essentiels à la modélisation des résultats empiriques au moyen du modèle CLIP (Kajii et Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004). La première partie des résultats présentés propose ainsi une description détaillée de l'expression des effets d'AdA_{ortho} dans le contexte du paradigme de la position variable du regard dans le mot, d'après les données collectées sur la totalité des stimuli inclus dans les listes expérimentales (i.e. toute longueur confondue). La seconde partie des résultats est quant à elle spécifiquement centrée sur les stimuli de 5 lettres, auxquels les simulations ultérieures ont été restreintes, dans un souci de clarté et de concision.

III.2.2.2.1. Exploration des effets d'AdA_{ortho} et de position du regard utilisant un large corpus.

Le Tableau 39 résume les proportions de réponses correctes enregistrées sur les mots, les pseudo-mots homophones et les pseudo-mots non homophones. Il s'est finalement avéré qu'en dépit de l'exclusion des participants pour lesquels la réalisation de la tâche s'était avérée la plus problématique, les données recueillies auprès des CP avoisinaient toujours le niveau de la chance sur les pseudo-mots (50%) aussi bien que sur les mots (58%). Les réponses fournies par ces élèves ont donc été représentées à titre indicatif dans les graphiques qui suivent, mais n'ont pas été incluses dans les analyses statistiques.

Tableau 39. Le tableau présente les pourcentages de réponses correctes (% RC) relevés dans les 5 tranches d'âges interrogées au cours de la présente recherche, pour les pseudo mots homophones et non homophones, puis pour les pseudo mots en général, et enfin pour les mots.

	PSEUDO-MOTS			MOTS
Groupes				
CP	.48	.51	.50	.58
CE1	.44	.60	.52	.72
CE2	.54	.75	.65	.84
CM1	.57	.77	.67	.82
CM2	.62	.80	.71	.81

III.2.2.2.2. Effets d'Ada_{ortho}

Le graphique de la Figure 40 présente les taux d'erreurs commis sur les mots appartenant aux différentes listes expérimentales, de la Liste 1, comprenant des mots acquis durant l'année de CP, à la Liste 5, comprenant des mots acquis au cours de l'année de CM2. Les performances rapportées ont été moyennées sur les différentes positions du regard et sont présentées séparément pour chaque classe testée.

Le graphique met clairement en évidence que la répartition des pourcentages d'erreurs sur les différentes listes présentées entretient de fortes similitudes avec l'organisation générale des profils de réponses obtenus dans nos précédentes études. Ainsi, l'influence de l'Ada_{ortho} a une fois encore été établie sur les capacités de reconnaissance des mots écrits des enfants, au moyen d'un nouvel ensemble de mots et dans un contexte expérimental substantiellement différent de celui utilisé jusqu'alors. Dans chacune des classes considérées, le nombre d'erreurs commis par les enfants augmentait régulièrement à mesure que les mots présentés avaient été introduits plus tardivement dans leur vocabulaire. Passée l'étape du CE1, en outre, les performances enregistrées sur les différentes listes tendaient à se stabiliser, indépendamment des progrès des enfants vers la maîtrise de la lecture. Ce phénomène est particulièrement bien illustré par la première et la seconde liste expérimentale, pour lesquelles une précision de réponse équivalente pouvait être observée auprès des élèves de CE2 et CM2, en dépit des deux années d'entraînement supplémentaires dont ont bénéficié les seconds.

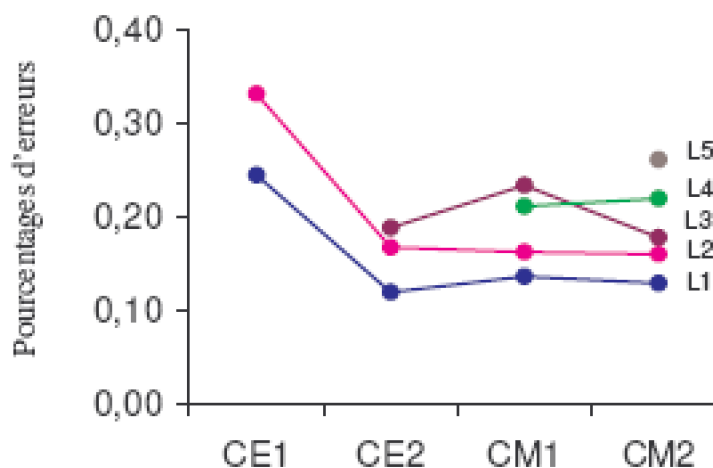


Figure 40. Pourcentages d'erreurs obtenus entre le CE1 et le CM2 pour les différentes listes présentées (où Liste 1 = mots acquis en CP et liste 5 = mots acquis en CM2).

Des ANOVAs prenant pour facteur intra-sujets l'Ada_{ortho} des mots ont été conduites séparément sur les taux d'erreurs relevés dans chacun des groupes considérés. Pour mémoire, les élèves de CE1 étaient confrontés aux mots acquis entre le CP et le CE1 (Listes 1 et 2), les élèves de CE2 aux mots acquis entre le CP et le CE2 (Listes 1 à 3), les

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

CM1 aux mots acquis entre le CP et le CM1 (Listes 1 à 4) et les CM2 aux mots acquis entre le CP et le CM2 (Listes 1 à 5). Ces analyses ont confirmé la présence d'un effet principal de l'AdA_{ortho} dans tous les niveaux scolaires considérés. Le résumé de ces analyses figure dans le Tableau 41, qui présente également les proportions d'erreurs enregistrées pour chaque liste soumise aux participants.

Tableau 41. Détail des ANOVAs évaluant les effets de l'AdA_{ortho} sur les taux d'erreurs relevés dans chaque groupe testé (des CE1 aux CM2).

Groupe	AdA _{ortho}				Statistiques sur le % RC
	Liste 1	Liste 2	Liste 3	Liste 4	
CE1	0.24	0.33			F(1,14)=27.879, p=.0001 ***
CE2	0.12	0.17	0.19		F(2,14)=12.202, p=.0002 ***
CM1	0.14	0.16	0.23	0.21	F(3,14)=13.123, p<.0001 ***
CM2	0.13	0.16	0.18	0.22	F(4,14)=15.036, p<.0001***

A titre indicatif, le tableau présente également les taux d'erreurs correspondant aux mots de chaque liste (de la Liste 1: mots acquis en CP à la Liste 5: mots acquis en CM2).

En complément de ces analyses, l'influence du degré d'expertise en lecture sur l'expression des effets d'AdA_{ortho} a été mesurée au moyen de trois ANOVAs prenant pour facteur intra sujet l'AdA_{ortho} des mots et pour facteur inter sujet le niveau scolaire des enfants. La première ANOVA a été conduite sur les Listes 1 et 2 et concernait les données collectées auprès de toutes les classes testées. La seconde ANOVA a été conduite sur les Listes 1 à 3 et concernait les données enregistrées auprès des élèves scolarisés entre le CE2 et le CM2 (Cycle 3 par la suite). La dernière ANOVA concernait finalement la totalité des listes expérimentales et les données des élèves de CM1 et CM2.

Les résultats de ces analyses sont venus conforter les tendances dégagées à partir de l'observation du graphique de la Figure 40. Ainsi, l'effet principal de l'AdA_{ortho} s'est révélé significatif à travers les trois ANOVAs réalisées. Un effet principal du niveau scolaire a été obtenu à l'issue de la première ANOVA, s'accompagnant d'une interaction significative de l'AdA_{ortho} et du niveau scolaire. Ces effets pointaient l'élévation globale du taux d'erreur chez les élèves de CE1 par comparaison avec les enfants du Cycle 3, plus avancés dans leur niveau de maîtrise de la lecture. Les pourcentages d'erreurs relevés à l'intérieur de chaque liste devenaient plus comparables entre les 3 classes du Cycle 3, ainsi qu'en témoigne l'absence d'interaction de l'AdA_{ortho} et du niveau scolaire sur les données collectées auprès de ces élèves, pour les Listes 1 à 3. On notera cependant la réapparition d'une interaction significative de l'AdA_{ortho} et du niveau scolaire lors de la comparaison des performances des élèves de CM1 et CM2, probablement attribuable au taux d'erreur anormalement élevé recueilli sur les mots de la Liste 3 auprès des élèves de CM1. Le Tableau 42 présente ces analyses dans le détail.

Tableau 42. Détail des trois ANOVAS conduites sur le taux d'erreurs dans le but d'explorer l'influence du niveau scolaire sur les manifestations de l'AdA_{ortho}.

	Analyse 1 : CE1 à CM2 L1 et L2	Analyse 2 Cycle 3 L1 à L3	Analyse 3 : CM1 à CM2 L1 à 4
AdA _{ortho}	F(1,56)=35.407; p<.0001 ***	F(2,42)=27.100; p<.0001 ***	F(3,28)=20.240; p<.0001 ***
Niveau scolaire	F(3,56)=6.850; p=.0005 ***	F(2,42)=.100; p=.9049 <i>ns</i>	F(1,28)=.014; p=.9058 <i>ns</i>
Interaction	F(3,56)=3.195; p=.0337 *	F(4,84)=1.928; p=.1132 <i>ns</i>	F(3,84)=3.133; p=.0298 *

La première analyse a été conduite sur les deux premières listes et incluait les données des élèves scolarisés entre le CP et le CM2. La seconde analyse concernait les Listes 1 à 3 et les données des élèves du Cycle 3. La troisième analyse concernait les Listes 1 à 4 et les données des élèves de CM1 et CM2.

III.2.2.2.3. Effets de la Position du Regard dans le mot.

A. Effet de la position du regard suivant l'AdA_{ortho} des mots.

Considérant que les performances des élèves du Cycle 3 pouvaient être globalement considérées comme équivalentes sur les différentes listes présentées, l'influence de la position du regard sur l'effet d'AdA_{ortho} a été examinée sur la base des données des trois classes cumulées. Les graphiques de la Figure 43 expriment les pourcentages de réponses correctes enregistrés sur les mots des différentes listes en fonction de la position du regard. Ces données ont été reportées séparément pour les élèves de CP (à titre indicatif), de CE1 et du Cycle 3. Ces résultats établissent principalement la supériorité des mots acquis précocement sur les mots appris tardivement pour toutes les positions de fixation. L'AdA_{ortho} n'entraînait en revanche aucune modification de l'allure générale des courbes, qui restait très similaire entre les mots d'une liste expérimentale à l'autre.

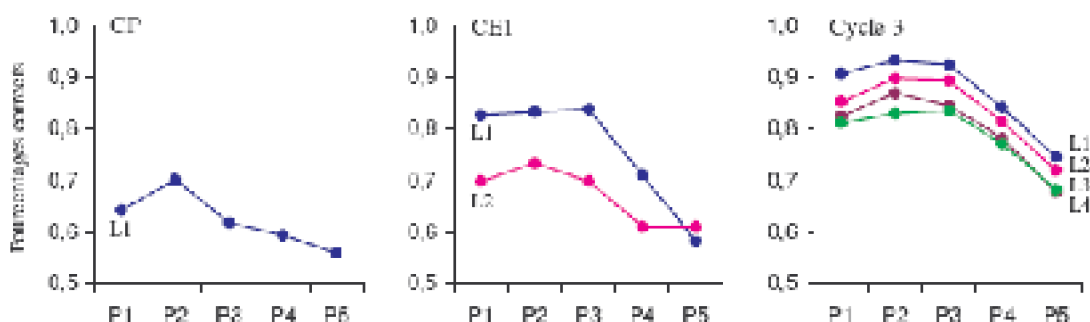


Figure 43. Proportion de réponses correctes enregistrées sur les mots des différentes listes, suivant la position du regard dans le mot.

Les résultats sont présentés séparément pour les élèves de CP, CE1 et du Cycle 3. Les mots de la Liste 1 sont représentés par les courbes bleues, ceux de la Liste 2 par les courbes roses, ceux de la Liste 3 par la courbe violette et ceux de la Liste 4 par la courbe verte.

Les pourcentages de réponses correctes ont été analysés au moyen de trois ANOVAs prenant pour facteurs intra-sujets l'AdA_{ortho} et la position de fixation des mots. La première ANOVA a été conduite sur les données collectées pour les mots des Listes 1 et 2 auprès des CE1. La seconde ANOVA a été conduite sur les données enregistrées pour les mots des Listes 1 à 3, moyennées entre les trois classes du Cycle 3. La troisième ANOVA a été conduite sur les données des listes 1 à 4, moyennées entre les classes de CM1 et CM2. Les trois analyses ont mis en évidence un effet principal de l'AdA_{ortho} et un effet principal de la position de fixation. L'interaction entre les deux facteurs est par sa part restée systématiquement non significative, ce qui confirmait le caractère additif de l'influence de l'AdA_{ortho} sur l'effet de position du regard dans le mot, qui venait simplement rehausser la courbe des mots précoces sans en modifier la forme. Le détail de ces analyses figure dans le Tableau 44.

Tableau 44. Détail des trois ANOVAS conduites sur le pourcentages de réponses correctes dans le but d'explorer l'influence de l'AdA_{ortho} sur l'effet de position du regard dans le mot.

	Analyse 1 : CE1 L1 et L2	Analyse 2 Cycle 3 L1 à L3	Analyse 3 : CM1 à CM2 L1 à 4
AdA _{ortho}	F(1,14)=27.356; p=.0001 ***	F(2,14)=41,744; p<.0001 ***	F(3,14)=42.295; p<.0001 ***
Position du regard	F(4,14)=12.389; p<.0001 ***	F(4,28)=54.082; p<.0001 ***	F(4,42)=28.877; p<.0001 ***
Interaction	F(4,56)=1.696; p=.1639 <i>ns</i>	F(8,56)=.197; p=.9908 <i>ns</i>	F(12,56)=.331; p=.9827 <i>ns</i>

La première analyse a été conduite sur les deux premières listes et incluait les données des élèves de CE2. La seconde analyse concernait les Listes 1 à 3 et portant sur les données moyennées des élèves du Cycle 3. La troisième analyse concernait les Listes 1 à 4 et les données moyennées des élèves de CM1 et CM2.

B. Effet de la position du regard sur le traitement des pseudo-mots.

Les graphiques de la Figure 45 présentent les pourcentages de réponses correctes obtenus pour les pseudo-mots homophones et non homophones suivant les positions du regard dans le mot. Les données ont été reportées séparément pour les élèves de CP (à titre indicatif), de CE1 et du Cycle 3. Ainsi que l'illustrent les graphiques, le taux moyen de rejets corrects - proche du niveau de la chance en CP et CE1 - augmentait graduellement à mesure que les enfants progressaient dans leur maîtrise de la langue écrite. Par ailleurs, dans toutes les classes, les pseudo-mots non homophones étaient rejetés avec davantage d'efficacité que les pseudo-mots homophones. De manière générale, le traitement des pseudo-mots paraissait moins affecté par la position de fixation, par comparaison avec les résultats établis pour les mots. On peut toutefois observer que la plausibilité phonologique des items influençait la forme générale des courbes obtenues pour les lecteurs débutants scolarisés en CP et CE1.

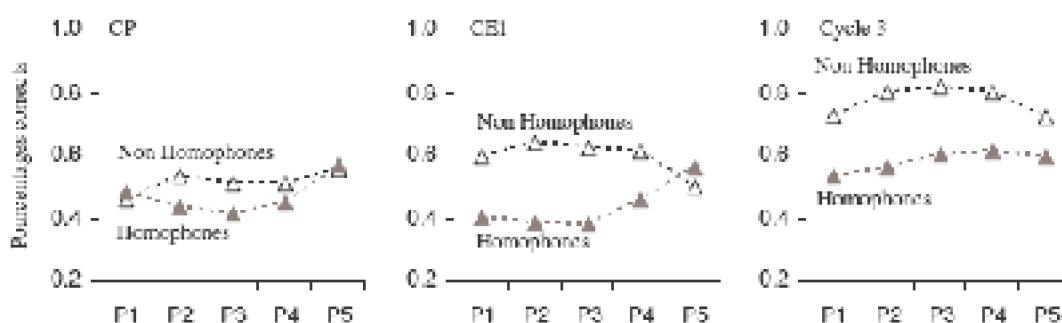


Figure 45. Proportion de réponses correctes enregistrées sur les pseudo-mots homophones (triangles gris) et non homophones (triangles blancs) suivant la position du regard. Les données sont présentées séparément pour les élèves de CP, CE1 et du Cycle 3.

Deux ANOVAs prenant pour facteur intra-sujet le type de pseudo-mot (homophone ou non homophone) et la position du regard dans le mot ont été séparément conduites sur les pourcentages corrects enregistrés sur les pseudo-mots auprès des élèves de CE1 et du Cycle 3. L'effet principal du type de pseudo-mot s'est révélé significatif dans les deux groupes considérés, tandis que l'effet principal de la position du regard affectait uniquement les données des élèves du Cycle 3. Finalement, une interaction significative du type de pseudo-mot et de la position du regard a été obtenue dans les deux groupes. Ces interactions venaient signaler l'influence de la plausibilité phonologique des mots sur les stratégies de récupération des informations à partir des percepts visuels présentés. Les résultats des analyses susmentionnées ont été reportées dans le Tableau 46.

Tableau 46. Détail des deux ANOVAS conduites sur les pourcentages de réponses correctes dans le but de décrire l'effet de la position du regard sur le traitement des pseudo-mots homophones et non homophones (Type PM).

	Analyse 1 : CE1	Analyse 2 Cycle 3
Type PM	F(1,14)=17.113; p=.0010 **	F(1,14)=323.459; p<.0001 ***
Position du regard	F(4,14)=.412; p=.7990 <i>ns</i>	F(4,14)=8.638; p<.0001 ***
Interaction	F(4,56)=8.879; p<.0001 ***	F(4,56)=4.315; p=.0041 **

La première analyse a été conduite sur les proportions de réponses correctes recueillies sur les pseudo-mots présentés aux élèves de CE1. La seconde analyse porte sur les données correspondantes enregistrées auprès des élèves du Cycle 3.

III.2.2.2.4. Extension des résultats au sous-ensemble des stimuli de 5 lettres.

De manière à faciliter la lecture des données, les simulations présentées au chapitre suivant ont été envisagées pour les mots de 5 lettres uniquement. En complément des

précédents résultats, une seconde série d'analyse a donc été réalisée sur les stimuli de 5 lettres inclus dans les différentes listes expérimentales. En accord avec les données établies jusqu'alors, ces analyses ont été conduites séparément pour les enfants scolarisés en CE1 et au Cycle 3. Concernant ces derniers, en outre, le profil de réponse obtenu pour la Liste 3, qui entretenait de fortes similitudes avec celui de la Liste 4 (voir la Figure 43), n'a pas été considéré plus avant. En raison enfin de la modulation de l'effet de position du regard associée au traitement des pseudo-mots homophones, seules les données des pseudo-mots non homophones ont été prises en compte. Les résultats des élèves de CP ont ici encore été reportés à titre indicatif.

Les graphiques de la Figure 47 présentent les proportions de réponses correctes respectivement enregistrées auprès des élèves de CP, CE1 et du Cycle 3 pour les différentes positions de fixation. Les courbes colorées concernent les données collectées pour les mots appartenant aux différentes listes expérimentales et les courbes grises présentent les données enregistrées pour les pseudo-mots non homophones. Ainsi que l'illustrent les graphiques, les données établies pour les mots de 5 lettres rejoignent nos précédentes observations en mettant en évidence une diminution progressive de la hauteur des courbes d'effet de position du regard correspondant aux mots tardifs en regard des résultats obtenus pour les mots précoces. De même, les proportions de réponses correctes obtenues pour les pseudo-mots connaissent ici encore une augmentation progressive consécutivement aux progrès vers la lecture experte. Enfin, l'impact de la position du regard sur la précision des décisions lexicales apparaît également moins évident sur les pseudo-mots, comparativement aux mots.

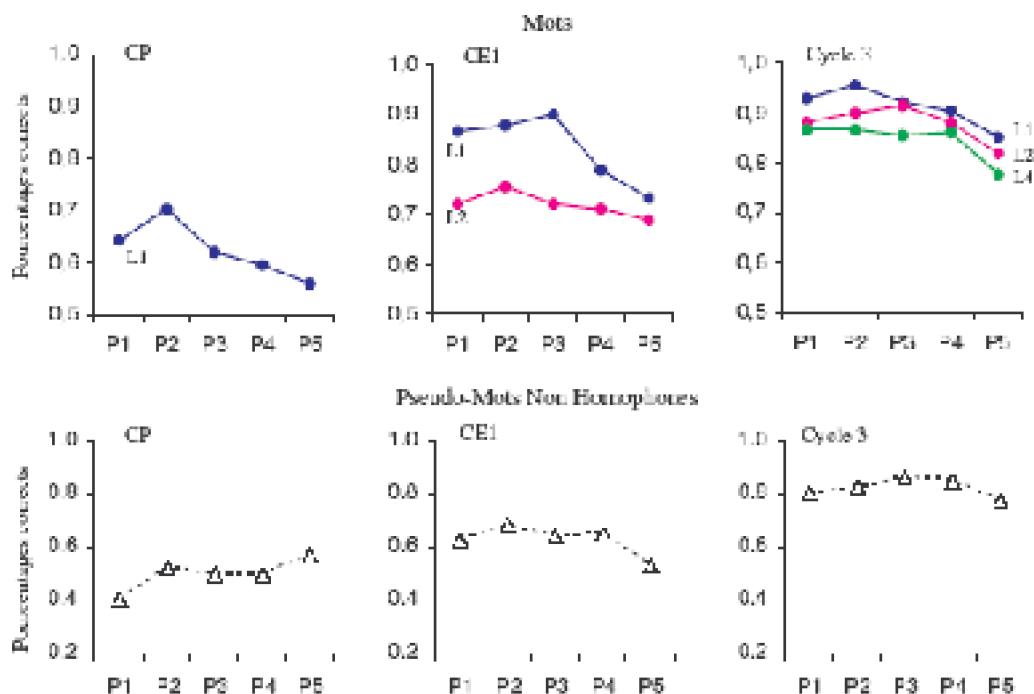


Figure 47. Proportion de réponses correctes obtenues pour les mots (graphiques du haut) et les pseudo-mots non homophones (graphiques du bas) de 5 lettres, suivant la position du regard.

Les données sont présentées séparément pour les élèves de CP, CE1 et Cycle 3. Concernant les mots, les proportions de réponses correctes sont représentées en fonction des différentes listes expérimentales présentées.

Résultats pour les mots . Les pourcentages de réponses correctes ont été analysés au moyen de trois ANOVAs prenant facteurs intra-sujets l'AdA_{ortho} et la position de fixation des mots. La première ANOVA a été conduite sur les données collectées pour les mots des Listes 1 et 2 auprès des CE1. La seconde ANOVA a été conduite sur les données enregistrées pour les mots des Listes 1 à 3, moyennées sur les trois classes du Cycle 3. La troisième ANOVA a été conduite sur les données des listes 1 à 4, moyennées sur les classes de CM1 et CM2. Les trois analyses ont mis en évidence un effet principal de l'AdA_{ortho}. L'effet principal de la position de fixation s'est révélé significatif sur les analyses réalisées auprès des élèves du Cycle 3 et de CM1-CM2, mais est resté non significatif sur les données des élèves de CE1. Aucun effet d'interaction de l'AdA_{ortho} et de la position de fixation n'a été obtenu à travers les trois analyses. Le détail de ces analyses figure dans le Tableau 48.

Tableau 48. Détail des trois ANOVAS conduites sur le pourcentages de réponses correctes dans le but d'explorer l'influence de l'AdA_{ortho} sur l'effet de position du regard dans le mot.

	Analyse 1 : CE1 L1 et L2	Analyse 2 Cycle 3 L1 à L3	Analyse 3 : CM1 à CM2 L1 à 4
AdA _{ortho}	F(1,14)=33.905; p<.0001 ***	F(2,14)=8.335; p=.0014 **	F(3,14)=4.952 p=.0049 **
Position du regard	F(4,14)=2.188 ; p=.0820 <i>ns</i>	F(4,28)=10.374; p<.0001 ***	F(4,42)=6.650; p=.0002 ***
Interaction	F(4,56)=.511; p=.7281 <i>ns</i>	F(8,56)=.541; p=.8231 <i>ns</i>	F(12,56)=.275; p=.9924 <i>ns</i>

La première analyse a été conduite sur les deux premières listes et incluait les données des élèves de CE2. La seconde analyse concernait les Listes 1 à 3 et portant sur les données moyennées des élèves du Cycle 3. La troisième analyse concernait les Listes 1 à 4 et les données moyennées des élèves de CM1 et CM2.

Résultats pour les pseudo-mots non homophones . Deux ANOVAs prenant pour facteur intra-sujet la position du regard dans le mot ont été séparément conduites sur les pourcentages corrects enregistrés sur les pseudo-mots auprès des élèves de CE1 et du Cycle 3. Ces analyses ont révélé que la position du regard influençait significativement le traitement des pseudo-mots non homophones chez les élèves du Cycle 3 (F(4,14)=4.367 ;p=.0038 **), mais pas chez les enfants scolarisés en CE1 (*ns* F(4,14)=1.908 ;p=.1219).

III.2.2.3. Discussion des données empiriques

La présente recherche a été conduite en matière de préambule à l'approche théorique des relations entre l'accroissement des connaissances lexicales des enfants et

l'installation durable des effets d'AdA^{ortho} sur le traitement visuel des mots. Au cours de cette étude, l'influence de l'AdA^{ortho} sur les capacités de reconnaissance des mots présentés brièvement en différentes^{ortho} régions de la rétine a donc été décrite avec précision auprès de 5 groupes d'élèves scolarisés entre le CP et le CM2. En première intention, les résultats empiriques ont été établis en référence à un vaste corpus d'items, avant de se concentrer sur les mots de 5 lettres, pour satisfaire aux exigences des simulations à venir. Les deux séries d'analyses aboutissaient à une description analogue des profils de performances.

En premier lieu, une robuste influence de l'AdA^{ortho} a été observée sur la précision des réponses des participants, confirmant une nouvelle fois la tendance établie dans les expériences précédentes. De fait, les mots acquis tardivement étaient source de davantage d'erreurs, indépendamment du degré de familiarité des enfants avec l'écrit. Il convient cependant de rappeler que - comme nous l'avions précédemment mentionné dans la partie Méthode (voir p.114) - les analyses conduites à posteriori sur les mots intégrés dans les listes expérimentales ont révélé une importante corrélation entre l'AdA^{ortho} et la fréquence d'occurrence des mots, estimée selon les normes de *Manulex* (Lété et al., 2004). Il faut donc envisager qu'une partie des résultats observés puisse être attribuée à l'influence de la fréquence. La remarquable stabilité mise en évidence sur les performances enregistrées pour les mots de chaque liste entre les élèves du Cycle 3 reste cependant difficilement conciliable avec une interprétation en terme de variations de fréquence. A partir du CE2, les mots introduits à une période donnée de l'apprentissage étaient en effet associés à des pourcentages de réponses correctes constants dans le temps, indépendamment de l'accroissement de leur degré de familiarité.

Le traitement des mots précoces et tardif était également affecté par l'effet classique de position du regard dans le mot (Brysbart et al., 1996, Nazir, 1993 ; Nazir, et al., 1991 ; Nazir et al., 1998). Les performances les plus élevées étaient ainsi obtenues lorsque les stimuli étaient fixés légèrement à gauche de leur centre et déclinaient progressivement à mesure que l'œil s'éloignait de cette position optimale, suivant un taux de diminution plus prononcé pour les fixations à la droite de la région centrale. L'AdA^{ortho} modulait essentiellement la hauteur des courbes d'effet de la position du regard sans^{ortho} introduire de variations qualitatives sur les performances. Autrement dit, pour chacune des 5 positions de fixation imposées, un taux de bonnes réponses supérieur était enregistré pour les mots précoces, ces réponses se distribuant à l'identique sur les différentes positions dans autres listes. En accord avec l'interprétation proposée par Aghababian et Nazir (2000), la présence de l'effet de position du regard peut être considérée comme preuve que les enfants présentent très précocement une sensibilité aux informations portées par chacune des lettres incluses dans les mots, similaire à celle observée chez les lecteurs experts. L'obtention de courbes de forme équivalente pour les mots des différentes listes suggère très fortement que les enfants traitent les mots précoces et tardifs suivant des stratégies analogues. Etabli dans le contexte du traitement du langage écrit, ce résultat n'en rejoint donc pas moins la récente réfutation de l'hypothèse de « *phonological completeness* » (Brown et Watson, 1987) par Monaghan et Ellis (2002b), démontrant que les effets d'AdA avaient peu de chance de reposer sur la mise en œuvre de procédures distinctes au moment du traitement des mots précoces et tardifs, induites par des variations dans la

qualité des représentations phonologiques associées aux deux catégories d'items.

Il est finalement apparu que les jeunes lecteurs scolarisés en CP et CE1 faisaient montre d'une précision relativement faible pour rejeter les pseudo-mots et tout particulièrement les pseudo-mots homophones. Cette capacité connaissait cependant une assez nette amélioration chez les élèves du Cycle 3. Une modulation de l'effet de la position du regard par la plausibilité phonologique des distracteurs a également été observée, suggérant une modification des stratégies d'extraction de l'information visuelle dans ce contexte.

En résumé, nous retiendrons essentiellement de cet ensemble d'analyses que les effets d'AdA_{ortho} rehaussent la hauteur des courbes de l'effet de position du regard, sans en affecter la pente ni l'asymétrie. Dans le chapitre suivant, nous allons donc conduire un ensemble de simulations dans le but de préciser les caractéristiques du savoir lexical des jeunes lecteurs susceptible de donner naissance aux effets d'AdA_{ortho} observés.

III.2.3. Approche théorique des circonstances favorisant l'installation des effets d'AdA_{ortho}

III.2.3.1. Application du modèle CLIP (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004) à la simulation d'une tâche de décision lexicale proposée à des jeunes lecteurs.

L'adaptation du modèle CLIP (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004) à la description du phénomène d'AdA_{ortho} a été motivée par son approche réaliste de l'identification des mots, comme produit d'une conjonction de traitements visuels de bas niveau et lexicaux de haut niveau (voir également McClelland et Rumelhart, 1981 pour une proposition similaire). En regard de notre problématique, notre attention a tout particulièrement été retenue par les modalités d'intervention des voisins orthographiques dans le déroulement de la procédure d'identification. En cas d'impossibilité à identifier un mot écrit sur la base de ses seules lettres constitutives (i.e. *identification perceptive pure*), le modèle prévoit en effet que la récupération de ce mot puisse procéder de l'activation des représentations visuelles de structures compatibles avec le CLIP partiel dérivé du mot cible, stratégie autrement référencée par le terme de *processus d'inférence lexicale*. Ce principe implique que la probabilité d'identifier le mot cible soit inversement proportionnelle au nombre de candidats lexicaux avec lesquels ce mot est susceptible d'être confondu. Pour ce qui concerne la décision lexicale toutefois, dont la réalisation ne requiert pas nécessairement une identification exacte de la cible, la présence de nombreux voisins serait au contraire favorable à la production d'une réponse correcte, en vertu du sentiment de familiarité généré par l'item rencontré (Benboutayab, 2004). Nous verrons par la suite que cette spécificité du fonctionnement du modèle CLIP présente un intérêt particulier pour l'évaluation du postulat de dissemblance structurale entre les items précoces et tardifs comme cause originelle de l'installation durable des effets d'AdA_{ortho} sur le traitement des systèmes écrits alphabétiques.

La présente étude vise à évaluer la plausibilité théorique de l'hypothèse d'une

impossibilité pour les enfants normaux lecteurs de construire une représentation suffisamment exhaustive de leur langue lors des étapes initiales de l'apprentissage de la lecture pour empêcher une installation durable des effets d'AdA_{ortho}. Nous avons précédemment proposé que, contrairement à ce que les modélisations connexionnistes de Zevin et Seidenberg (2002) laissaient attendre, la progression naturelle de l'acquisition de la lecture dans une langue de structure profonde comme le Français restait favorable à l'élaboration d'un savoir lexical fondamental trop spécialisé pour permettre aux items appris tardivement de bénéficier pleinement des connaissances construites sur la base des premiers items assimilés. Des arguments favorables à cette proposition ont d'ores et déjà été établis en regard du comportement des enfants précoces. La portée de ces éléments restait cependant limitée par l'impossibilité d'estimer avec précision l'étendue du vocabulaire de chaque participant interrogé et par la pertinence discutable des normes de l'Echelle Dubois-Buysse (Reichenbach et Mayer, 1977) pour l'évaluation des performances des individus appartenant à cette population. L'utilisation du modèle CLIP constitue de ce point de vue un progrès notable, dans la mesure où il permet d'appuyer les prédictions sur un « *background* » entièrement constitué d'éléments lexicaux connus, qualitativement et quantitativement définis d'après les connaissances actuelles de l'environnement écrit des jeunes lecteurs, telles qu'elles ont été récemment diffusées par la base de données *Manulex* (Lété et al., 2004 et voir aussi Lété, 2003, 2004).

Deux situations peuvent être envisagées. D'une part, l'échantillon des premiers mots acquis pourrait réunir un faisceau de propriétés suffisamment vaste pour permettant la construction précoce d'une représentation fine des caractéristiques de la langue, facilitant l'intégration ultérieure des items tardifs. Si tel était le cas, on pourrait s'attendre à ce que la majorité des mots tardifs soient dotés d'une structure orthographique compatible avec celles des mots constituant le savoir lexical précoce des enfants et puissent être associés à un voisin au moins parmi les éléments de cet ensemble. Dans ces conditions, le modèle CLIP prévoit que la reconnaissance des mots tardifs se trouve aussi efficacement secondée par des *inférences lexicales* que celle des mots précoces en cas d'échec de l'*identification perceptive pure*. Alternativement, l'échantillon de mots intervenant au moment des premiers apprentissages pourrait, comme nous le soupçonnons, n'autoriser qu'une représentation partielle des propriétés de la langue. Dans ce contexte, seule une portion restreinte des items tardif - ceux présentant une structure compatible avec celle des mots précoces - serait susceptible de tirer avantage des changements de configuration imposés au réseau impliqué dans la lecture par les premiers items assimilés. En conséquence, une large proportion des CLIPs partiels dérivés des items tardifs échouerait à activer des voisins orthographiques parmi les éléments influents de la base des connaissances lexicales précoces, limitant la contribution des *inférences lexicales* à leur processus de reconnaissance. A terme, les mots tardifs seraient donc davantage susceptibles de faire l'objet de rejets incorrects en cas d'échec de leur *identification perceptive pure*, en comparaison avec les mots précoces.

En référence à ces principes, on peut donc prédire que, dans le cas où la surspécialisation du savoir lexical précoce serait effectivement responsable du développement des effets d'AdA_{ortho}, les probabilités d'acceptation correcte des mots calculées d'après les conditions optimales - où tous les mots intégrés dans les listes

expérimentales possèderaient au moins un voisin parmi les premiers mots acquis - devraient aboutir à une surestimation des résultats empiriques d'autant plus conséquente que l'assimilation des mots considérés a été différée dans le temps. L'utilisation d'un ensemble d'items sélectionné de manière à reproduire avec réalisme les caractéristiques du savoir lexical précoce des jeunes lecteurs devrait au contraire permettre une approximation plus fine des performances observées, considérant que ce contexte est favorable à l'augmentation de la probabilité de non-appariement entre les représentations des mots précoces et tardifs. Ces deux éventualités ont été tour à tour examinées dans la partie suivante, après que les principes de fonctionnement du modèle CLIP aient été adaptés aux particularités de la tâche de décision lexicale.

III.2.3.1.1. Application du modèle CLIP à la simulation des données collectées dans le contexte d'une tâche de décision lexicale proposée à de jeunes lecteurs.

Les probabilités théoriques de reconnaissance des mots des différentes listes expérimentales ont été calculées d'après le modèle CLIP décrit en Introduction de ce chapitre, au moyen d'un programme écrit en Perl 5.8.7 et tournant sous Windows XP²⁴. Toutes les modélisations présentées dans ce qui suit sont adaptées de la procédure développée par Benboutayab (2004) dans le contexte de l'exploration des facteurs participant à l'émergence des effets de la position du regard dans le mot chez les lecteurs experts.

Le modèle CLIP a originellement été élaboré par Kajii et Osaka (2000) dans la perspective de proposer une description robuste des capacités d'identification des mots écrits, considérées comme produit d'une conjonction d'informations visuelles construites sur la base du percept présenté, relevant du domaine de l'identification perceptive, et d'éléments issus des connaissances verbales du participant autorisant les inférences lexicales. Cette relation a été traduite selon les termes mathématiques rappelés ici :

$$P(W) = \sum_{i=1}^n \left[\underbrace{P(C_i)}_{\text{visuel}} \cdot \underbrace{P(W|C_i)}_{\text{lexical}} \right]$$

où la probabilité de reconnaître un mot $P(W)$ repose sur $P(C_i)$, la probabilité d'occurrence du CLIP C_i et $P(W|C_i)$ est la probabilité conditionnelle de prédire le mot complet à partir du CLIP C_i .

L'application de ce modèle à la simulation des résultats empiriques issus de la tâche de décision lexicale proposée aux enfants nécessite une spécification préalable des paramètres lexicaux et visuels supposés intervenir au cours du processus d'élaboration des réponses. Les détails de cette démarche sont présentés dans les paragraphes qui

²⁴ Nous remercions Vincent Siles et Guillaume Mallet pour la conception et le développement de ce programme.

suivent.

III.2.3.1.2. Méthode et Résultats

III.2.3.1.2.1. Estimation du savoir lexical des jeunes lecteurs.

Cette première étape vise à sélectionner un ensemble de mots représentant de manière réaliste le savoir lexical précoce des enfants, en référence auquel le modèle CLIP est tenu de conduire sa recherche de voisins, consécutivement à la survenue d'un CLIP partiel.

Il est évident que l'échelle Dubois-Buyse (Reichenbach et Mayer, 1977), qui préconise l'apprentissage de quelques 56 mots en CP et de 230 mots supplémentaires en CE1, n'offre pas un aperçu réaliste de l'étendue du vocabulaire précoce des enfants. Une stratégie de sélection des items précoces alternative a cependant été proposée par Zevin et Seidenberg dans un article récent (2004), fondée sur la fréquence d'occurrence des mots en différentes périodes de l'apprentissage de la lecture. Constatant que les variables lexicales telles l'imageabilité, la concrétude, la familiarité, la fréquence cumulée et la longueur expliquaient près de 70% de la variance des valeurs d'AdA attribuées à 328 mots par 40 jeunes adultes, ces auteurs ont en effet conclu au caractère irréaliste des tentatives d'exploration de l'AdA en isolation de ses facteurs associés. Du point de vue de Zevin et Seidenberg (2004), l'AdA ne saurait en effet être décorrélé des variables lexicales reconnues comme déterminantes pour l'assimilation plus ou moins précoces des mots dans le décours de l'apprentissage. En particulier, l'assimilation première de certaines représentations orthographiques semble dépendre directement de la multiplication des rencontres avec les mots concernés au cours d'une période déterminée de l'acquisition de la lecture. Zevin et Seidenberg (2004) concluent donc que la *trajectoire de fréquence*, qui définit précisément l'évolution de la fréquence d'occurrence des mots à travers la progression des apprentissages, constitue la mesure la plus adaptée à l'appréhension des effets d'AdA. Les mots présentant une trajectoire de fréquence « élevée à basse » sont ainsi rencontrés plus fréquemment dans les premières étapes de l'assimilation du système écrit de la langue que dans les phases ultérieures, optimisant leur probabilité d'intégration précoce. En contrepartie, les mots présentant une trajectoire de fréquence « basse à élevée » sont rarement présents dans les textes destinés aux lecteurs débutants mais rencontrés plus fréquemment par les lecteurs plus avancés, ce qui diffère vraisemblablement leur acquisition (voir également Bonin et al., 2004 pour une discussion sur ce point).

L'utilisation de la trajectoire de fréquence pour la construction de notre base de connaissances précoces est rendue possible par les normes disponibles dans la base de données *Manulex* (Lété et al., 2004). Chaque item répertorié dans cette base se voit en effet assigner trois mesures distinctes, correspondant respectivement à sa fréquence d'occurrence dans les manuels scolaires destinés aux élèves de CP, de CE1 et du Cycle 3. Tirant parti de ces estimations, les items constituant le vocabulaire précoce des enfants ont donc été choisis de manière à ce que leur fréquence d'occurrence soit trois fois plus importante dans les manuels scolaires destinés aux classes de CP et CE1 que dans les ouvrages s'adressant aux élèves du Cycle 3 (i.e. trajectoire de fréquence « élevée à

basse », en application des critères de Zevin et Seidenberg, 2004). Enfin, deux mille mots ont été retenus parmi les candidats sélectionnés, de manière à représenter de manière réaliste la quantité de mots normalement assimilée par un enfant en fin de CP, d'après les estimations de Lété (2004).

III.2.3.1.2.2. Estimation des paramètres visuels adaptés aux capacités des jeunes lecteurs.

Les facteurs visuels impliqués dans le traitement de la forme visuelle des mots décrits par Nazir et collègues (1991) regroupent 1) la probabilité a de reconnaissance de la lettre placée directement sous le focus du regard, 2) le ratio de l'asymétrie gauche droite et 3) le taux de diminution de la lisibilité des lettres à droite de la fixation b_{right} .. Rappelons que le taux de diminution des lettres situées à gauche de la fixation b_{left} est obtenu après multiplication de b_{right} par la valeur estimée du ratio de l'asymétrie gauche-droite.

III.2.3.1.2.2.1. ESTIMATION DE LA PROBABILITÉ D'IDENTIFICATION DE LA LETTRE DIRECTEMENT FIXÉE ET DU RATIO D'ASYMÉTRIE GAUCHE-DROITE.

La valeur des deux premiers paramètres peut être arrêtée en référence aux données empiriques précédemment collectées par Nazir et al. (1991) auprès de participants adultes. On peut ainsi raisonnablement supposer que la probabilité d'identifier la lettre tombant directement sous le *focus* du regard reste maximale chez les jeunes lecteurs, étant donné la haute résolution de la vision centrale. De fait, la valeur de 1 conventionnellement attribuée au paramètre a peut être maintenue.

La littérature rapporte d'autre part régulièrement qu'une seule année d'entraînement à la lecture est suffisante pour que l'asymétrie de l'empan perceptif se mette en place (Aghababian et Nazir, 2000 ; Ducrot, Lété Sprenger-Charolles, Pynte et Billard, 2003; Reyner, 1998). S'il a donc été démontré que la distribution des sites d'atterrissage du regard dans le mot s'organisait de manière très similaire chez les lecteurs débutants et experts, la valeur du ratio de l'asymétrie gauche-droite n'a toutefois pas fait l'objet chez l'enfant d'une estimation empirique aussi précise que celle réalisée pour l'adulte par Nazir et collaborateurs (1991). Bien que nos données ne nous permettent pas davantage de préciser la valeur exacte de ce paramètre, il est apparu que l'application directe de la valeur de 1.8 établie pour les adultes à la simulation des profils de performances établis auprès des enfants des différents groupes induisait une surestimation légère mais régulière de l'asymétrie. A défaut de mesure plus fine, cette tendance a été corrigée en réduisant à 1.6 la valeur du ratio de l'asymétrie.

III.2.3.1.2.2.2. ESTIMATION DU TAUX DE DIMINUTION DE LA LISIBILITÉ DES LETTRES EN VISION PÉRIPHÉRIQUE EN RÉFÉRENCE AUX SPÉCIFICITÉS DU PARADIGME DE DÉCISION LEXICALE.

Contrairement aux précédents paramètres, le taux de diminution de la lisibilité des lettres situées en vision périphérique b_{right} présente une forte sensibilité aux conditions de présentation visuelle des mots. La valeur de ce paramètre doit donc être évaluée avec précision en référence à l'expérience pour laquelle les simulations sont envisagées.

Suivant la procédure développée par Benboutayab (2004), la valeur du *br* peut être établie sur la base des résultats enregistrés lors du traitement des pseudo-mots non homophones, condition dans laquelle la production d'une réponse correcte est plus largement dépendante de la qualité des informations visuelles extraites du percept. Préalablement au calcul des probabilités théoriques de rejet correct des pseudo-mots, il convient toutefois de prendre en considération les facteurs de complexité introduits par la tâche de décision lexicale dans l'architecture du modèle CLIP, initialement conçu pour conceptualiser les seules capacités d'identifications correctes des mots présentés visuellement (Kajii et Osaka, 2000). Il est en effet nécessaire de tenir compte du fait que l'identification exacte du stimulus cible ne représente plus un pré-requis essentiel à la production d'une réponse correcte en décision lexicale. Benboutayab (2004) décrit ainsi l'acceptation correcte d'un mot comme la conséquence potentielle 1) d'une *identification perceptive pure* du mot cible à partir de ses lettres constitutives ou 2) d'une *inférence lexicale* réalisée sur la base des informations parcellaires extraites de la forme visuelle présentée, aboutissant suivant les cas à l'identification du mot cible (*inférence lexicale correcte*) ou à la reconnaissance de tout autre mot connu de structure orthographique voisine du mot cible (*inférence lexicale incorrecte*). Corrélativement, le rejet correct d'un pseudo-mot est susceptibles de procéder 1) d'une *identification perceptive pure* du pseudo-mot cible à partir de ses lettres constitutives ou 2) de l'impossibilité de réaliser une *inférence lexicale* sur la base des informations parcellaires extraites de la forme visuelle présentée, limitant la possibilité pour que le pseudo-mot soit faussement confondu avec un mot réel voisin par un processus de lexicalisation.

Le Tableau 49 propose et décrit une adaptation possible de la structure du modèle CLIP visant essentiellement à intégrer la contribution des inférences lexicales incorrectes au processus d'acceptation correcte des mots et de rejet correct des pseudo-mots, inspirée des travaux de Benboutayab (2004).

Réponses correctes Identification	Identification pseudo-mot pure		Probabilité d'identification des lettres isolées de la liste	$P(\text{cent } j, i, n, \text{ dans } \text{length}(i)) = \left(\prod_{k=1}^{j-1} (a_i - a_{i-k}) \right) \cdot a_i \cdot \left(\prod_{k=1}^{l-j} (a_i - a_{i+k}) \right)$ $P(\text{cent } j, i, n, \text{ dans } \text{length}(i)) = \left(\prod_{k=1}^j (a_i - a_{i-k}) \right) \cdot a_i \cdot \left(\prod_{k=1}^{l-j} (a_i - a_{i+k}) \right)$ $P(\text{cent } j, i, n, \text{ dans } \text{length}(i)) = \left(\prod_{k=1}^l (a_i - a_{i-k}) \right) \cdot a_i$ où a_1, a_2, \dots, a_{26} représentent les probabilités d'identification de lettres isolées dans la situation de la liste fluide dans la situation des unités de fluide, de la centralité et d'identification de lettres adjacentes fluide. Les taux de distribution a_{10} et a_{15} de la probabilité d'identifier les lettres isolées de la séquence subvocalisée sont respectivement égaux à 0,03 et 0,04 (voir le Tableau 49) et de la longueur de la séquence (Nazir et al., 1991).
	Identification CLIP (i)	correcte	Probabilité d'identifier le mot cible parmi la probabilité d'un voisin sans CLIP (i)	$P(W) = \sum_{i=1}^n P(C_i) \cdot P(W C_i)$ où $P(W C_i) = \frac{1}{ W(C_i) }$ (Nazir et al., 1991) (voir aussi Benboutayab 2004)
Réponses correctes Non Identification	Identification pseudo-mot pure	incorrecte	Probabilité d'identifier un mot voisin, différent du mot cible, parmi la probabilité d'occurrence de CLIP (i)	$P(W) = \sum_{i=1}^n \left[P(C_i) \cdot \sum_{j \neq i} P(W C_j) \right]$ où $\sum_{j \neq i} P(W C_j)$ des voisins du mot cible, c. à d. l'ensemble de ces-ci et adapté de Benboutayab (2004).
Réponses correctes Non Identification	Identification pseudo-mot pure		Probabilité d'identifier un mot voisin, différent du mot cible, parmi la probabilité d'occurrence de CLIP (i)	Calcul identique à celui utilisé lors du calcul de la probabilité d'identification perceptive pure des mots
	Identification pseudo-mot pure		Probabilité d'identifier un mot voisin, différent du mot cible, parmi la probabilité d'occurrence de CLIP (i)	$P(W) = 1 - \sum_{i=1}^n \left[P(C_i) \cdot \frac{P(W C_i)}{ W(C_i) } + \sum_{j \neq i} P(W C_j) \right]$

Tableau 49. Adaptation du modèle CLIP aux particularités de la décision lexicale. Détails des calculs, d'après Nazir et al. (1991) et Benboutayab (2004).

En accord avec les principes reportés dans le Tableau 49, la proportion de bonnes réponses attendues pour un pseudo-mot peut être calculée en ajoutant à sa probabilité d'identification perceptive pure la somme des probabilités d'occurrence de ses CLIPs partiels ne possédant aucun voisin parmi les mots composant le stock lexical du participant. Rappelons que le terme voisin doit s'entendre au sens large, le modèle étant autorisé à considérer les mots de 4 et 6 lettres comme voisins potentiels des CLIPs construits sur la base des inputs de 5 lettres présentés. Ce calcul effectué, la valeur du *b right* peut être manipulée de manière à ajuster la hauteur des courbes théoriques et empiriques.

Les graphiques de la Figure 50 présentent les pourcentages de réponses correctes observés (courbes bleues) et calculés selon le modèle CLIP (courbes roses) pour les pseudo-mots non homophones présentés aux élèves de CP, CE1 et Cycle 3, suivant la position de fixation imposée. Les courbes théoriques reportées sont celles correspondant

au taux de diminution de lisibilité des lettres b_{right} ayant permis de se rapprocher au plus près des courbes empiriques, d'après la distance mesurée par l'écart quadratique moyen²⁵ (Root Mean Square Deviation), dont la valeur a été reportée sur chaque graphique. Les taux de diminution s'élevaient respectivement à .15 en CP, .14 en CE1 et .11 au Cycle 3. Les graphiques montrent que contrairement aux classes de CE1 et CP, dans lesquelles les données étaient très bruitées, les probabilités de reconnaissances des pseudo-mots calculées d'après le modèle de CLIP (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004) se rapprochaient de manière satisfaisante des données empiriques obtenues auprès des élèves du Cycle 3.

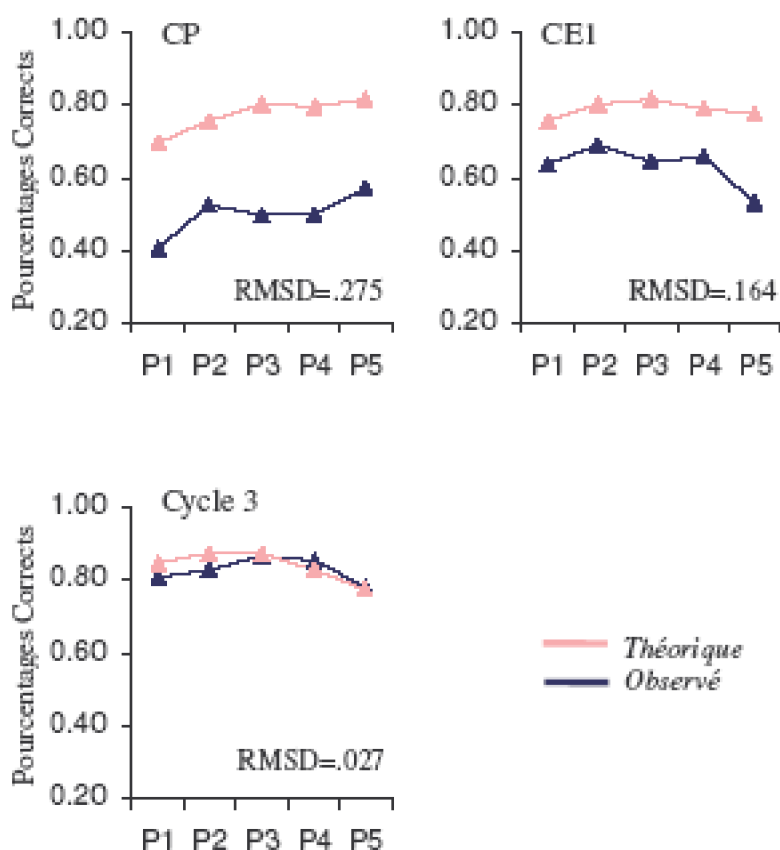


Figure 50. Proportion de réponse correctes observées (courbes bleues) et calculées (courbes roses) pour les pseudo-mots non homophones présentés aux différents groupes testés (CP, CE1 et Cycle 3), suivant la position de fixation imposée.

La distance séparant les deux courbes, mesurée par l'écart quadratique moyen (RMSD) a été reportée sur chaque graphique. Les courbes théoriques ont été calculées avec une probabilité d'identification de la lettre fixée a de 1 et un ratio d'asymétrie de .16. Les taux de diminution b_{right} de la lisibilité des lettres définissant la pente des courbes théoriques s'élevaient à .15 en CP, .14 en CE1 et .11 au Cycle 3.

²⁵ Les valeurs de RMSD ont été obtenues par le calcul suivant : où O_i représente la valeur empirique, P_i la valeur théorique et n le nombre de valeurs. Plus les valeurs obtenues sont petites et plus l'écart entre les données comparées est faible.

Les simulations conduites pour les groupes de CP et CE1 ont abouti à une large surestimation des résultats enregistrés auprès des enfants scolarisés dans ces deux classes, sans que les manipulations successives des paramètres visuels ne permettent une réduction de l'écart séparant les courbes empiriques et théoriques. Il faut souligner que les calculs effectués jusqu'alors s'appliquaient à une situation idéale, dans laquelle l'impossibilité d'inférer un mot réel sur la base des CLIPs partiels associés aux pseudo-mots présentés aboutissait obligatoirement au rejet correct de l'item. Or les faibles pourcentages de réponses corrects recueillis sur le traitement des pseudo-mots auprès des élèves de CP et CE1 en comparaison des élèves du Cycle 3 – auparavant mentionnés lors de la description empirique des résultats – incitent à penser que ces jeunes lecteurs présentent un biais de réponse. En l'absence de données permettant d'anticiper précisément les conséquences de ce biais sur la qualité du traitement des mots, nous avons renoncé à modéliser les autres résultats obtenus dans ces deux classes.

III.2.2.2. Simulation des courbes empiriques d'effet de position du regard obtenues pour les mots.

Les modélisations présentées ci-dessous de ces profils de réponses exploitent les valeurs des paramètres visuels établies d'après les données de la littérature et les profils de réponses observés pour les pseudo-mots. Pour mémoire, la probabilité a de reconnaissance de la lettre placée directement sous le focus du regard a ainsi élevée à 1, le ratio de l'asymétrie gauche-droite, légèrement abaissé à 1.6 et le taux de diminution de la lisibilité des lettres b ^{right} fixé à .11. Conformément à la description proposée dans le Tableau 49 (voir p. 137), la probabilité d'acceptation correcte des mots a systématiquement été évaluée en ajoutant aux *probabilités d'identification perceptive pure* des mots la somme des probabilités d'occurrences des CLIPs partiels dérivés de ces mots permettant la production d'une *inférence lexicale correcte* ou *incorrecte*.

III.2.2.2.1. Simulation des données empiriques enregistrées sur les mots en référence à l'hypothèse de l'acquisition précoce d'une connaissance exhaustive du fonctionnement de la langue.

Le premier volet des simulations des courbes d'effet de position du regard établies sur le traitement des mots a été réalisé en référence à la situation idéale où les exemples rencontrés dans les premières phases de l'apprentissage de la lecture seraient suffisamment nombreux et diversifiés pour que les enfants puissent en déduire une représentation exhaustive des principes organisateurs de leur langue. Ces circonstances autoriseraient les items tardifs à bénéficier pleinement des connaissances acquises en référence aux premiers items assimilés, en vertu des recouvrements de structures existant entre les éléments constitutifs des deux ensembles de mots. Dans ces conditions, tout mot écrit, indépendamment du moment de son introduction dans l'apprentissage de la lecture, est supposé posséder au moins un voisin parmi les mots assimilés précocement. Soulignons encore qu'il s'agit de conditions *idéales*, qui ne font pas intervenir les mots précédemment sélectionnés pour représenter de manière *réaliste* le savoir lexical précoce des enfants. Les simulations actuelles respectent scrupuleusement la démarche

développée par Benboutayab (2004) pour la modélisation des données enregistrées auprès des adultes. Conformément à cette démarche, donc, l'adoption du principe d'association systématique d'un mot présenté avec un voisin connu (au moins) autorise à élever la probabilité de réaliser une *inférence lexicale* (*correcte* ou *incorrecte*) sur la base d'un CLIP partiel dérivé de ces mots à sa valeur maximale de 1. En conséquence, la probabilité d'accepter correctement un mot partiellement reconnu correspond ici à la simple somme des probabilités d'occurrence des différents CLIPs pouvant être construits sur la base du percept rencontré.

Les graphiques de la Figure 51 présentent les proportions de réponses correctes théoriques (courbes roses) et observées (courbes bleues) auprès des élèves du Cycle 3, suivant la position de fixation imposée. Les résultats sont présentés séparément pour chaque liste expérimentale considérée, de la Liste 1 (i.e. premiers mots acquis) à la Liste 4 (i.e. derniers mots acquis). La distance séparant les courbes théoriques et empiriques a été mesurée au moyen de la RMSD, dont les valeurs ont été reportées sur chaque graphique. Les valeurs théoriques calculées pour la Liste 1 approchaient de manière très satisfaisante les résultats obtenus pour les mots appartenant à cette liste, tant sur le plan de la hauteur que de la forme de la courbe d'effet de la position du regard. Les prédictions théoriques restaient cependant moins précises en regard des mots acquis après la première année de scolarité. En particulier, la distance entre les courbes empiriques et théoriques tendait à s'accroître à mesure que les mots considérés ont été introduits tardivement dans l'apprentissage des enfants. Cette tendance est attestée par l'augmentation progressive des valeurs de RMSD.

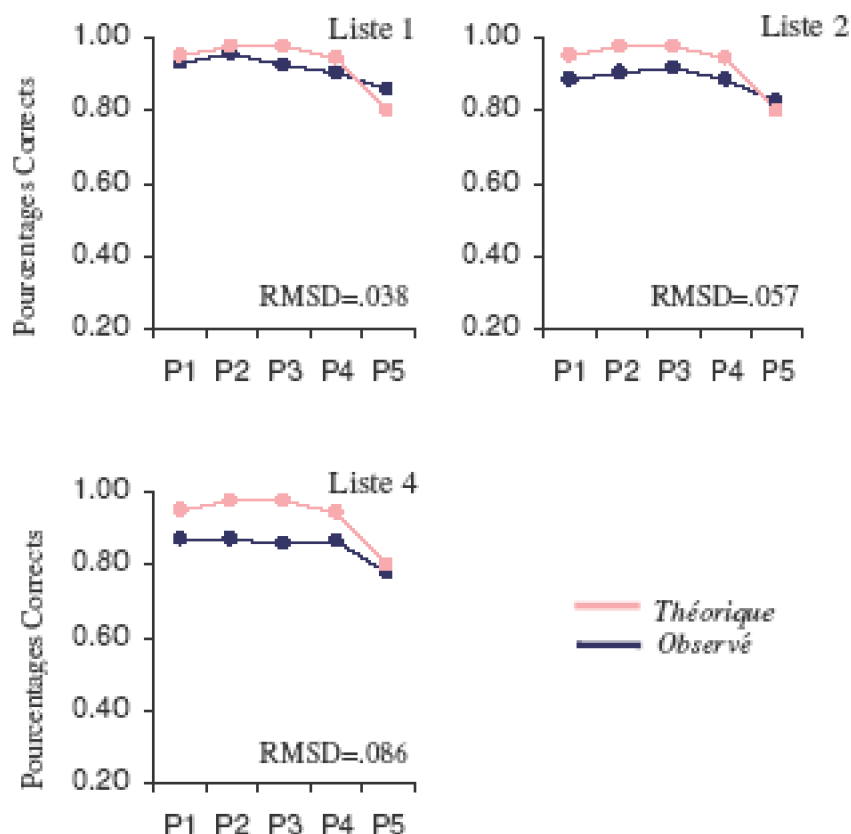


Figure 51. Proportion de réponse correctes observées auprès des élèves du Cycle 3 (courbes bleues) et calculées (courbes roses) pour les mots inclus dans les Listes 1, 2 et 4 suivant la position de fixation imposée.

Les courbes théoriques ont été calculées avec une probabilité d'identification de la lettre fixée a de 1, un ratio d'asymétrie de .16 et un taux de diminution de la lisibilité des lettres b_{right} estimé à .11. Ces résultats s'entendaient pour des conditions idéales où tous les mots présentés possédaient au moins 1 voisin parmi les mots précoces. La distance séparant les deux courbes, mesurée par l'écart quadratique moyen (RMSD), a été reportée sur chaque graphique.

III.2.2.2.2. Simulation des données empiriques enregistrées sur les mots en référence à l'hypothèse de l'acquisition précoce d'une connaissance limitée du fonctionnement de la langue.

Le second volet des simulations concernées par les profils de réponses enregistrés sur les mots a été réalisé dans le but d'évaluer les conséquences à long terme d'une spécialisation précoce du réseau impliqué dans la lecture pour le traitement d'un échantillon non exhaustif des caractéristiques du système écrit de référence. De telles circonstances impliquent que seule une portion restreinte des mots acquis tardivement, dont la structure resterait compatible avec celle des mots précoces, puisse bénéficier des aménagements imposés par les premiers items assimilés. Le pourcentage de réponses

correctes plus faible associé au traitement des items tardifs pourrait alors être la conséquence d'une diminution de la propension des CLIPs partiels dérivés de ces mots à activer des voisins parmi les mots assimilés précocement, limitant la participation des *inférences lexicales* (*correctes* ou *incorrectes*) au processus de reconnaissance des mots. Les calculs des présentes probabilités d'acceptations correctes des mots ont cette fois été conduits en référence au savoir lexical des enfants estimé d'après les recommandations de Zevin et Seidenberg (2002) et Lété (2004). Remarquons que la probabilité de produire une *inférence lexicale* d'après les CLIPs dérivés des mots de la Liste 1, tous acquis au cours de l'année de CP, a été maintenue à 1 dans ce contexte. Concernant les mots appartenant aux Listes 2 et 4, pour autant qu'un CLIP partiel puisse activer au moins un voisin parmi les mots acquis précocement, la probabilité de produire une *inférence lexicale* (*correcte* ou *incorrecte*) sur la base des informations visuelles recueillies a été maintenue à 1. La probabilité de produire une *inférence lexicale* pour un item tardif sur la base d'un CLIP partiel ne s'apparentant structurellement à aucun des mots inclus dans le stock lexical précoce a en revanche été abaissée à .85²⁶.

Les graphiques de la Figure 52 présentent les proportions de réponses correctes théoriques (courbes roses) et observées (courbes bleues) auprès des élèves du Cycle 3, suivant la position de fixation imposée. Les résultats sont présentés séparément pour chaque liste expérimentale considérée, de la Liste 1 (i.e. mots acquis le plus précocement) à la Liste 4 (i.e. mots acquis le plus tardivement). La distance séparant les courbes théoriques et empiriques a été mesurée au moyen des RMSD, dont les valeurs ont été reportées sur chaque graphique. Ainsi que le montrent les graphiques, une corrélation très satisfaisante a été obtenue entre les données théoriques et les résultats établis empiriquement auprès des enfants sur les mots des différentes listes expérimentales.

²⁶ Contrairement aux pseudo-mots, les mots tardifs non apparentés à des mots précoces possèdent leur représentation mentale. Pour cette raison, la probabilité de produire une inférence lexicale sur la base d'un CLIP partiel dérivés de cette catégorie de stimulus, si elle est légèrement abaissée en comparaison des items précoces ou assimilés, doit rester non nulle.

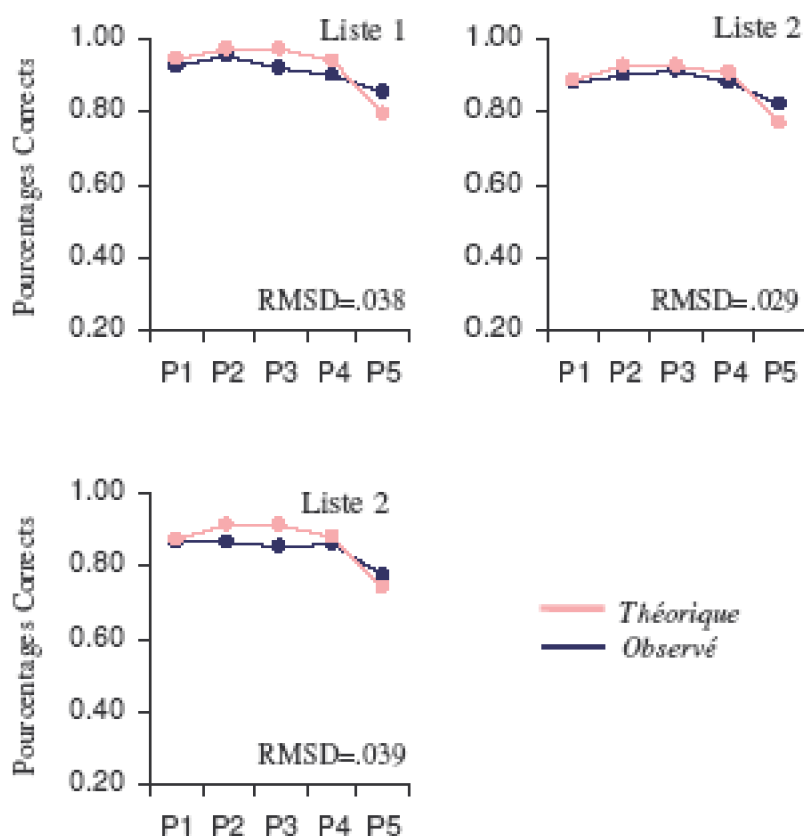


Figure 52. Proportion de réponse correctes observées auprès des élèves du Cycle 3 (courbes bleues) et calculées (courbes roses) pour les mots inclus dans les Listes 1, 2 et 4 suivant la position de fixation imposée.

Les courbes théoriques ont été calculées avec une probabilité d'identification de la lettre fixée a de 1, un ratio d'asymétrie de .16 et un taux de diminution de la lisibilité des lettres b_{right} estimé à .11. Les résultats théoriques rapportés pour les Listes 2 et 4 reflétaient les conditions où seule une partie des mots tardifs possédait des voisins parmi les mots acquis précocement. La distance séparant les deux courbes, mesurée par l'écart quadratique moyen (RMSD), a été reportée sur chaque graphique.

Les données présentées ci-dessus ont finalement été reprises dans le graphique de la Figure 53 de manière à faciliter la comparaison de l'amplitude des effets d'AdA_{ortho} observés auprès des élèves du Cycle 3 (courbes de gauche) et calculés (courbes de droite) au moyen du modèle CLIP, d'après nos estimations du savoir lexical précoce des enfants. Ainsi que l'illustre clairement le graphique, les écarts de performances établis entre les Listes 1 et 4 s'exprimaient sur échelle comparable dans les données empiriques et théoriques. Le pourcentage de réponses correctes moyenné sur les 5 positions de fixation accusait ainsi une diminution 7% et 6%, respectivement, sur les performances empiriques et théoriques associées aux mots de la Liste 4.

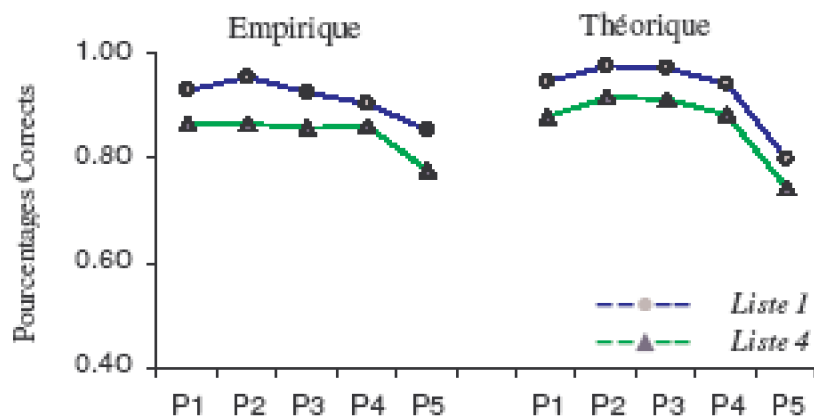


Figure 53. Pourcentage de réponses correctes empiriques (graphique de gauche) et théoriques (graphique de droite) obtenus pour les Listes 1 et 4 pour les différentes positions de fixation auprès des élèves du Cycle 3.

III.2.2.3. Discussion des résultats théoriques

Au cours de cette dernière étude, les principes de fonctionnement d'un modèle perceptivo-lexical d'identification des mots écrits, le modèle CLIP (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004), ont été adaptés avec succès à la description théorique des contraintes imposées par les caractéristiques du savoir lexical précoce des enfants sur la qualité d'intégration des connaissances verbales ultérieures.

Dans un premier temps, la simulation des profils de réponse enregistrés sur les pseudo-mots, imposée par la nécessité d'estimer la contribution des paramètres visuels à la reconnaissance des stimuli, a permis de déceler la présence d'un biais de réponse sur les décisions lexicales réalisées par les enfants scolarisés en CP et CE1. Les enfants de ce niveau de lecture présentaient en effet une tendance plus élevée à accepter de manière erronée les pseudo-mots dépourvus de voisins orthographiques parmi les mots réels connus en comparaison des enfants plus avancés dans leur maîtrise de la langue écrite.

Concernant les simulations conduites sur les mots, le calcul des probabilités de réponses correctes en référence à une situation optimale - où l'organisation structurale de la langue serait représentée de manière exhaustive à travers l'ensemble des mots précoces - a abouti à une surestimation des performances observées auprès des élèves du Cycle 3. Cette surestimation tendait par ailleurs à s'amplifier dans les simulations réalisées pour les mots tardifs. Au contraire, le calcul des mêmes probabilités basé sur une estimation plus réaliste des mots constitutifs du lexique précoce des enfants - reposant sur la prise en compte de la trajectoire de fréquence de ces mots (Zevin et Seidenberg, 2004) et de l'étendue probable du vocabulaire d'un élève en fin de CP (Lété, 2004) - permettait d'approcher les données empiriques avec davantage d'exactitude. L'utilisation d'une estimation fiable du stock lexical des lecteurs débutants avait pour principale conséquence d'augmenter la probabilité pour que les mots inclus dans les listes

expérimentales n'activent aucun voisin orthographique parmi les mots acquis précocement, limitant la contribution des *inférences lexicales* (*correctes* ou *incorrectes*) à l'acceptation correcte d'un mot. L'amplitude des effets d'AdA_{ortho} qui se manifestaient alors sur les courbes théoriques calculées présentait en outre une remarquable similitude avec la taille des effets enregistrés sur les performances des enfants.

Prenant la suite des résultats empiriques collectés jusqu'alors, les modélisations réalisées au moyen du modèle CLIP sont donc venues appuyer les critiques adressées au postulat de Zevin et Seidenberg (2002), favorable à une élimination des effets d'AdA_{ortho} du traitement des systèmes écrits alphabétiques. La mise en évidence d'un impact systématique de l'AdA_{ortho} sur la reconnaissance des mots écrits nous avait en effet précédemment incité à proposer que, contrairement aux modèles connexionnistes, les lecteurs débutants se trouvaient dans l'incapacité d'exploiter un échantillon de formes orthographiques suffisamment large et diversifié pour que les mots rencontrés tardivement puissent tirer un bénéfice maximum des premières connaissances acquises au moment de leur assimilation. La réduction de l'influence de l'AdA_{ortho} sur les performances des enfants intellectuellement précoces, possiblement dotés de capacités supérieures d'adaptation au traitement des informations de l'environnement écrit, a fourni les premiers éléments en faveur de cette hypothèse. L'hétérogénéité de la population considérée limitait toutefois la portée de ces interprétations. Notre approche théorique du phénomène a permis de mettre en évidence de manière plus robuste que la proportion de mots de structure incompatible avec les propriétés des mots précoces tendait effectivement à augmenter avec l'AdA_{ortho}, en accord avec nos prévisions. De fait, tandis que 18% des CLIPs partiels dérivés des mots acquis en CE1 (Liste 2) n'activaient aucun voisin parmi les mots inclus dans notre base d'items acquis précocement, 26% des CLIPs dérivés de mots rencontrés en CM1 (Liste 4) se trouvaient dans cette même situation.

Les graphiques de la Figure 54 proposent une description plus détaillée de la répartition des mots intégrés dans les Listes 1, 2 et 4 suivant l'organisation de leurs structures infra-lexicales, décrites dans la base de données *Lexique* (New et al., 2001). Les barres bleues concernent les 51 mots de structure compatible avec les mots de notre base d'items précoces (i.e. « mots compatibles », par la suite), autrement dit les mots dont plus de la moitié des CLIPs partiels activaient un voisin précoce. Les barres violettes concernent les 39 mots de structure incompatible avec les éléments de notre base d'items précoces (i.e. « mots incompatibles », par la suite), dont moins de la moitié des CLIPs partiels activaient un voisin précoce. Les graphiques du haut présentent la distribution des deux ensembles de mots basée sur les différences de structures orthographiques (i.e. enchaînement des consonnes et des voyelles dans les mots écrits). Les graphiques du bas présentent les données correspondantes concernant les différences de structures phonologiques (i.e. enchaînement des phonèmes vocaliques et consonantiques à l'oral). La lecture des corrélations entre les ensembles de données est facilitée par les graphiques en nuage de points présentés dans la partie droite de la Figure 50.

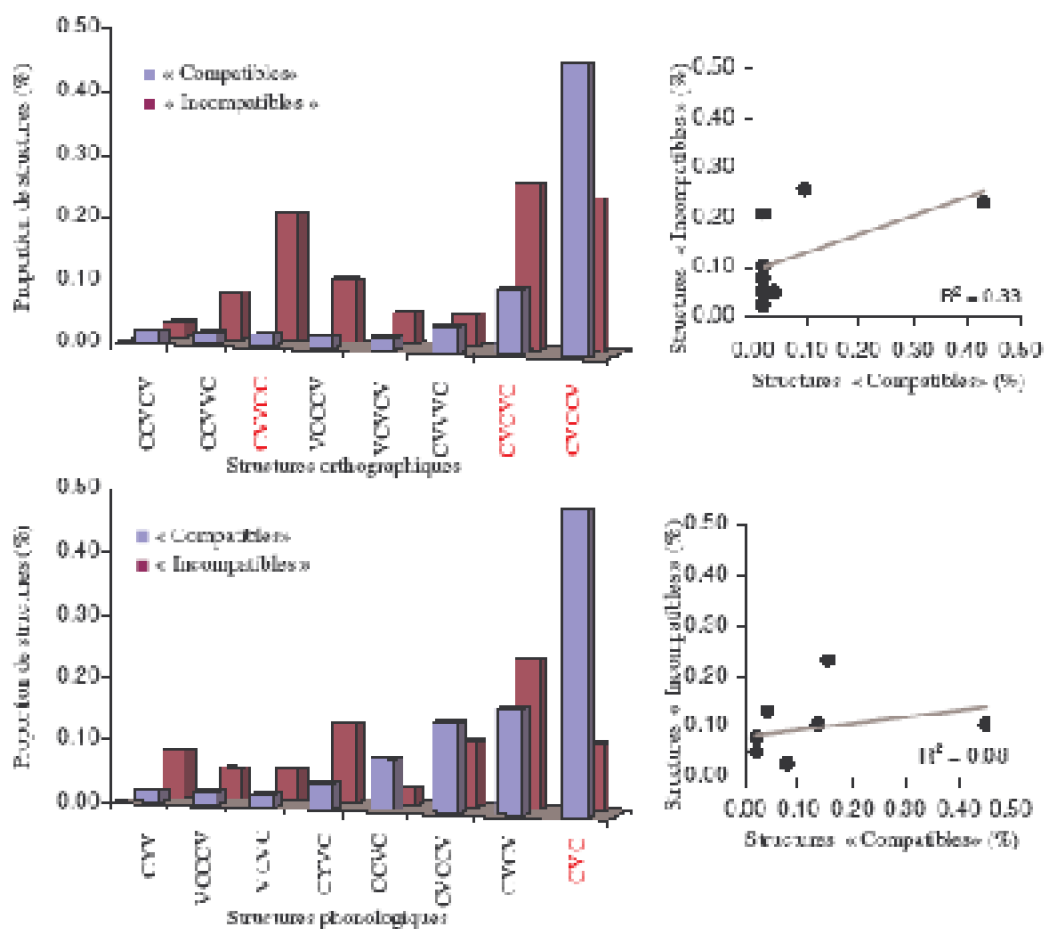


Figure 54. Les histogrammes de gauche présentent la répartition des mots compatibles et incompatibles avec les propriétés du savoir lexical précoce des enfants suivant les caractéristiques de leur structure orthographique (graphique du haut) et phonologique (graphique du bas) sous-jacente.

Les légendes en rouge pointent les principales différences opposant dans les deux distributions dans chaque contexte. Les mêmes données ont été reportées dans les graphiques de droite de manière à faciliter la lecture des corrélations entre les distributions. Ces graphiques expriment la répartition des mots incompatibles suivant les différentes structures répertoriées en fonction de la répartition observée pour les mots compatibles sur ces mêmes structures. Le nuage de point du haut concerne les structures orthographiques, celui du bas les structures phonologiques.

De nets contrastes se dessinent entre les deux distributions. Les graphiques révèlent en particulier que les mots compatibles - contrairement aux mots incompatibles - sont clairement organisés autour d'une structure dominante tant sur le plan orthographique que phonologique. Sur l'axe orthographique, la séquence CVCCV concerne ainsi 43%

des mots compatibles, et, sur l'axe phonologique, 45% de ces mots respectent la séquence CVC.

Les structures dominantes repérées au sujet des mots compatibles sont en revanche largement moins présentes parmi les mots incompatibles : la séquence CVCCV ne concerne que 23% des formes orthographiques de ces mots et la séquence CVC ne décrit pas plus de 10% de leurs formes phonologiques correspondantes. Inversement, les séquences orthographiques CVCVC et CVVCC, qui comptent parmi les mieux représentées au sein des mots incompatibles (i.e. : 26% et 28% respectivement), ne sont que faiblement représentées au sein des mots compatibles.

III.2.2.4. Conclusion

La comparaison des propriétés infra-lexicales des mots compatibles et incompatibles avec les items considérés comme précocement acquis dans notre étude confirme l'hypothèse d'une surspécialisation initiale du réseau impliqué dans la lecture pour le traitement d'un échantillon de mots non représentatif de la richesse de l'organisation structurelle de la langue concernée. Dans l'exemple considéré, la sous-représentation des mots de structures orthographiques CVVCC et CVCVC parmi les mots acquis précoces pénalisait entre autres le traitement ultérieur des mots organisés suivant ces séquences, plus fréquentes d'ailleurs parmi les mots tardifs. Les simulations conduites au moyen du modèle CLIP confirment que cette situation est à l'origine de l'émergence des effets d'AdAortho sur le traitement de l'écrit dans les langues alphabétiques.

Ce constat permet de mettre en garde contre une sélection des « mots à apprendre par les lecteurs débutants » trop volontairement orientée vers les associations grapho-phonologiques les plus courantes en langue Française. Si en effet le choix de tels mots permet d'asseoir le développement de la lecture sur une base solide, en encourageant l'enfant à exploiter sa stratégie déductive, la confrontation trop tardive avec des séquences moins fréquentes pourrait nuire en contrepartie à la souplesse du réseau sollicité, en lui laissant toute latitude pour se surspécialiser dans le traitement des caractéristiques des premières formes rencontrées au détriment des secondes. En accord avec nos conclusions et celles de Ellis et Lambon-Ralph (2000, voir aussi Monaghan et Ellis, 2002b, également rejoints sur ce point par Zevin et Seidenberg, 2002), cette situation poserait un problème particulier pour l'apprentissage des mots tardifs qui, non content de ne tirer virtuellement aucun avantage du savoir antérieur des apprenants se trouveraient de surcroît dans l'incapacité de reconfigurer le réseau à leur avantage en raison de la perte de plasticité induite par l'assimilation des premiers items.

IV. Discussion Générale

Le présent travail avait pour objectif de faire progresser la compréhension du développement des mémoires orthographiques sous l'influence de l'apprentissage de la lecture au travers de la description de l'influence de l'AdA^{ortho} sur la reconnaissance des mots écrits. Ces recherches ont été inspirées par l'apparente incompatibilité de l'expression des effets d'AdA avec la description classique de l'installation des compétences de lecture proposée par les modèles connexionnistes inspirés des travaux fondateurs de Seidenberg et McClelland (1989). Tandis en effet que ces dernières approches envisagent l'apprentissage comme une fonction exponentielle de la pratique, l'AdA est inversement conceptualisé comme un préjudice causé par l'assimilation des premiers items sur l'intégration ultérieures de connaissances nouvelles. Les premières explorations connexionnistes du phénomène par Ellis et Lambon-Ralph (2000) ont démontré que l'AdA présentait une certaine compatibilité avec les principes de fonctionnement des modèles connexionnistes mais souffrait du recours à des bases d'exemples trop arbitraires du point de vue de leur structure interne, en comparaison de l'organisation des lexiques des langues naturelles. L'utilisation d'un ensemble d'items plus réaliste par Zevin et Seidenberg (2002) a plus tard conduit ces auteurs à s'opposer radicalement à l'hypothèse d'une survivance des effets d'AdA chez les lecteurs experts. Arguant que les effets d'AdA étaient adéquatement contrebalancés par les stratégies de réinvestissement des connaissances construites d'après des régularités détectées dans le corpus d'entraînement, Zevin et Seidenberg (2002) ont dénié toute réalité aux effets d'AdA établis empiriquement dans les tâches impliquant des conversions de graphèmes à phonèmes et attribué ces effets à des facteurs confondus, dont en particulier la fréquence

d'occurrence.

IV.1. Les effets d'AdA^{ortho} dans les langues alphabétiques : une réalité.

Nos recherches représentent la première description systématique des effets d'AdA sur le traitement du versant écrit des langues appuyées sur des normes objectives de l'âge auquel les formes orthographiques des mots ont été intégrées dans la mémoire verbale des enfants. Ces mesures ont été choisies de manière à permettre une approche plus directe des connaissances relatives aux associations grapho-phonémiques, que Zevin et Seidenberg (2002) ont explicitement décrites comme immunes des effets d'AdA. Mis bout à bout, les résultats empiriques et théoriques collectés à l'issue des différentes études menées dans le cadre de ce travail aboutissent à une description unifiée des manifestations des effets d'AdA.

Premièrement, les données obtenues auprès des locuteurs Japonais ont contribué à confirmer l'implication des caractéristiques arbitraires de l'apprentissage dans l'émergence des effets d'AdA. Une interaction significative des effets de l'AdA^{ortho} des mots et des caractéristiques du script utilisé lors de leur transcription a effectivement été obtenue à cette occasion, allant dans le sens d'une influence plus marquée de cette variable sur la lecture de l'écriture la plus arbitraire utilisée dans cette langue : les idéogrammes Kanji. Tandis qu'un léger avantage des items précoces pouvait être observé sur le traitement des mots formés d'un Kanji unique, les temps de réaction associés à la dénomination des mêmes mots traduits en Hiragana étaient virtuellement identiques. La mise en relation des effets d'AdA^{ortho} avec les apprentissages peu secondés par des possibilités d'exploitation de logiques^{ortho} sous-jacentes est cohérente avec les trois principales approches formelles des effets d'AdA actuellement disponibles dans la littérature : celle de Ellis et Lambon-Ralph (2000), celle de Zevin et Seidenberg (2002) et celle de Monaghan et Ellis (2002b).

Ensuite, les performances enregistrées auprès de participants de niveau de lecture et d'âge chronologique varié ont permis de dissocier les influences respectives de l'AdA^{ortho} et de la fréquence cumulée sur la qualité des décisions lexicales. Ce constat se vérifiait particulièrement auprès des adultes jeunes et plus âgés, pour lesquels les écarts observés entre les temps de réactions associés aux mots précoces et tardifs s'exprimaient dans une proportion non explicable par les prédictions du modèle mathématique d'accumulation des instances développé par Lewis (1999ab). Corrélativement, les profils de résultats établis dans ce contexte démontraient que les associations grapho-phonémiques des langues alphabétiques à structure opaque ne répondaient vraisemblablement pas à une organisation suffisamment régulière pour permettre l'élimination des effets d'AdA, contrairement aux présomptions de Zevin et Seidenberg (2002).

Mis en relation avec les récentes simulations de Harm et Seidenberg (2004), certains

éléments de nos résultats nous permettent finalement de prendre définitivement position en faveur d'une influence réelle et indépendante l'AdA^{ortho} sur la manipulation des informations grapho-phonémiques dans les langues alphabétiques. Harm et Seidenberg (2004) ont ainsi proposé que le degré d'abstraction des associations orthographiques et phonologiques d'une part et orthographiques et sémantiques d'autre part influençait le taux d'entraînement requis avant que les deux procédures n'atteignent un degré d'efficacité équivalent. De fait, la logique sous-jacente aux associations orthographiques-phonologiques allègerait le coût cognitif de l'apprentissage et assurerait la mise en fonction précoce de la voie orthographique-phonologique-sémantique. Par opposition, les relations arbitraires unissant les formes visuelles des mots à leurs significations ralentiraient l'installation de la voie sémantique directe. En conséquence, les enfants mobiliseraient davantage la voie médiatisée phonologiquement lors des premières étapes de leur apprentissage de la langue écrite (voir également Sprenger-Charolles, Siegel, Béchennec, & Serniclaes, 2003, pour des arguments empiriques en faveur de ce postulat). L'installation tardive de la voie sémantique permet donc d'écarter l'hypothèse que les effets d'AdA^{ortho} observés de manière répétée sur les performances des lecteurs débutants puissent être exclusivement portés par la contribution des informations sémantiques à la reconnaissance des mots écrits. De surcroît, la stabilité de l'amplitude de ces effets entre l'enfance et l'âge adulte, déjà soulignée dans nos travaux antérieurs (Nazir et al., 2003), encourage à penser que cette variable affecte des procédures de traitement identiques dans les deux populations. Ce constat conduit donc à rejeter l'attribution exclusive des manifestations de l'AdA indépendantes de la fréquence sur la lecture experte à l'intervention de la voie sémantique, ainsi que l'ont envisagé Zevin et Seidenberg (2002) et Bates, Burani, D'Amico et Barca (2001) avant eux. La prétendue diminution des effets d'AdA dans les langues transparentes - dont la lecture serait principalement sous-tendue par la voie phonologique - évoquée par Bates et collaborateurs comme argument favorable à l'expression sémantiquement médiatisée des effets d'AdA (voir également Brysbaert, Lange & Van Wijnendaele, 2000) semble également insuffisante pour sauver ce postulat. Le graphique de la Figure 55 illustre ce propos en présentant l'amplitude des effets d'AdA pondérée par le nombre d'années séparant l'AdA moyen des items précoces et tardifs utilisés, établie à partir d'un échantillon représentatif de décisions lexicales disponibles dans la littérature. Ces données ont été organisées suivant le degré de profondeur des langues pour lesquelles elles ont été obtenues, partant du script le plus opaque, l'Anglais, pour aller vers le plus transparent, l'Espagnol, en passant par le Français (classification suivant les critères de Seymour, 2003). Le détail des stratégies d'évaluation de l'AdA et de la fréquence des mots utilisées dans ces différentes recherches est également présenté dans l'Annexe 1.

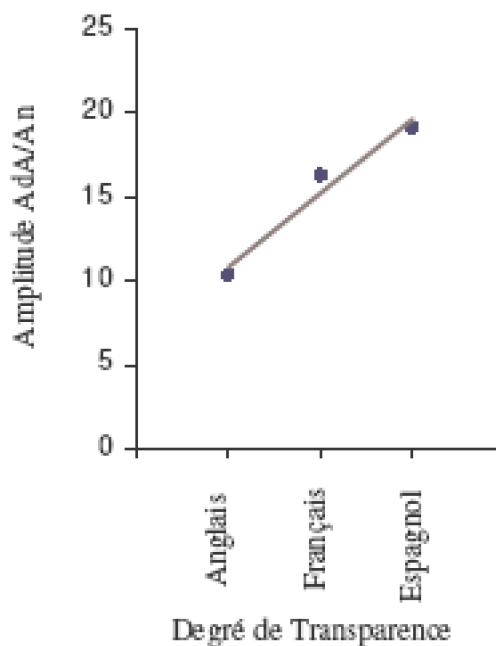


Figure 55. Amplitude moyenne des effets d'AdA obtenus à l'issue de 3 tâches de décision lexicale proposées à des locuteurs Anglais (Morrison et Ellis, 1995), Français (Bonin et al, 2001), et Espagnols (Izura et Ellis, 2002) pondérée par le nombre d'années séparant l'AdA moyen des mots précoces et tardifs utilisés dans chacune de ces études.

Les données rapportées dans le graphique de la Figure 51 révèlent que l'amplitude des effets d'AdA tend à augmenter dans les langues transparentes, suivant la tendance inverse de celle prévue par Bates et al., (2001), lorsque le nombre d'années séparant l'acquisition des mots précoces et tardifs introduits dans les différentes recherches est pris en compte. Il n'y a pas lieu de discuter plus avant cette corrélation inversée, dont l'origine tient vraisemblablement à un contrôle différent des variables corrélées à l'AdA d'une étude à l'autre. Le rapprochement de ces différents résultats vient seulement illustrer le fait que l'évocation des effets d'AdA établis dans des langues de profondeur distincte par des études indépendantes ne peut être tenu pour un argument définitif en faveur de l'origine purement sémantique de l'influence de ce facteur. Ainsi, si des arguments très convaincants ont été établis en faveur de la médiation sémantique des effets d'AdA en lecture (voir notamment Brysbaert, Van Wijnendaele, & De Deyne, 2000, et Ghyselinck, Custers & Brysbaert, 2004), nos données prouvent que les manifestations de cette variable ne se cantonnent pas à cet aspect du traitement de l'écrit mais influencent de manière diffuse les multiples codes calculés sur la base des percepts visuels.

Nous terminerons cette discussion par une revue des points importants pour l'apprentissage du vocabulaire écrit et son enseignement soulevés par les résultats des travaux présentés dans cette thèse.

IV.2. Apprentissage artificiel, apprentissage naturel : perspectives pour l'enseignement de la lecture.

Nos recherches - organisées autour de la description de l'AdA_{ortho} dans ses manifestations de surface et ses origines sous-jacentes – tiennent également lieu de point de départ original pour la description du déroulement de l'apprentissage de la lecture.

En premier lieu, la part des performances attribuables à la fréquence cumulée par delà l'influence de l'AdA_{ortho} chez les lecteurs débutants constitue une preuve supplémentaire de l'importance des confrontations répétées avec des éléments du langage écrit pour l'assimilation des formes orthographiques. Cette logique a de longue date été défendue par les modèles connexionnistes parallèles et distribués, également pris comme référence lors notre propre description du développement du vocabulaire écrit des enfants, par l'intermédiaire du modèle de Zevin et Seidenberg (2002). Conformément aux prévisions de ces modèles, les enfants semblent donc capables de tirer parti de leur environnement linguistique écrit pour intégrer une connaissance généralisable à de nouvelles occurrences sans le concours direct d'un apprentissage explicite du système de règles organisant la langue. Cette hypothèse est soutenue par les récents travaux de Martinet, Valdois et Fayol (2003), qui ont mis en évidence que trois mois seulement après le début de l'enseignement de la lecture, les séquences spontanément sélectionnées pour la transcription des pseudo-mots reflétaient déjà l'utilisation de stratégies d'analogies chez les enfants interrogés. L'influence de la fréquence des séquences graphiques susceptibles de transcrire une séquence sonore dans un contexte donné sur ce processus de sélection devenait en outre plus évidente à la fin du CP (i.e. après 9 mois d'apprentissage de la lecture), suggérant l'existence d'un lien entre l'évolution des connaissances générales des correspondances de graphèmes à phonèmes et l'augmentation de l'exposition au matériel écrit.

Cela étant, la persistance des effets d'AdA_{ortho} par delà l'influence de la fréquence cumulée sur les performances des adultes et des enfants, après plusieurs années d'entraînement de la lecture, suggère inversement que l'apprentissage naturel de l'écrit n'est pas en tout point conforme à celui permettant l'élimination des effets de cette variable du fonctionnement des réseaux connexionnistes. A la suite de Ellis et Lambon-Ralph (2000), Monaghan et Ellis (2002b) et Zevin et Seidenberg (2002), nos simulations - réalisées au moyen du modèle CLIP de probabilité perceptivo-lexicale d'identification des mots (Kajii & Osaka, 2000 ; Benboutayab, 2004) - ont clairement démontré que ces effets pouvaient être mis en relation avec des incompatibilités dans l'organisation structurale des formes écrites acquises précocement et tardivement. L'analyse méticuleuse des circonstances favorables à l'émergence des effets d'AdA_{ortho} sur les prédictions du modèle CLIP nous a permis de mettre en évidence que les items tardifs étaient associés à une probabilité plus élevée de présenter une incompatibilité de structure avec les items constituant le savoir lexical précoce virtuel des enfants. La reconnaissance des mots tardifs se trouvait de ce fait moins efficacement secondée par le

processus d'inférence lexicale que celle des mots précoces, générant la diminution globale du nombre d'acceptations correctes de ces mots observée sur les données empiriques. Les conditions de non appariement entre les items précoces et tardifs correspondent à une situation très coûteuse pour le modèle, dans laquelle les importants changements induits par les items précoces sur les valeurs de poids des connexions ne bénéficient aucunement aux items tardifs, qui resteront alors représentés avec une finesse moindre du fait de la perte de plasticité induite par l'encodage des items précoces (Ellis et Lambon-Ralph, 2000 ; Monaghan et Ellis, 2002b).

Cette tendance établie, les capacités de traitement du matériel écrit développées par les enfants intellectuellement précoces encouragent à penser que l'installation des effets d'AdA ne représente pas le nécessaire tribut de tout apprentissage et qu'un entraînement adéquat permettrait de limiter leurs manifestations. En rapport avec les capacités supérieures d'appréhension de l'écrit généralement évoquées au sujet cette population, une réduction des effets d'AdA_{ortho} a pu être observée sur les performances d'une partie de ces enfants. Ce postulat est soutenu par l'interprétation proposée par Ellis et Lambon-Ralph (2000) du comportement de leur modèle, soutenant que les effets d'AdA existent en raison du fait que les items introduits au début de l'entraînement ont la chance de configurer le réseau de la manière la plus avantageuse pour eux avant que les items tardifs ne soient introduits. De ce point de vue, les effets d'AdA seraient davantage le produit du matériel utilisé pour initier l'apprentissage qu'une conséquence par défaut des apprentissages, ce qui laisse envisager que la sélection d'un matériel adapté pourrait déboucher sur une substantielle facilitation du développement de la lecture chez les enfants. La validité théorique de cette proposition a d'ailleurs doré et déjà été établie par les travaux de Zevin et Seidenberg (2002). Ces auteurs ont ainsi démontré que les effets d'AdA_{ortho} obtenus pour deux sous-ensembles d'items précoces et tardifs - volontairement sélectionnés de manière à présenter de fortes incompatibilités de structures - disparaissaient du traitement des mêmes exemples après que les deux bases aient été réorganisées en sorte de valoriser la concordance entre les deux ensembles de patterns (ex : HUB, HUG et LUCK dans le groupe précoce correspondait à HUCK, LOG, LUG dans le groupe tardif). Les résultats de ces deux simulations, également présentés dans l'Introduction Théorique (voir p.33) ont été rapportés dans les graphiques de la Figure 56.

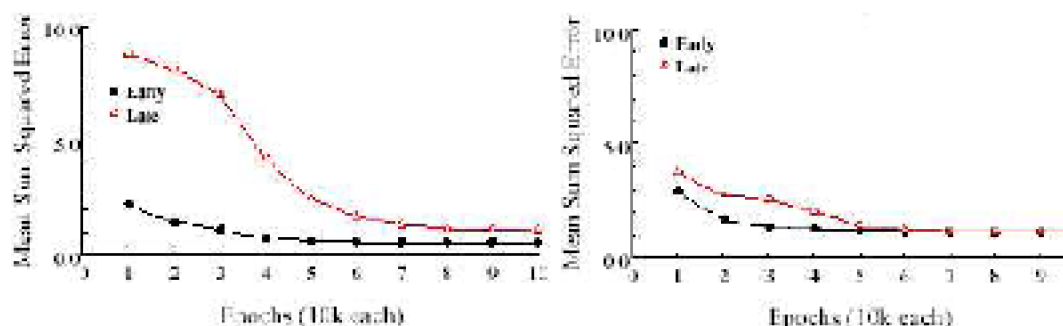


Figure 56. Les graphiques présentent les résultats des simulations 3 et 4 réalisées par Zevin et Seidenberg (2002).

Ces données correspondent au taux d'erreurs commises par le réseau à différentes époques de son apprentissage, sur des mots monosyllabiques présentés avec une fréquence élevée au début (early ; courbe noire) ou à la fin (late ; courbe rouge) de son apprentissage. Le graphique de gauche retrace les profils de réponses obtenus lorsque les deux groupes d'items contenaient des patterns orthographiques et phonologiques non recouvrants et le graphique de droite présente les résultats correspondants lorsque les deux groupes contenaient des patterns recouvrants.

En conclusion, les discussions conduites autour des effets d'AdA_{ortho} et de ses origines permettent de proposer que - dans les limites autorisées par la comparaison avec la construction des connaissances dans les réseaux connexionnistes - la sensibilité naturelle des enfants aux redondances de leur langue pourrait être renforcée par l'exploitation de leurs capacités précoces d'assimilation au profit de l'intégration de structures infra-lexicales aussi diverses que possible. En augmentant le nombre de situations dans lesquelles l'acquisition des mots tardifs peut efficacement s'appuyer sur des connaissances antérieures, cette stratégie devrait permettre de réduire coût cognitif associé à l'acquisition des informations nouvelles. Le taux d'entraînement nécessaire avant que les items tardifs ne soient traités avec une efficacité comparable aux mots précoces s'en trouverait de ce fait réduit, comme l'illustre clairement le profil de réponse établi par Zevin et Seidenberg (2002) dans leur dernière simulation (Figure 52, graphique de droite). Le succès de cette démarche reste évidemment conditionné par le fait que les items sélectionnés pour faire l'objet de cet entraînement intensif soient également bien représentés dans l'environnement écrit de l'enfant, les rencontres répétées avec ces mots dans des contextes diversifiés constituant le facteur le plus propice à leur assimilation.

Bibliographie

Note : Les références précédées d'une étoile désignent les quelques références incluses d'après citation annexe.

- Aghababian, V. (1998). *Acquisition de la lecture: Aspects développementaux et neuropsychologiques*. Thèse de doctorat non publiée, Faculté des sciences de Luminy, Marseille.
- Aghababian, V., & Nazir, T. A. (2000). Developing Normal Reading Skills: Aspects of the Visual Processes Underlying Word Recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76(2), 123-150.
- Amano, S., & Kondo, T. (1999). *Nihongo-no Goi-Tokusei (Lexical properties of Japanese)*. Sanseido: Tokyo.
- André-Salvini, B., Berthier, A., Geoffroy-Schneiter, B., & Zali, A. (2000). *L'ABCdaire des écritures*. Paris: Flammarion.
- *Anglin, *Vocabulary development: A morphological analysis*, Monographs of the Society for Research in Child Development, serial n° 238, vol 58, n° 10.
- Barry, C., & Gebrand, S. (2003). Both concreteness and age-of-acquisition affect reading accuracy but only concreteness affects comprehension in a deep dyslexic patient. *Brain and Language*, 84, 84-104.
- Barry, C., Hirsh, K. W., Johnston, R. A., & Williams, C. L. (2001). Age of acquisition, word frequency, and the locus of repetition priming of picture naming. *Journal of*

Memory and Language, 44, 350-375.

- Barry, C., Morrison, C. M., & Ellis, A. W. (1997). Naming the Snodgrass and Vanderwart pictures: Effects of age-of-acquisition, frequency and name agreement. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 50A, 560-585.
- Bates, E. (1999). Plasticity, localization and language development. In S. Broman & J. M. Fletcher (Eds.), *The changing nervous system: Neurobehavioral consequences of early brain disorders* (pp. 214-253). New York: Oxford University Press.
- Bates, E., Burani, C., D'Amico, S., & Barca, L. (2001). Word reading and picture naming in Italian. *Memory & Cognition*, 29(7), 986-999.
- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2002). *Introduction aux neurosciences, Neurosciences, à la découverte du cerveau*. Rueil Malmaison, France: Pradel/Groupe Liaisons SA.
- Benboutayab, N. (2004). *Interaction des facteurs visuels et lexicaux au cours de la reconnaissance des mots écrits: l'effet de la position du regard*. Thèse de doctorat non publiée, Université Lumière Lyon 2, Lyon, France.
- Bessou, A., Montlahuc, J. L., Fournieret, P., & Revol, O. (2005). Profil psychométrique de 245 enfants intellectuellement précoces au WISC-III. *A.N.A.E.*, 81, 23-28.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2000). *Praat, a system for doing phonetics by computer.*, from <http://www.praat.org>.
- Bonin, P., Barry, C., Méot, A., & Chalard, M. (2004). The influence of age of acquisition in word reading and other tasks: A never ending story? *Journal of Memory and Language*, 50, 456-476.
- Bonin, P., Chalard, M., Meot, A., & Fayol, M. (2002). The determinants of spoken and written picture naming latencies. *British Journal of Psychology*, 93, 89-114.
- Bonin, P., Fayol, M., & Chalard, M. (2001). Age of acquisition and word frequency in written picture naming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 469-489.
- *Bouma, H. (1973). Visual interference in the parafoveal recognition of initial and final letters of words. *Vision Research*, 13, 767-782.
- *Bouma, H., & Legein, C. P. (1977). Foveal and parafoveal recognition of letters and words by dyslexics and by average readers. *Neuropsychologia*, 15, 69-80.
- Brown, D. A., & Watson, F. L. (1987). First in, first out: Word learning age and spoken word frequency as predictors of word familiarity and word naming latency. *Memory & Cognition*, 15(3), 208-216.
- *Brown, S. W., & Hwang, M. T. (1991). Factor analysis of responses to the WISC-R for gifted children. *Psychological Report*, 69, 99-107.
- Bruxelles, Grangette, Guinamard & Van der Veen. *Linguistique Française 1: Langue écrite, langue orale. Documents et exercices*. Support de cours édité par l'université Lyon 2. Non daté.
- Brysbaert, M. (1996). Word frequency affects naming latency in Dutch when age of acquisition is controlled. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 185-193.
- Brysbaert, M., Lange, M., & Van Wijnendaele, I. (2000). The effects of

- age-of-acquisition and frequency-of-occurrence in visual word recognition: Further evidence from Dutch. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12, 65-85.
- Brysbaert, M., Van Wijnendaele, I., & de Deyne, S. (2000). Age-of-acquisition effects in semantic processing tasks. *Acta Psychologica*, 104(215-226).
- Brysbaert, M., Vitu, F., & Schroyens, W. (1996). The right visual field advantage and the optimal viewing position effect: On the relation between foveal and parafoveal word recognition. *Neuropsychology*, 10, 385-395.
- Byrne, B. (1989). Etude expérimentale de la découverte des principes alphabétiques par l'enfant. In L. Rieben & C. A. Perfetti (Eds.), *L'apprenti lecteur* (pp. 129-144). Neuchâtel: Delachaux et Nieslé.
- Caroll, J. B., & White, M. N. (1973a). Age of acquisition norms for 220 picturable nouns. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 563-576.
- Caroll, J. B., & White, M. N. (1973b). Word frequency and age-of-acquisition as determiners of picture-naming latency. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 85-95.
- Chalard, M., Bonin, P., Méot, A., Boyer, B., & Fayol, M. (2003). Objective age-of-acquisition (AoA) norms for a set 230 object names in French: Relationships with other variables used in psycholinguistic experiments, the English data from Morrison et al. (1997) and naming latencies. *European Journal of Cognitive Psychology*, 15, 209-245.
- Christiansen, M. H., & Chater, N. (1999). Toward a connectionist model of recursion in human linguistic performance. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 23(2), 157-205.
- Cohen, J., McWhinney, B., & Provost, J. (1993). Psyscope : An interacting graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavioral Research Methods Instruments And Computers*, 25(2), 257-271.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehericy, S., Dehaene-Lambertz, G., Henaff, M. A., et al. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123(pt 2), 291-307.
- Coltheart, V., Laxon, V. J., & Keating, C. (1988). Effect of word imageability and age of acquisition on children's reading. *British Journal of Psychology*, 79, 1-12.
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). Brulex, une base de données lexicales informatisées pour le français écrit et parlé. *L'année Psychologique*, 90(551-566).
- Content, A., & Radeau, M. (1988). Données statistiques sur la structure orthographique du français. *Cahiers de Psychologie Cognitive, European Bulletin of Cognitive Psychology*, no hors-série, 1-87.
- Dejerine, J. (1891). Sur un cas de cécité verbale avec agraphie, suivi d'autopsie. *Mémoires de la Société Biologique*, 3, 197-201.
- Dejerine, J. (1892). Contributions à l'étude anatomopathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale. *Mémoires de la Société Biologique*, 44, 61-90.
- Dendien J. & Pierrel J. M. (2003). Le trésor de la langue française informatisé. un

- exemple d'informatisation d'un dictionnaire de langue de référence. *Traitement Automatique des langues, TAL*, 44 n.2, 11-37.
- Dewhurst, S. A., Hitch, J., & Barry, C. (1998). Separate Effects of word frequency and age of acquisition in recognition and recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24, 284-298.
- Dubois, J. Guespin L., Giacomo, M., Marcellesi C., Marcellesi, J.B. & Mével, J.P., (1994). *Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage*. Paris : Larousse.
- Ducrot, S., Lété, B., Sprenger-Charolles, L., Pynte, J., & Billard, C. (2003). The Optimal Viewing Position Effect in Beginning and Dyslexic Readers. *Special Issue on Language Disorders and Reading Acquisition*, 1(10).
- Ehri, L. C. (1989). Apprendre à lire et à écrire les mots. In L. Rieben & C. A. Perfetti (Eds.), *L'apprenti lecteur* (pp. 103-128). Neuchâtel: Delachaux et Nieslé.
- Ehri, L. C., & Wilce, L. S. (1985). Movement into reading: Is the first stage of printed word learning visual or phonetic? *Reading Research Quarterly*, 20, 163-179.
- Ehri, L. C., & Wilce, L. S. (1987). Does learning to spell help beginners learn to read words? *Reading Research Quarterly*, 22, 47-65.
- Ellis, A. W., & Lambon-Ralph, M. A. (2000). Age of acquisition effects in adult lexical processing reflect loss of plasticity in maturing systems : Insights from connectionist networks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26(5), 1103-1123.
- Ellis, A. W., & Morrison, C. M. (1998). Real age of acquisition effects in lexical retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24, 515-523.
- French, R. M. (1999). Catastrophic Forgetting in Connectionist Networks: Causes, Consequences and Solutions. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(4), 128-135.
- Fourneret, P. (2003). L'enfant précoce de l'intelligence en général à la précocité en particulier. *A.N.A.E*, 73, 132-138.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. E. Patterson, J. C. Marshall & M. Coltheart (Eds.), *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading* (pp. 301-330). London: Erlbaum.
- Frost, R. (1998). Toward a strong phonological theory of visual word recognition: true issues and false trails. *Psychological Bulletin*, 123(1), 71-99.
- Frost, R., Katz, L., & Bentin, S. (1987). Strategies for visual word recognition and orthographical depth: A multilingual comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13(1), 104-115.
- Fushimi, T., Mutsuo, I., Patterson, K., & Tatsumi, I. F. (1999). Consistency, Frequency, and Lexicality Effects in Naming Japanese Kanji. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(2), 382-407.
- Garlock, V. M., Walley, A. C., & Metsala, J. L. (2001). Age-of-Acquisition, Word Frequency, and Neighborhood Density Effects on Spoken Word Recognition by Children and Adults. *Journal of Memory and Language*, 45, 468-492.
- Gerhand, S., & Barry, C. (1998). Word frequency effects in oral reading are not merely age-of-acquisition effects in disguise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24, 267-283.

- Gerhand, S., & Barry, C. (1999a). Age-of-acquisition and frequency effects in speeded word naming. *Cognition*, 73, B27-36.
- Gerhand, S., & Barry, C. (1999b). Age of acquisition, word frequency, and the role of phonology in the lexical decision task. *Memory & Cognition*, 27(4), 592-602.
- Gerhand, S., & Barry, C. (2000). When does a deep dyslexic make a semantic error? The roles of age-of-acquisition, concreteness, and frequency. *Brain & Language*, 74(1), 26-47.
- Geschwind, N. (1965). Disconnection syndromes in animals and man. *Brain*, 88, 237-294.
- Ghyselinck, M., Custers, R., & Brysbaert, M. (2004). The Effect of Age of Acquisition in Visual Word Processing: Further Evidence for the Semantic Hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2), 550-554.
- Ghyselinck, M., Lewis, M. B., & Brysbaert, M. (2004). Age of acquisition and the cumulative-frequency hypothesis: A review of the literature and a new multi-task investigation. *Acta Psychologica*, 115, 43-67.
- Gombert, J. E., & Colé, P. (2003). Activités métalinguistiques, lecture et illettrisme. In M. Kail & M. Fayol (Eds.), *L'acquisition du langage. Le langage en développement au-delà de trois ans* (pp. 117-149): PUF.
- Gough, P., & Juel, C. (1989). Les premières étapes de la reconnaissance des mots. In L. Rieben & C. A. Perfetti (Eds.), *L'apprenti lecteur* (pp. 85-102). Neuchâtel: Delachaux et Nieslé.
- Grégoire, J. (2000). *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant*. Liège: Margada.
- Halpern, J. (2001). *The Kodansha Kanji learner's dictionary*. New York: Kodansha International.
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (1999). Phonology, Reading Acquisition, and Dyslexia: Insights from Connectionist Models. *Psychological Review*, 3, 491-528.
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (2004). Computing the meanings of words in reading: cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychological Review*, 111(3), 662-720.
- Izura, C., & Ellis, A. W. (2002). Age of acquisition effects in word recognition and production in first and second languages. *Psicológica*, 23, 245-281.
- Jacobs, A. M., Nazir, T. A., & Heller, O. (1989). Letter perception in peripheral vision: a temporal discrimination matrix using eye movements. *Perception and Psychophysics*, 46, 95-102.
- Jambaqué, I. (2004). Contribution de la neuropsychologie développementale à l'étude des sujets à haut potentiel. In J. Sous la direction de Lautrey (Ed.), *L'état de la recherche sur les enfants dits "surdoués"* (pp. 48-60). Paris: CNRS UMR 8605.
- Jared, D., McRae, K., & Seidenberg, M. S. (1990). The basis of consistency effects in word naming. *Journal of Memory and Language*, 29, 687-715.
- Joffe, A. H. (2002). The rise of the secondary states in the iron age levant. *Journal of the Economic and Social History of the Orient*, 45(4), 425-467.
- Kajii, N., & Osaka, N. (2000). Optimal viewing position in vertically and horizontally

- presented Japanese words. *Perception and Psychophysics*, 62(8), 1634-1644.
- Kawamoto, A. H., Kello, C. T., Jones, R. J., & Bame, K. (1998). Initial phoneme versus whole word criterion to initiate pronunciation: Evidence based on response latency and initial phoneme duration. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 862-885.
- Kello, C. T., & Kawamoto, A. H. (1998). Runword: An IBMPC software package for the collection and acoustic analysis of speeded naming responses. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 30, 371-381.
- Kessler, B., Treiman, R., & Mullennix, J. (2002). Phonetic biases in voice key response time measurements. *Journal of Memory and Language*, 47, 145-171.
- Kindaichi, K., Shibata, T., Yamada, A., & Yamada, T. (1989). *Shin-Meikai Kokugo Jiten (ver. 4)*. Sanseido: Tokyo.
- Landercy, A., & Renard, R. (1977). *Eléments de phonétique*. Mons (Be): Centre international de phonétique appliquée.
- Lefavrais, P. (1965). *Test de l'Alouette*. Paris: E.C.P.A.
- Lété, B. (2003). Building the mental lexicon by exposure to print: A corpus-based analysis of French reading books. In P. Bonin (Ed.), *Mental lexicon. "Some words to talk about words"* (pp. 187-214). Hauppauge, NY: Nova Science Publisher.
- Lété, B. (2004). Le lexique des manuels scolaires de lecture. Implications pour l'estimation du vocabulaire des enfants de 6 à 11 ans. In E. Calaque & J. David (Eds.), *Didactique du lexique : Contextes, démarches, supports* (pp. 241-257). Bruxelles: De Boeck.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 156-166.
- Lewis, M. B. (1999a). Age of acquisition in face categorisation: is there an instance based account? *Cognition*, 71, B23-B39.
- Lewis, M. B. (1999b). Are age-of-acquisition effects cumulative-frequency effects in disguise? A reply to Moore, Valentine and Turner. *Cognition*, 72(3), 311-316.
- Lewis, M. B., Chadwick, A. J., & Ellis, H. D. (2002). Exploring a neural-network account of age-of-acquisition effects using repetition priming of faces. *Memory & Cognition*, 30(8), 1228-1237.
- Lewis, M. B., Gerhand, S., & Ellis, H. D. (2001). Re-evaluating age-of-acquisition effects : Are they simply cumulative-frequency effects? *Cognition*, 78(2), 189-205.
- *Marcus, M., Santorini, B., & Marcinkiewicz, M. A. (1993). Building a large annotated corpus of English: The Penn Treebank. *Computational Linguistics*, 19, 313-330.
- Marsh, G., Friedman, M., Welch, V., & Desberg, P. (1981). A cognitive-developmental theory of reading acquisition. In G. E. MacKinnon & T. G. Waller (Eds.), *Reading research: Advances in theory and practice* (Vol. 3, pp. 199-221). San Diego, CA: Academic Press.
- Martinet, C., Valdois, S., & Fayol, M. (2004). Lexical orthographic knowledge develops from the beginning of literacy acquisition. *Cognition*, 91(2), B11-22.

-
- *Massaro, D. W., & Klitzke, D. (1977). Letters are functional in word identification. *Memory & Cognition*, 5, 292-298.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of contexts effect in letter perception. *Cognitive Psychology*, 29, 1-44.
- McClelland, J. L., Thomas, A., McCandliss, B. D., & Fiez, J. A. (1999). Understanding Failures of Learning: Hebbian Learning, Competition for Representational Space, and Some Preliminary Experimental Data. In J. Reggia, E. Ruppin & D. Glanzman (Eds.), *Progress in Brain Research. Disorders of Brain, Behavior and Cognition: The Neurocomputational Perspective* (Vol. 121, pp. 75-80). Amsterdam: Elsevier.
- McConkie, G. W., Kerr, P. W., Reddix, M. D., Zola, D., & Jacobs, A. M. (1989). Eye movement control during reading: II. Frequency of refixating a word. *Perception and Psychophysics*, 46, 245-253.
- Meschyan, G., & Hernandez, A. (2002). Age of acquisition and word frequency: Determinants of object-naming speed and accuracy. *Memory & Cognition*, 30(2), 262-269.
- Metsala, J. L., & Walley, A. C. (1998). Spoken vocabulary growth and the segmental restructuring of lexical representations: Precursors to phonemic awareness and early reading ability. In J. L. Metsala & L. C. Ehri (Eds.), *Word recognition in beginning literacy* (pp. 89–120). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Monaghan, J., & Ellis, A. W. (2002a). Age of acquisition and the completeness of phonological representations. *Reading and Writing*, 15, 759-788.
- Monaghan, J., & Ellis, A. W. (2002b). What exactly interacts with spelling-sound consistency in word naming? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(1), 183-206.
- Montant, M., Nazir, T. A., & Poncet, M. (1998). Pure alexia and the viewing position effect in printed words. *Neuropsychology*, 15(1-2), 93-140.
- Morris, P. E. (1981). Age of acquisition, imagery, recall, and the limitations of multiple-regression analysis. *Memory & Cognition*, 9, 277-282.
- Morrison, C. M., Chappell, T., & Ellis, A. W. (1997). Age of acquisition norms for a large set of objects names and their relation to adult estimates and other variables. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A(3), 528-559.
- Morrison, C. M., & Ellis, A. W. (1995). Roles of word frequency and age of acquisition in word naming and lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 91, 116-133.
- Morrison, C. M., Ellis, A. W., & Quinlan, P. T. (1992). Age of acquisition, not word frequency, affect object naming, not object recognition. *Memory & Cognition*, 20(6), 705-714.
- Morrison, C. M., Hirsh, K. W., Chappell, T., & Ellis, A. W. (2002). Age and age of acquisition: An evaluation of the cumulative frequency hypothesis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14(4), 435 - 459.
- Munakata, Y., & McClelland, J. L. (2003). Connectionist models of development. *Developmental Science*, 6(4), 413-429.
- Nazir, T. A. (1991). On the role of refixations in letter strings: the influence of oculomotor

- factors. *Perception and Psychophysics*, 49, 373-389.
- Nazir, T. A. (1993). On the relation between the optimal and the preferred viewing position in words during reading. In G. d'Ydewalle & J. van Rensbergen (Eds.), *Perception & Cognition: Advances in eye movement research* (pp. 349 - 361). Amsterdam: North-Holland.
- Nazir, T. A. (2000). Traces of print along the visual pathway. In A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Eds.), *Reading as a perceptual process* (pp. 3-23). Amsterdam: North-Holland.
- Nazir, T. A., Benboutayab, N., Decoppet, N., Deutsch, A., & Frost, R. (2004). Reading Habits, Perceptual Learning, and Recognition of Printed Words. *Brain & Language*, 88(3), 294-311.
- Nazir, T. A., Decoppet, N., & Aghababian, V. (2003). On the origins of age-of-acquisition effects in the perception of printed words. *Developmental Science*, 6(2), 143-150.
- Nazir, T. A., Heller, D., & Sussman, C. (1992). Letter visibility and word recognition: The optimal viewing position in printed words. *Perception and Psychophysics*, 52, 315-328.
- Nazir, T. A., Jacobs, A. M., & O'Regan, J. K. (1998). Letter legibility and visual word recognition. *Memory & Cognition*, 26, 810-821.
- Nazir, T. A., & O'Regan, J. K. (1990). Some results on translation invariance in the human visual system. *Spatial Vision*, 5, 81-100.
- Nazir, T. A., O'Regan, J. K., & Jacobs, A. M. (1991). On words and their letters. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 171-174.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE. *L'Année Psychologique*, 101, 447-462.
- Nickels, L., & Howard, D. (1995). Aphasic naming: what matters? *Neuropsychologia*, 33(10), 1281-1303.
- *Olzak, L. A., & Thomas, J. P. (1986). Seeing spatial patterns. In K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance* (Vol. II, pp. 7:1-7:56). New York: Wiley.
- Peereman, R., & Content, A. (1999). LEXOP: a lexical database providing orthography-phonology statistics for French monosyllabic words. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(2), 376-379.
- *Perfetti, C. A., Goldman, S. R., & Hogaboam, T. W. (1979). Reading skill and the identification of words in discourse context. *Memory & Cognition*, 7, 273-282.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. E. (1996). Understanding Normal and Impaired Word Reading: Computational Principles in Quasi-Regular Domains. *Psychological Review*, 103, 56-115.
- Poldrack, R. A., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. (1998). The neural basis of visual skill learning: an fMRI study of mirror reading. *Cerebral Cortex*, 8(1), 1-10.
- Price, C. J., Moore, C. J., & Frackowiak, R. S. J. (1996). The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging. *NeuroImage*, 3, 40-52.

- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. J., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., et al. (2000). Functional neuroimaging studies of reading and reading disability (developmental dyslexia). *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 6(3), 207-213.
- Rayner, K., Foorman, B. R., Perfetti, C. A., Pesetsky, D., & Seidenberg, M. S. (2001). How Psychological Science Informs the Teaching of Reading. *Psychological Science in the Public Interest*, 2(2), 31-74.
- Reichenbach, D., & Mayer, G. (1977). *Dubois-Buyse d'orthographe usuelle française*. Paris: OCDL.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming. *Psychological Review*, 96(4), 523-568.
- Seymour, P. H. K., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94.
- Seymour, P. H. K., & Elder, L. (1986). Beginning reading without phonology. *Cognitive Neuropsychology*, 3, 1-37.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Blachman, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., et al. (2004). Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically- based intervention. *Biological Psychiatry*, 55(9), 926-933.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., et al. (2002). Disruption of Posterior Brain Systems for Reading in Children with Developmental Dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52, 101-110.
- Shibahara, N., Zorzi, M., Hill, M. P., Wydell, T., & Butterworth, B. (2003). Semantic effects in word naming: Evidence from English and Japanese Kanji. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 56(2), 263 - 286.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., Bechennec, D., & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and in spelling: a four-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84(3), 194-217.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., & Bonnet, P. (1998). Reading and spelling acquisition in French: the role of phonological mediation and orthographic factors. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68(2), 134-165.
- Stadthagen-Gonzalez, H., Bowers, J. S., & Damian, M. F. (2004). Age-of-acquisition effects in visual word recognition: evidence from expert vocabularies. *Cognition*, 93(1), B11-26.
- Steiner, H. H., & Carr, M. (2003). Cognitive development in gifted children: Toward a more precise understanding of emerging differences in intelligence. *Educational Psychology Review*, 15, 215-246.
- Steyvers, M. S., & Tenenbaum, J. B. (2005). The Large-Scale Structure of Semantic Networks: Statistical Analyses and a Model of Semantic Growth. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 29(1), 41-78.
- Temple, E., Deutsch, G. K., Poldrack, R. A., Miller, S. L., Tallal, P., Merzenich, M. M., et al. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral

- remediation: Evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100, 2860-2865.
- Temple, E., Poldrack, R. A., Protopapas, A., Nagarajan, S., Salz, T., Tallal, P., et al. (2000). Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97, 13907–13912.
- Turkeltaub, P. E., Flowers, D. L., Verbalis, A., Miranda, M., Gareau, L., & Eden, G. F. (2004). The neural basis of hyperlexic reading: An fMRI case study. *Neuron*, 41, 11-25.
- Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience*, 6, 767-773.
- Turner, J. E., Valentine, T., & Ellis, A. W. (1998). Contrasting effects of age of acquisition and word frequency on auditory and visual lexical decision. *Memory & Cognition*, 26(6), 1282-1291.
- Wechsler, D. (1996). *Manuel de l'Echelle d'Intelligence pour Enfants. Troisième Edition*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Xing, H., Shu, H., & Li, P. (2002). A self-organizing connectionist model of character acquisition in Chinese. In W. Gray & C. Schunn (Eds.), *Proceedings of the Twenty-fourth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Yamada, J. (1992). Why are kana words named faster than kanji words? *Brain and Language*, 43(4), 682-693.
- Yamada, J. (1998). The time course of semantic and phonological access in naming kanji and kana words. *Reading and Writing*, 10(3-5), 425-437.
- Yamasaki, M., Ellis, A. W., Morrison, C. M., & Lambon-Ralph, M. A. (1997). Two age of acquisition effects in the reading of Japanese Kanji. *British Journal of Psychology*, 88, 407-421.
- Young, A. W., & Ellis, A. W. (1985). Different methods of lexical access for words presented in the left and right visual hemifields. *Brain & Language*, 24, 326-358.
- Zevin, J. D., & Seidenberg, M. S. (2002). Age of acquisition effects in word reading and other tasks. *Journal of Memory and Language*, 47, 1-29.
- Zevin, J. D., & Seidenberg, M. S. (2004). Age-of-acquisition effects in reading aloud: Tests of cumulative frequency and frequency trajectory. *Memory & Cognition*, 32(1), 31-38.
- Zevin, J. D., & Seidenberg, M. S. (2005). Connectionist Models in Developmental Cognitive Neuroscience: Critical Periods and the Paradox of Success. In Y. Munakata & M. Johnson (Eds.), *Attention & Performance XXI: Processes of Change in Brain and Cognitive Development*. Oxford University Press.

Annexe 1. Amplitude des effets d'AdA suivant la nature des tâches et le degré de profondeur des langues dans lesquelles elles ont été proposées.

Synthèse des résultats tirés de 5 études ayant mis en évidence un effet significatif d'AdA sur les délais de réponses enregistrés à l'issue de tâches de dénomination de mots (*DEN mots*), d'objets (*DEN objets*), et de décision lexicale (*DL*) auprès de locuteurs Anglais (Morrison et Ellis, 1995, Ellis et Morrison, 1995 ; Barry et al., 2001), Français (Bonin et al., 2001b) et espagnols (Izura et Ellis, 2002). Pour chaque étude, le Tableau présente les temps de réaction moyens (ms) correspondant aux mots précoces (*Pr*) et tardifs (*Ta*) et l'amplitude de l'effet d'AdA par année (*Am/an*), obtenu par soustraction des deux valeurs et division du résultat par le nombre d'années séparant l'AdA moyen des items précoces et tardifs. Pour information, l'AdA et la fréquence moyenne de chaque groupe de stimuli à également été rapportée (les items précoces et tardifs étaient bien évidemment appariés sur le plan de la fréquence dans toutes les études mentionnées).

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

Auteurs	Tâche	EFFET ADA			CARACTERISTIQUES DES STIMULI									
		Pr	Ta	Am / an	Pr. (Moy)	Ta. (Moy)	Min Pr	Min Ta.	Diff Pr/Ta	Frq. Pr.	Frq. Ta	Frq (Min)	Frq (Max)	Diff Frq
Morrison et Ellis (1995)	DEN (mots)	615	647	5,45	3 :05 (2,2)	9 :10 (5,4)	2 :09 (1,86)	11 :08 (6,36)	6 :05	23,4	24	2	125	-0,5
	DEN (mots)	609	645	5,61										
	DL	582	648	10,29										
Barry et al. (2001)	DEN (mots)	555	587	11,29	2 :11 (1,95)	5 :09 (3,36)	2 :00 (1,50)	7 :08 (4,35)	2 :10	9	9,9	1	29	-0,9
	DEN (obj)	686	778	32,47										
Ellis et Morrison (1998)	DEN (obj)	672	848	44,00	2 :00	6 :00	1:05	9:04	4 :00	22	23,2	2	89	-1,2
Bonin et al. (2001b)	DL	588	644	16,80	3 :01 (1,53)	6 :05 (2,64)	2 :01 (1,19)	11 :00 (4,15)	3 :04	55	32	2	206	23
Izura et Ellis (2002)	DL	649	692	19,11	6 :01 (3,55)	8 :04 (4,66)	5 :03 (3,12)	9 :02 (5,10)	2 :03	1,25	1,26	0,6	1,85	-0,01

Valeur d'AdA des mots utilisés dans les différentes études : les colonnes 8 et 9 présentent l'âge moyen auquel les mots précoces (*Pr Moy*) et les mots tardifs (*Ta. Moy*) ont été acquis, et les colonnes 10 et 11 fournissent les valeurs d'AdA respectivement associées au mot appris le plus précocement (*Min Pr*) et le plus tardivement (*Min Ta*) figurant dans les listes expérimentales. Le nombre d'années séparant l'apprentissage des mots précoces de celui des mots tardifs (*Diff Pr/Ta*) figure dans la colonne 12.

De manière à faciliter les comparaisons les valeurs d'AdA fournies dans les différentes études ont été converties en nombre d'années dans le respect des procédures utilisées par chaque auteurs, détaillées dans ce qui suit.

Dans le cas des études basées sur des estimations subjectives d'AdA auprès de jeunes adultes, une correspondance a été établie entre le degré d'AdA en points des échelles utilisées et le centre de l'intervalle d'âge associé (ex : 2 point sur l'échelle de Gilhooly et Logie (1890) correspondaient à 3 ans, centre de l'intervalle [2-4[associé à ce nombre de points). Une relation mathématique simple permettait alors de dériver des scores moyens d'AdA disponibles la valeur correspondante en nombre d'années. Le cas de 3 échelles subjectives a été considéré :

1) l'échelle en 7 points proposée par Gilhooly et Logie (1980 ; 1 = mot acquis entre 0 et 2 ans, 7 = mot acquis à 12 ans et plus) utilisée par Morrison et Ellis (1995), Barry et al. (2001).

2) l'échelle en 7 points proposée par Cuetos et al. (1999 ; 1 = mot acquis entre 0 et 2 ans, 7 = mot acquis à 12 ans et plus) utilisée par Izura et Ellis (2002)

3) l'échelle en 5 points (1 = mot acquis entre 0 et 3 ans, 5 = mot acquis à 13 ans et plus) utilisée par Bonin et al., (2001b).

Dans les deux premiers cas, la relation mathématique établie dans ce cas était $\text{âge} = 2 * (\text{Nombre de points}) - 1$ et dans le troisième cas, cette relation était : $\text{âge} = 3 * (\text{Nombre de points}) - 1,5$.

Dans le cas de l'étude de Ellis et Morrison (1998) utilisant les estimations objectives établies par Morrison et al. (1997) les valeurs originales d'AdA, déjà exprimées en nombre d'années, ont simplement été reportées dans le tableau.

Valeurs de fréquence utilisées dans les différentes études : les colonnes 13 et 14 présentent les valeurs de fréquences moyennes associées aux mots précoces (*Frq Pr*) et aux mots tardifs (*Frq Tar*), et les colonnes 14 et 16 fournissent les valeurs de fréquences minimale (*Frq Min*) et maximale (*Frq Max*) des mots inclus dans les listes expérimentales. La colonne 17 présente l'intervalle séparant les valeurs de fréquences moyennes des mots précoces de celles associées aux mots tardifs (*Diff Frq*). Les différentes échelles de fréquence utilisées sont détaillées dans ce qui suit :

1) dans les travaux de Morrison et Ellis (1995) et Barry et al. (2001) : normes établies par Kucera et Francis (1967)

2) dans les travaux de Ellis et Morrison (1998): base de données Celex (Baayen, Piepenbrock & Van Rijn, 1993)

3) dans les travaux de Bonin et al. (2001 ab) : base de données Brulex (Content, Mousty et Radeau, 1990)

4) dans les travaux de Izura et Ellis (2002) : normes établies par Alameda & Cuetos (1995).

Dans la majorité des cas, les valeurs de fréquences sont proposées en nombre d'occurrences par million, excepté pour les études de Barry et al. (2001) et Izura et Ellis (2002) où elles sont respectivement exprimées en logarithme et en $\log(1+\text{fréquence})$.

Annexe 2 Détail des mesures utilisées pour l'appariement des caractères Kanji Japonais.

Toutes les mesures ont été tirées de la base de donnée « Nihongo-no Goitokusei » (*Propriétés Lexicales du Japonais*) de Amano & Kondo (1999).

Fréquence des caractères : un comptage de fréquence d'occurrence a été établi pour 340 000 mots et caractères apparaissant dans la totalité des articles du journal Asahi sur une période de 14 ans, s'étendant de 1985 à 1998, extraits par analyse morphologique.

Longueur de la forme orale des mots : mesurée en nombre de *morae*. Le terme de *mora* désigne généralement les unités/temps des sons de parole, dont l'association forme les mots du discours oral en Japonais (Tsuji-mura, 1996). Les *moraes* font référence aux unités infra-syllabiques de longueurs variables transcrite par un kana unique, et correspondent suivant les cas au noyau vocalique, au noyau précédé de l'attaque syllabique, à la portion post vocalique de la syllabe ou à la portion étendue de la voyelle²⁷

²⁷

La théorie des constituants décrit l'organisation de la syllabe suivant deux niveaux hiérarchiques, comprenant à un niveau supérieur l'attaque et la rime, et à un niveau inférieur le noyau rime lui-même, formé d'un noyau et d'une coda. Encrevé (1988, p.81) précise que « l'attaque peut comporter une ou plusieurs consonnes suivant les langues ; la rime comprend toujours un noyau comportant au moins une voyelle et peut comprendre une coda comportant une ou plusieurs consonnes ».

. On notera que les caractères dont la lecture était allongée par une déclinaison faisant intervenir un kana (ex : déclinaisons verbales) ont été exclus.

Nombre de lectures alternatives : cette mesure tient compte des deux modes de prononciation des caractères Kanji, renvoyant alternativement à une prononciation phonétique (« onyomi » ou lecture *on*) ou à une lecture dite explicative (« kunyomi » ou lecture *kun*). Dans la présente expérience, le choix de la prononciation est biaisé vers la lecture *Kun*, cette dernière étant préférentiellement rattachée aux mots transcrits par un caractère Kanji unique (Fushimi et al., 1999, *Nishio communication personnelle*).

Validité de la lecture : l'emprunt graduel des caractères chinois à différentes périodes historiques et en diverses localisations géographiques a conduit à attribuer plusieurs lectures *on* et *kun* à un grand nombre de Kanji. Toutefois, seule une proportion restreinte de ces prononciations alternatives a conservé un usage commun.

Amano & Kondo (1999) ont prié 24 juges de langue maternelle Japonaise d'évaluer la plausibilité de chaque prononciation alternative pour l'ensemble des Kanji répertoriés dans la base lexicale. Plus précisément, 26 345 paires associant les Kanji à leurs prononciations (tirées des dictionnaires Shin meikai kanwa, Sanseido, 1990 et Shin meikai Kokugo, Kindaichi, 1989) ont été présentées et jugées sur la base d'une échelle en 7 points, où 1 désignait la prononciation la moins plausible et 7 la prononciation la plus plausible.

Complexité visuelle : cette variable a entre autres été estimée d'après le nombre de traits entrant dans la composition de chaque idéogramme et selon la densité des points de la police de caractère des Kanji sur une matrice de 32 x 32.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs moyennes prises par chaque facteur dans chaque liste expérimentale constituée, associées à l'intervalle dans lequel ces valeurs étaient comprises, avec *Frq* : fréquence lexicale, *Lg* : longueur, *Alt* : nombre de prononciations alternatives, *Vdt* : validité de lecture, *Cpx1* : complexité visuelle des caractères exprimée en nombre de traits, *Cpx2* : complexité visuelle des caractères selon la densité des points de leur police de caractère sur une matrice de 32 x 32.

Annexe 2 Détail des mesures utilisées pour l'appariement des caractères Kanji Japonais.

	Listes					Statistiques	Statistiques
	L1	L2	L3	L4	L5	(1) Liste 1 à 5	(2) Liste 2 à 5
Frq : moy. rang	113898.45 [13704 ;278011]	58949.70 [7575 ;163867]	70836.80 [59882240 ;6728208529]	52366.60 [3728208529 ;7571545011]	44117.90	F[4,95]=4.3 p=.0027	F[3, 76]=.950; p=.4210
Lth : moy. rang	2.10 [1;3]	2.10 [1;3]	2.10 [1;3]	2.10 [1;3]	2.20 [2;3]	F[4,95]=.20 p=.9342	F[3, 76]=.260;p=.8538
Alt : moy. rang	6,60 [2;16]	5,70 [3;14]	5,45 [3;11]	5,65 [1;12]	4.75 [1;11]	F[4,95]=1.06 p=.3785	F[3, 76]=.550;p=.6497
Vdt : moy. rang	6.76 [6.46;6.88]	6.74 [6.46;6.88]	6.70 [6.42;7]	6.66 [6.25;7]	6,61 [6.17;6.96]	F[4,95]=3.27 p=.0147	F[3,76]=2,239;p=.0906
Cpx1 : moy. rang	6.20 [3;12]	9.45 [4;18]	10.40 [5;16]	11.150 [5;19]	9.95 [5;13]	F[4,95]=8.53 p<.0001	F[3,76]=1.100;p=.3544
Cpx2 : moy.rang	196.55	243.70	269.35	273.15	268.55	F[4,95]=12.75 p=.0017	F[3,76]=9.0217;p=.0930

Annexe 3. Caractéristiques des stimuli utilisés dans la seconde étude.

Remarque préliminaire :

Au moment de la construction de la présente expérience, la base de données informatisée Lexique (New, Pallier, Ferrand et Matos, 2001) n'avait pas encore été publiée. Alors que les informations lexicales présentées dans BRULEX avaient été établies sur la base d'un corpus de textes littéraires publiés entre 1919 et 1964, comprenant 23,5 millions de mots, les normes correspondantes dans LEXIQUE ont été obtenues à partir d'un ensemble de texte plus récent, parus entre les années 1950 et 2000, et comprenant 31 million de formes orthographiques. Le traitement de ces textes, extraits de la base FRANTEXT, a débouché sur la sélection de 130 000 entrées distinctes, comprenant notamment des déclinaisons verbales et formes de pluriel non répertoriées parmi les 35 746 items du Micro Robert (Robert, 1986) retenues par les auteurs de BRULEX. Cela considéré, il nous a semblé nécessaire de réévaluer la validité de notre sélection initiale en tenant compte de ces normes plus actuelles.

Variables contrôlées :

Fréquence lexicale :

1.

Fréquence Formelle : la présente mesure correspond à une évaluation de la fréquence relative associée aux différentes formes orthographiques, toutes classes

syntaxiques et significations confondues. Les estimations figurant dans le BRULEX ont été reprises de la base de donnée publiée par le Centre de Recherches pour un Trésor de la Langue Française (Imbs, 1971). Elles correspondent au nombre d'occurrence d'une chaîne de caractères donnée, rapporté à un total de 100 millions, pour un corpus de textes littéraires parus dans le courant de la seconde moitié du 20^{ème} siècle.

- Conformément aux recommandations de Zevin et Seidenberg (2003), l'adéquation des items précoces et tardifs sur le plan de la fréquence a ultérieurement été vérifiée au moyen de normes de fréquences indépendantes, tirées de bases de données LEXIQUE (New, Pallier, Ferrand et Matos, 2001) et MANULEX (Lété, Sprenger-Charolles & Colé, 2003 ?). LEXIQUE présente un comptage de nombre d'occurrence par million pour 130 000 formes orthographiques distinctes, établi à partir d'un corpus de textes littéraires publiés entre 1950 et 2000, extraits de la base textuelle *Frantext* développée par l'INALF-Nancy (devenu aujourd'hui l'ATILF). Une information d'usage complémentaire est en outre fournie pour chaque entrée sous la forme d'un décompte du nombre de pages Internet contenant l'item d'intérêt, sur un total de 15 millions de pages Françaises. MANULEX présente pour sa part une évaluation de la fréquence d'occurrence par million de 48 886 mots, dérivée de l'analyse de 54 manuels scolaires utilisés entre la première et la dernière année d'école primaire et pondérée par une mesure de dispersion des items à travers les ouvrages considérés. Cette base de données fournit entre autre une estimation précise de la régularité avec laquelle un mot a été rencontré par un enfant à la fin de sa scolarité élémentaire. Ces contrôles supplémentaires ont globalement confirmé l'appariement de l'ensemble de stimuli sur le plan de la fréquence, exception faite des mots de la liste 1 dont la fréquence s'est avérée significativement supérieure à ceux de la seconde liste, d'après les normes de LEXIQUE.
- Fréquence des digrammes : cette mesure représente la moyenne des logarithmes décimaux de la fréquence textuelle de tous les digrammes (i. e suite de deux lettres consécutives) constituant le mot. Ce calcul est basé sur les normes de fréquence obtenues par Content et Radeau (1988), pour chaque digramme, suivant la position initiale, interne ou finale qu'ils occupent dans les mots. Ces valeurs fournissent une estimation du degré de régularité des formes orthographiques séquentielles des mots.
- En complément de ce premier appariement, l'homogénéité des stimuli sur le plan de leur structure infra-lexicale a été vérifiée au moyen des informations disponible dans la base de donnée Lexique. Ces analyses ultérieures ont confirmé l'appariement des mots précoces et tardifs sur le plan de la fréquence des digrammes ($F(3,76)=1.007$; $p=.3945$), des trigrammes ($F(3,76)=.846$; $p=.4730$), des syllabes ($F(3,76)=1.328$; $p=.2716$), des graphèmes ($F(3,76)=1.521$; $p=.2159$).

Longueur des mots : cette variable a été estimée en termes de nombre de lettres, de 1. phonèmes et de syllabes.

Classe grammaticale: plusieurs recherches ayant suggéré l'existence de traitements 2. spécifiques dépendants de la classe grammaticale des items considérés (Cole &

Segui, 1994 ; Deutsch, Frost & Forster, 1998 ; Munte & collègues, 2001), seuls des noms ont été introduits dans les différentes listes expérimentales. Il faut cependant noter que 8 noms de la liste 1, 7 noms de la liste 2, 6 noms de la liste 3 et 5 noms de la liste 4 sont homographes homophones d'une déclinaison verbale et/ ou d'une forme adjectivale dans de rares cas. Les normes de fréquences disponibles dans MANULEX (Lété, Spenger-Charolles et Colé, 2003 ?) établissent toutefois la supériorité systématique de la fréquence cumulée des formes nominales à la fin de la scolarité élémentaire.

Voisins orthographiques: des résultats robustes en faveur de l'influence du nombre de3. voisins orthographiques sur la reconnaissance des mots ont été rapportés, bien que la nature facilitatrice ou inhibitrice de ces effets sur les décisions lexicales reste encore discutée (Ziegler & Perry, 1998). La densité du voisinage orthographique d'un mot est définie par le nombre de mots différents qu'il est possible de créer en ne modifiant qu'une seule lettre du mot cible, tout en préservant les positions des lettres restantes (Coltheart, Davelaar, Jonasson & Besner, 1977). A partir de cette définition, la mesure des voisins orthographiques proposée dans le BRULEX a été obtenue au moyen d'un calcul effectué sur la forme orthographique de base des items, incluant les marques diacritiques.

Le tableau ci-dessous rappelle, pour chacune des 4 listes expérimentales, les valeurs moyennes de fréquence lexicale (*FREQ* et *LOG FREQ*), de fréquence des digrammes (*DIGR*), de nombre de phonèmes (*PHON*), de lettres (*LETTRE*) et de syllabes (*SYLLABE*), de voisins orthographiques (*V.ORTH*) et d'imageabilité (*IMA*). Le tableau rappelle également qu'en complément de BRULEX, la fréquence des mots sélectionnés a été ultérieurement vérifiée au moyen des normes de LEXIQUE (suivant un comptage d'occurrence basé sur des textes littéraires réunis dans le corpus de FRANTEXT, *LEXIQUE 1* et suivant un comptage d'occurrence réalisé sur des pages Internet *LEXIQUE 2*) et de MANULEX. Les résultats des différentes analyses par items réalisées sur la base de ces données sont présentés dans la dernière colonne du tableau. Dans la majorité des cas, aucune différence significative n'a été observée entre les différentes listes. Les tests PLSD de Fisher révèlent toutefois une fréquence moyenne plus élevée pour les mots de la liste 1 que pour ceux de la seconde liste, d'après les normes de LEXIQUE (Lexique 1 : $p=.0386$ et Lexique 2 : $p=.0432$).

Liste des stimuli inclus dans la seconde expérience :

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

	LISTES					STATISTIQUES
	L1	L2	L3	L4	MOYENNE	
FREQ	3847.00	2673.15	3264.84	3717.50	3375.62	[F(3,74)=.586, p=.6262]
LOG FREQ	3.475	3.308	3.390	3.385	3.39	[F(3,74)=.728, p=.5386]
LEXIQUE (1)	28.80	13.45	25.02	22.94	22.55	[F(3,76)=1.606, p=.1930]
LEXIQUE (2)	5177.46	2348.45	3731.84	3113.03	3592.70	[F(3,76)=1.518, p=.2167]
MANULEX	87.41	67.44	64.56	54.10	68.38	[F(3,76)=.601, p=.6166]
DIGR	2.689	2.676	2.649	2.602	2.65	[F(3,76)=.145, p=.9326]
PHON	3.850	3.950	3.650	3.800	3.81	[F(3,76)=.300, p=.8255]
LETTRE	5.000	5.050	5.050	5.050	5.04	[F(3,76)=.018, p=.9967]
SYLLABE	1.500	1.500	1.400	1.500	1.48	[F(3,76)=.192, p=.9016]
V. ORTH	3.250	2.800	2.100	2.200	2.59	[F(3,76)=.973, p=.4100]
IMA	4.853	4.774	4.773	4.571	4.74	[F(3,76)=.983, p=.4054]

Liste des stimuli inclus dans la seconde expérience :

Pseudo-Mots		Mots			
Non-Homophones	Homophones	Listes	Items	Listes	Items
Zave	kave	1	lion	3	parc
Boif	boix	1	bébé	3	drap
Rafe	raje	1	rive	3	haie
Achar	achas	1	arme	3	ours
Annas	anner	1	café	3	hache
Noige	naige	1	tige	3	grue
Preur	queur	1	lait	3	veau
muidon	meizon	1	barbe	3	glace
Jardan	jardun	1	balle	3	gorge
Pripon	prizon	1	lapin	3	filet
Vaxe	vaze	1	sucre	3	verre
Brau	brat	1	vigne	3	ruban
Joun	jous	1	poire	3	fusil
Limpe	lempe	1	foudre	3	cadeau
Nerbe	jerbe	1	salade	3	beurre
Eclan	éclas	1	poupée	3	viande
Poulic	poulai	1	plante	3	chaise
Ontrée	antrée	1	moulin	3	brebis
Papian	papiée	1	fleuve	3	raisin
Mone	mons	1	classe	3	muscle
Epon	éper	2	four	4	camp
Etar	étas	2	miel	4	pavé
Gamon	gason	2	ange	4	vélo
Repec	repau	2	toit	4	cerf
Nelée	jelée	2	loup	4	képi
Dinéma	sinéma	2	épine	4	gant
Profin	profis	2	clou	4	tronc
Pefice	aufice	2	nappe	4	front
Cliont	cliant	2	sabre	4	forêt
Bonc	bont	2	merle	4	bijou
Rano	rant	2	sabot	4	tuile
Ronre	janre	2	fruit	4	canne
Outin	outis	2	botte	4	habit
Kivre	jivre	2	lièvre	4	tiroir
Huine	heine	2	légume	4	miroir
Effos	effai	2	mouche	4	cendre
Firène	cirène	2	barque	4	grille
Reflos	reflai	2	navire	4	flamme
Taline	talans	2	poudre	4	réveil
Minton	manton	2	tortue	4	éclair

Annexe 4. Simulation des temps de réaction de la seconde étude au moyen du modèle d'accumulation des instances de Lewis (1999ab, 2001).

De manière à évaluer les prédictions de l'hypothèse de Fréquence cumulée sur les performances des participants interrogés dans l'expérience 2, des temps de réactions théoriques ont été calculés en fonction des valeurs de fréquence et de temps de résidence attribuées à chacun des mots présentés aux sept groupes d'âge testés. Ce calcul s'appuie sur l'équation développée par Lewis (1999ab, 2001) reportée ci-dessous :

$$\ln(TR_i) = -A \ln(F_i) - A \underbrace{\ln(\text{Age} - \text{Ad}A_i)}_{\text{Temps de résidence}} + \ln(K) \quad (1)$$

où F représente la fréquence d'occurrence de i , Age l'âge du participant au moment où sa performance est mesurée, AdA l'âge d'acquisition de i et A et K sont des paramètres constants.

1) Calcul du temps de résidence et détermination des valeurs de F

- Le temps de résidence a été établi pour chaque groupe en calculant l'écart en

nombre d'années séparant la période d'acquisition d'un mot i de l'âge des participants au moment où l'expérience leur a été proposée.

- Les valeurs de fréquence attribuées à chaque item variaient suivant l'âge des participants testés. Pour les enfants, du CP à la 2nd, ces données ont été extraites de la base de donnée MANULEX (Lété, Sprenger-Charolles & Colé, 2004). Pour les enfants scolarisés en CM1, ces valeurs correspondaient plus précisément à la fréquence moyenne de rencontre des items entre le CP et le CM2 pondérée par un indice de dispersion des items dans les manuels scolaires constituant le corpus (indice G3-5u dans MANULEX), en nombre d'occurrences par million. Pour les enfants scolarisés entre le CM2 et la 2nd, les valeurs de fréquence correspondaient au cumul de la fréquence des valeurs de fréquence des items enregistrées entre le CE2 et le CM4 (indice G1-5u dans MANULEX), en nombre d'occurrences par million. Pour les adultes, les valeurs de fréquences ont été extraites de la base de données LEXIQUE (New et al, 2001) et correspondaient au nombre d'occurrences par millions estimé d'après le corpus FRANTEXT.

2) Choix de la valeur des constantes A et K.

En première approximation, les constantes A et K étaient ajustées de manière à modéliser le temps de réaction moyen enregistré sur les mots de la première liste dans chaque groupe.

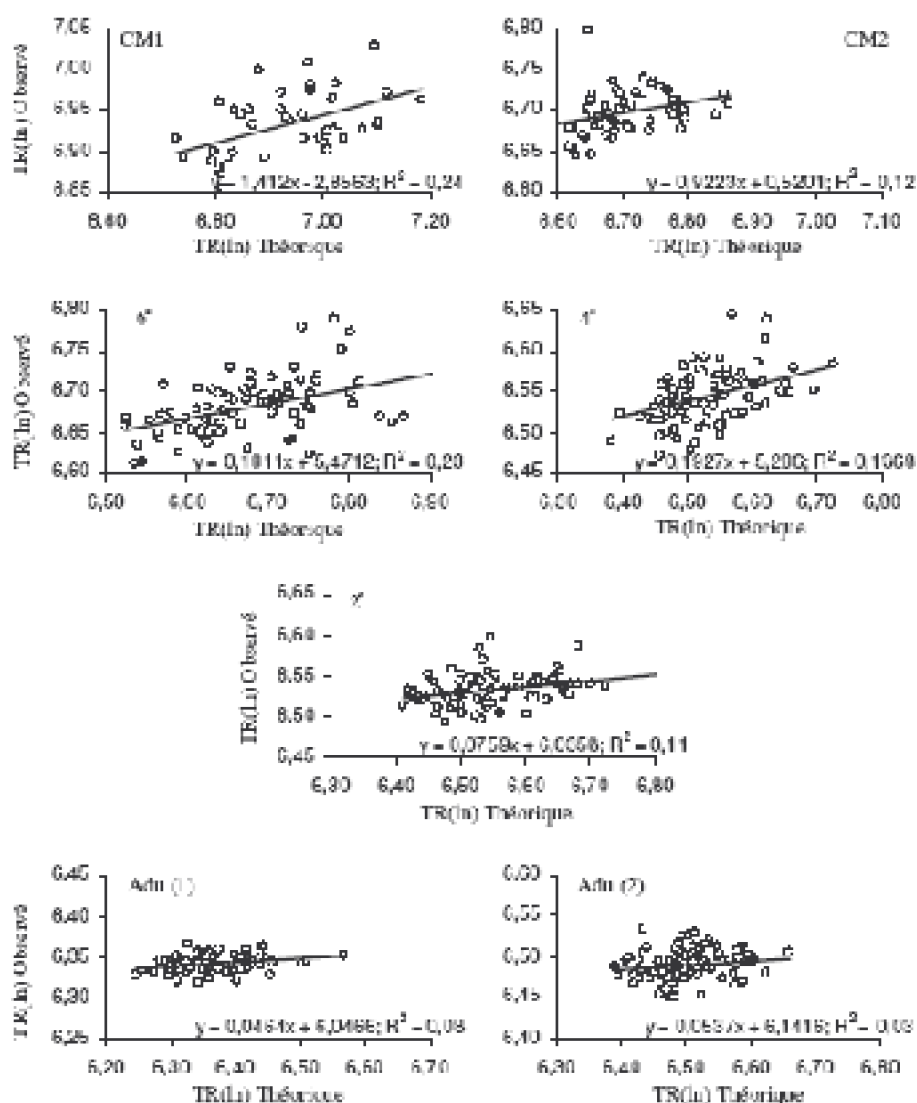
Pour un K et un RT fixés, on pouvait déduire la valeur de A telle que :

$$A \ln[F_i \bullet (Age - AdA_i)] = \ln(K) - \ln(TR_i) \quad (2)$$
$$et A = [\ln(K) - \ln(TR_i)] / \{\ln[F_i \bullet (Age - AdA_i)]\}$$

3) Calcul des RT théoriques pour les i mots de l'expérience.

Une fois les valeurs de A et K fixées, les temps de réaction théoriques correspondant à chaque mot étaient calculés en appliquant l'équation 1. Les valeurs de K et de A (exprimé en fonction de K) étaient ensuite progressivement ajustées de manière à obtenir la corrélation la plus satisfaisante entre les RT prédits par le modèle et les RT observés. La relation entre les temps observés et prédits (exprimés sous forme logarithmique) obtenue dans chacun des groupes est présentée dans les graphiques ci-dessous.

Annexe 4. Simulation des temps de réaction de la seconde étude au moyen du modèle d'accumulation des instances de Lewis (1999ab, 2001).



La corrélation entre les deux ensembles de données a été estimée statistiquement au moyen du coefficient de corrélation de rang de Spearman, à partir des valeurs brutes des temps de réaction observés et des valeurs exponentielles du logarithme des temps de réaction calculés. Le coefficient de corrélation de Spearman permet de détecter l'existence de relations monotones entre les deux caractères considérés, indépendamment de leur forme (linéaire, exponentielle, puissance...). Ce test a également été choisi pour l'intérêt qu'il présente dans le cas où les distributions comportent des valeurs exceptionnelles, comme c'est parfois le cas s'agissant des temps de réaction observés (voir Grasland, *Initiation aux méthodes statistiques en Sciences Sociales*, <http://www.grasland.cicrp.jussieu.fr/grasland/STAT98/STAT98.htm>). Le résultat des analyses est présenté dans le tableau ci-dessous. Comme le montre le tableau, les données théoriques étaient significativement corrélés avec les latences de réponses réelles dans tous les groupes.

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

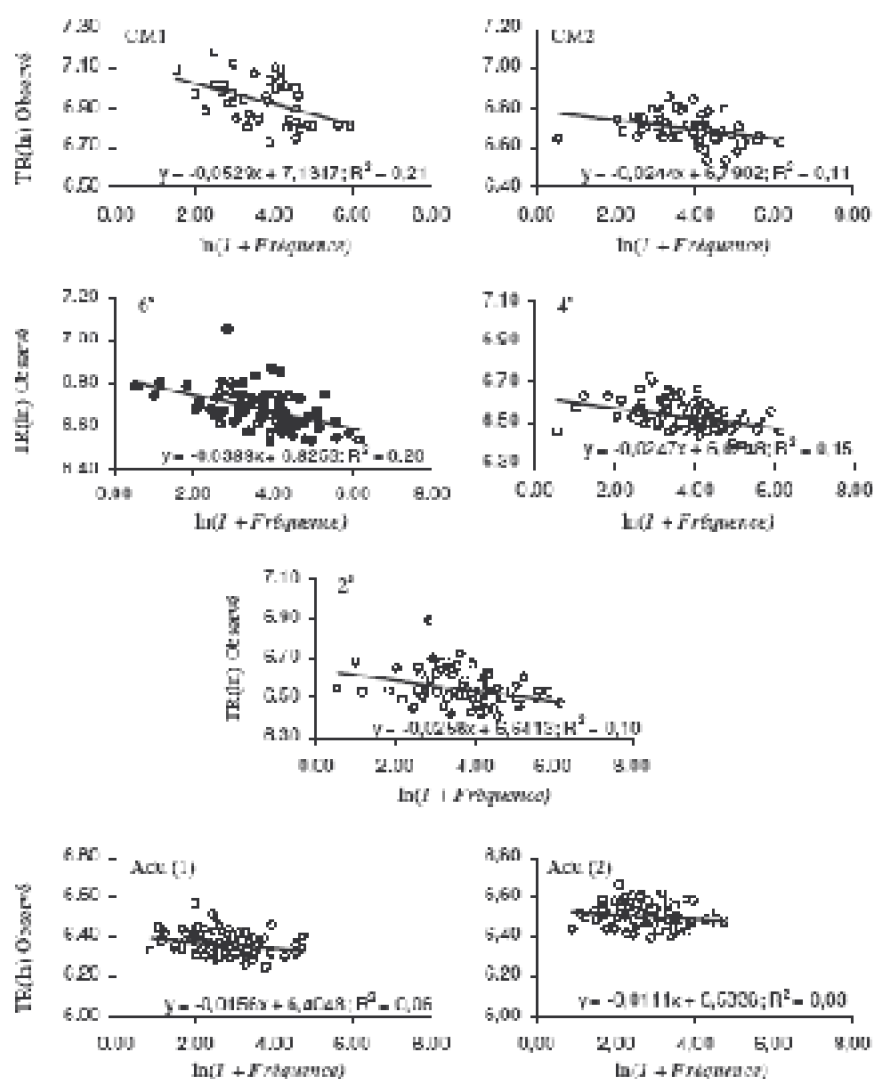
Groupe	<i>r</i>	<i>p</i>
CM1	.479	.0028
CM2	.424	.0011
6e	.504	<.0001
4e	.412	.0002
2nd	.369	.0010
Adultes (1)	.279	.0131
Adultes (2)	.243	.0305

Les tests *t* de comparaison des moyennes observées et théoriques mettaient en évidence que les temps de réactions calculés ne différaient significativement des temps de réaction réellement observé que dans le cas des mots des dernières listes acquises chez les adultes (i.e. Liste 4 et 5 chez les jeunes adultes et Liste 5 chez les adultes plus âgés). Le tableau ci-dessous résume le résultat des différentes analyses.

	L1			L2			L3			L4		
	<i>Obs.</i>	<i>Théo.</i>	<i>Test t</i>	<i>Obs.</i>	<i>Théo.</i>	<i>Test t</i>	<i>Obs.</i>	<i>Théo.</i>	<i>Test t</i>	<i>Obs.</i>	<i>Théo.</i>	<i>Test t</i>
CM1	996.8	1003.4	p=.8164	1066,8	1048.3	p=.4219	-	-	-	-	-	-
CM2	790.3	794.7	p=.7017	826.6	812.9	p=.3285	816.4	820.9	p=.7446	-	-	-
6e	772.1	775.2	p=.8447	790.5	794.2	p=.8078	809.1	800.1	p=.5536	826.8	820.1	p=.757
4e	671.0	677.6	p=.5414	695.8	694.1	p=.8334	691.5	698.9	p=.5250	695.7	713.4	p=.160
2nd	675.8	678.9	p=.8111	701.9	686.8	p=.2153	697.0	688.5	p=.5397	717.5	696.9	p=.196
Adu. (1)	564.4	564.8	p=.9678	576.6	570.3	p=.2049	589.0	567.5	p=.0124*	592.7	568.3	p=.014
Adu. (2)	650.4	654.1	p=.6700	668.2	664.7	p=.6587	673.8	658.0	p=.1116	679.6	659.2	p=.011

Au cours d'une dernière analyse, la corrélation des valeurs de fréquences exprimées sous la forme $\log(\text{Fréquence} - 1)$ et des temps de réaction empiriques enregistrés sur les mots présentés (exprimés en logarithmes) a été examinée au moyen d'une série de régressions simples. Les graphiques ci-dessous rapportent la distribution des temps de réponse associés à chaque mots (moyennés sur les 15 participants de chaque groupe) suivant la distribution des valeurs de fréquences associées. Ces résultats sont présentés séparément pour chaque groupe considéré. Les graphiques montrent que la corrélation de la fréquence et des temps de réaction tend à devenir plus faible au cours du temps.

Annexe 4. Simulation des temps de réaction de la seconde étude au moyen du modèle d'accumulation des instances de Lewis (1999ab, 2001).



Le tableau suivant résume le résultat des régressions simples réalisées sur l'expression logarithmique de la fréquence et des temps de réaction. Les résultats mettent en évidence que les deux paramètres sont significativement corrélés dans tous les groupes mais cessent d'être corrélés chez les adultes âgés.

	r^2	p
CM1	.206	.0033
CM2	.111	.0091
6e	.200	<.0001
4e	.150	.0004
2nd	.103	.0037
Adu.(1)	.066	.0213
Adu.(2)	.027	ns .1444

Les temps de réaction observés et calculés, comme les différents paramètres utilisés

dans les calculs (i.e. valeur de A, de K, d'AdA_{ortho}, d'âge chronologique et de Fréquence) sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

CM1	A	K	Age	AdA	F	In (RTt)	RTt (ms)	In (RTo)	Rto (ms)	CM2	A	K	Age	AdA	F
lion	0,034	1200	10,7	7	135,83	6,88	971,76	6,81	908,93	bébé	0,022	900	11,7	7	123,8
lait	0,034	1200	10,7	7	146,7	6,88	969,23	6,81	905,33	lait	0,022	900	11,7	7	193,8
bébé	0,034	1200	10,7	7	96,4	6,89	983,13	6,74	847,27	lion	0,022	900	11,7	7	160,8
tige	0,034	1200	10,7	7	11,55	6,96	1056,49	7,18	1316,20	café	0,022	900	11,7	7	99,8
rive	0,034	1200	10,7	7	34,24	6,93	1018,26	7,07	1178,09	arme	0,022	900	11,7	7	20,6
arme	0,034	1200	10,7	7	25,5	6,94	1028,49	6,94	1032,00	tige	0,022	900	11,7	7	18,3
café	0,034	1200	10,7	7	108,97	6,89	979,05	6,79	892,53	rive	0,022	900	11,7	7	34,6
vigne	0,034	1200	10,7	7	11,29	6,96	1057,31	7,02	1116,50	poire	0,022	900	11,7	7	29,3
barbe	0,034	1200	10,7	7	57,35	6,91	1000,60	7,00	1100,00	vigne	0,022	900	11,7	7	11,7
sucré	0,034	1200	10,7	7	81,32	6,90	988,82	6,83	929,00	balle	0,022	900	11,7	7	95,9
balle	0,034	1200	10,7	7	95,96	6,89	983,28	6,89	985,18	barbe	0,022	900	11,7	7	59,3
lapin	0,034	1200	10,7	7	96,31	6,89	983,16	6,83	921,33	sucré	0,022	900	11,7	7	108,9
poire	0,034	1200	10,7	7	20,35	6,94	1036,39	6,85	941,85	lapin	0,022	900	11,7	7	177,8
fleuve	0,034	1200	10,7	7	74,65	6,90	991,69	6,80	894,87	foudre	0,022	900	11,7	7	14,7
poupée	0,034	1200	10,7	7	48,5	6,91	1006,31	7,04	1138,20	fleuve	0,022	900	11,7	7	64,0
plante	0,034	1200	10,7	7	48,31	6,91	1006,44	6,73	834,57	plante	0,022	900	11,7	7	51,1
classe	0,034	1200	10,7	7	290,45	6,85	947,03	6,81	909,29	salade	0,022	900	11,7	7	62,6
foudre	0,034	1200	10,7	7	16,67	6,95	1043,43	6,92	1015,50	poupée	0,022	900	11,7	7	75,2
moulin	0,034	1200	10,7	7	70,53	6,90	993,61	7,01	1106,00	classe	0,022	900	11,7	7	277,8
salade	0,034	1200	10,7	7	28,97	6,93	1024,05	6,87	963,29	moulin	0,022	900	11,7	7	70,1
<i>Moyenne</i>					<i>74,99</i>	<i>6,91</i>	<i>1003,43</i>	<i>6,90</i>	<i>996,80</i>	<i>Moyenne</i>					<i>87,4</i>
four	0,034	1200	10,7	9	64,28	6,93	1023,38	7,10	1209,92	ange	0,022	900	11,7	9	14,2
miel	0,034	1200	10,7	9	45,85	6,94	1035,18	6,93	1023,87	épine	0,022	900	11,7	9	7,96
clou	0,034	1200	10,7	9	36,55	6,95	1043,17	6,86	955,57	miel	0,022	900	11,7	9	70,5
ange	0,034	1200	10,7	9	14,2	6,98	1077,16	6,98	1071,27	four	0,022	900	11,7	9	66,3
loup	0,034	1200	10,7	9	376,2	6,87	963,85	6,81	909,13	loup	0,022	900	11,7	9	476,8
toit	0,034	1200	10,7	9	103,58	6,91	1006,95	6,96	1056,57	toit	0,022	900	11,7	9	117,8
épine	0,034	1200	10,7	9	3,67	7,03	1127,75	7,09	1202,57	clou	0,022	900	11,7	9	39,6
fruit	0,034	1200	10,7	9	44,56	6,94	1036,18	6,96	1054,57	fruit	0,022	900	11,7	9	49,9
sabre	0,034	1200	10,7	9	6,37	7,01	1106,85	6,97	1067,67	merle	0,022	900	11,7	9	28,8
botte	0,034	1200	10,7	9	19,05	6,97	1066,48	6,92	1014,79	sabot	0,022	900	11,7	9	13,7
nappe	0,034	1200	10,7	9	18,53	6,97	1067,48	6,97	1068,77	botte	0,022	900	11,7	9	23,2
sabot	0,034	1200	10,7	9	13,93	6,98	1077,86	7,02	1120,53	sabre	0,022	900	11,7	9	6,84
merle	0,034	1200	10,7	9	19,13	6,97	1066,33	7,12	1233,92	nappe	0,022	900	11,7	9	22,6
mouche	0,034	1200	10,7	9	27,93	6,96	1052,73	6,81	904,87	mouche	0,022	900	11,7	9	36,9
légume	0,034	1200	10,7	9	8,76	7,00	1094,95	6,88	973,29	légume	0,022	900	11,7	9	10,7
lièvre	0,034	1200	10,7	9	75,69	6,93	1017,72	7,01	1104,64	lièvre	0,022	900	11,7	9	71,3
barque	0,034	1200	10,7	9	64,59	6,93	1023,21	7,03	1129,83	tortue	0,022	900	11,7	9	100,8
tortue	0,034	1200	10,7	9	37,11	6,95	1042,63	6,84	931,27	barque	0,022	900	11,7	9	53,2
poudre	0,034	1200	10,7	9	57,9	6,93	1027,02	7,10	1215,86	poudre	0,022	900	11,7	9	58,2
navire	0,034	1200	10,7	9	95,56	6,92	1009,71	6,99	1087,86	navire	0,022	900	11,7	9	79,4
					<i>56,67</i>	<i>6,95</i>	<i>1048,33</i>	<i>6,97</i>	<i>1066,84</i>	<i>Moyenne</i>					<i>67,4</i>
										veau	0,022	900	11,7	10	24,7

loup	0,026 900	12,4	9	476,14	6,61	744,38	6,54	689,33	loup	0,028 800	13,3	9	476,14
four	0,026 900	12,4	9	66,31	6,66	783,05	6,85	948,31	four	0,028 800	13,3	9	66,31
clou	0,026 900	12,4	9	39,61	6,68	793,49	6,65	769,00	clou	0,028 800	13,3	9	39,61
ange	0,026 900	12,4	9	14,2	6,70	814,68	6,67	789,77	ange	0,028 800	13,3	9	14,2
miel	0,026 900	12,4	9	70,52	6,66	781,82	6,64	766,79	miel	0,028 800	13,3	9	70,52
sabre	0,026 900	12,4	9	6,84	6,72	830,11	6,68	795,85	sabre	0,028 800	13,3	9	6,84
merle	0,026 900	12,4	9	28,87	6,68	799,96	6,69	807,20	merle	0,028 800	13,3	9	28,87
sabot	0,026 900	12,4	9	13,78	6,70	815,31	6,61	745,67	sabot	0,028 800	13,3	9	13,78
fruit	0,026 900	12,4	9	49,95	6,67	788,77	6,57	712,36	fruit	0,028 800	13,3	9	49,95
botte	0,026 900	12,4	9	23,26	6,69	804,42	6,66	779,33	botte	0,028 800	13,3	9	23,26
nappe	0,026 900	12,4	9	22,67	6,69	804,95	6,70	814,77	nappe	0,028 800	13,3	9	22,67
navire	0,026 900	12,4	9	79,47	6,66	779,42	6,74	846,21	navire	0,028 800	13,3	9	79,47
mouche	0,026 900	12,4	9	36,96	6,68	794,90	6,61	744,20	mouche	0,028 800	13,3	9	36,96
légume	0,026 900	12,4	9	10,76	6,71	820,50	6,68	795,50	légume	0,028 800	13,3	9	10,76
tortue	0,026 900	12,4	9	100,91	6,65	774,65	6,61	739,47	tortue	0,028 800	13,3	9	100,91
poudre	0,026 900	12,4	9	58,23	6,67	785,67	6,62	752,40	poudre	0,028 800	13,3	9	58,23
lièvre	0,026 900	12,4	9	71,34	6,66	781,58	6,67	786,31	lièvre	0,028 800	13,3	9	71,34
barque	0,026 900	12,4	9	53,23	6,67	787,49	6,87	961,17	barque	0,028 800	13,3	9	53,23
<i>Moyenne</i>				<i>67,44</i>	<i>6,68</i>	<i>794,18</i>	<i>6,67</i>	<i>790,46</i>	<i>Moyenne</i>				<i>67,44</i>
veau	0,026 900	12,4	10	24,74	6,70	810,36	6,75	856,57	veau	0,028 800	13,3	10	24,74
grue	0,026 900	12,4	10	13,42	6,71	823,19	6,76	863,57	grue	0,028 800	13,3	10	13,42
drap	0,026 900	12,4	10	26,63	6,70	808,83	6,70	808,92	drap	0,028 800	13,3	10	26,63
haie	0,026 900	12,4	10	25,04	6,70	810,11	6,80	899,93	haie	0,028 800	13,3	10	25,04
parc	0,026 900	12,4	10	62,88	6,67	791,17	6,66	778,73	parc	0,028 800	13,3	10	62,88
ours	0,026 900	12,4	10	265,53	6,64	762,43	6,63	755,14	ours	0,028 800	13,3	10	265,53
hache	0,026 900	12,4	10	37,47	6,69	801,76	6,70	813,77	hache	0,028 800	13,3	10	37,47
gorge	0,026 900	12,4	10	51,76	6,68	795,14	6,75	856,85	gorge	0,028 800	13,3	10	51,76
verre	0,026 900	12,4	10	135,4	6,65	775,73	6,65	769,00	verre	0,028 800	13,3	10	135,4
fusil	0,026 900	12,4	10	63,68	6,67	790,91	6,73	839,33	fusil	0,028 800	13,3	10	63,68
ruban	0,026 900	12,4	10	26,8	6,70	808,70	6,68	798,54	ruban	0,028 800	13,3	10	26,8
filet	0,026 900	12,4	10	46,53	6,68	797,32	6,75	855,07	filet	0,028 800	13,3	10	46,53
glace	0,026 900	12,4	10	168,49	6,65	771,39	6,64	766,80	glace	0,028 800	13,3	10	168,49
brebis	0,026 900	12,4	10	13,97	6,71	822,35	6,81	909,08	brebis	0,028 800	13,3	10	13,97
beurre	0,026 900	12,4	10	61,35	6,67	791,67	6,70	816,40	beurre	0,028 800	13,3	10	61,35
cadeau	0,026 900	12,4	10	91,69	6,66	783,54	6,55	702,58	cadeau	0,028 800	13,3	10	91,69
muscle	0,026 900	12,4	10	0,75	6,79	886,51	6,78	881,60	muscle	0,028 800	13,3	10	0,75
viande	0,026 900	12,4	10	74,76	6,67	787,66	6,57	716,92	viande	0,028 800	13,3	10	74,76
raisin	0,026 900	12,4	10	21,03	6,70	813,75	6,63	758,60	raisin	0,028 800	13,3	10	21,03
chaise	0,026 900	12,4	10	79,31	6,67	786,47	6,60	734,60	chaise	0,028 800	13,3	10	79,31
<i>Moyenne</i>				<i>64,56</i>	<i>6,69</i>	<i>800,95</i>	<i>6,69</i>	<i>809,10</i>	<i>Moyenne</i>				<i>64,56</i>
pavé	0,026 900	12,4	11	2,32	6,77	873,17	6,80	899,57	pavé	0,028 800	13,3	11	2,32
gant	0,026 900	12,4	11	12,69	6,73	835,87	6,73	838,46	gant	0,028 800	13,3	11	12,69
camp	0,026 900	12,4	11	43,48	6,70	809,84	6,71	822,53	camp	0,028 800	13,3	11	43,48
képi	0,026 900	12,4	11	16,94	6,72	829,69	7,05	1157,00	képi	0,028 800	13,3	11	16,94
cerf	0,026 900	12,4	11	12,43	6,73	836,32	6,65	775,13	cerf	0,028 800	13,3	11	12,43

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

vélo	0,026	900	12,4	11	144,44	6,67	785,25	6,53	683,00	vélo	0,028	800	13,3	11
canne	0,026	900	12,4	11	27,9	6,71	819,13	6,57	713,36	canne	0,028	800	13,3	11
bijou	0,026	900	12,4	11	23,13	6,71	823,08	6,74	845,83	bijou	0,028	800	13,3	11
forêt	0,026	900	12,4	11	373,97	6,64	766,29	6,57	711,31	forêt	0,028	800	13,3	11
front	0,026	900	12,4	11	60,19	6,69	803,10	6,74	849,40	front	0,028	800	13,3	11
tronc	0,026	900	12,4	11	40,1	6,70	811,53	6,73	833,50	tronc	0,028	800	13,3	11
habit	0,026	900	12,4	11	42,81	6,70	810,17	6,68	799,07	habit	0,028	800	13,3	11
tuile	0,026	900	12,4	11	1,83	6,78	878,51	6,74	846,86	tuile	0,028	800	13,3	11
éclair	0,026	900	12,4	11	31,32	6,71	816,70	6,72	832,31	éclair	0,028	800	13,3	11
grille	0,026	900	12,4	11	64,52	6,69	801,67	6,70	811,69	grille	0,028	800	13,3	11
réveil	0,026	900	12,4	11	51,1	6,69	806,49	6,65	774,85	réveil	0,028	800	13,3	11
miroir	0,026	900	12,4	11	67,11	6,69	800,86	6,71	823,80	miroir	0,028	800	13,3	11
cedre	0,026	900	12,4	11	5,3	6,75	854,83	6,79	890,00	cedre	0,028	800	13,3	11
flamme	0,026	900	12,4	11	42,56	6,70	810,29	6,64	765,33	flamme	0,028	800	13,3	11
tiroir	0,026	900	12,4	11	17,78	6,72	828,66	6,76	863,93	tiroir	0,028	800	13,3	11
<i>Moyenne</i>					<i>54,10</i>	<i>6,71</i>	<i>820,07</i>	<i>6,71</i>	<i>826,85</i>	<i>Moyenne</i>				
2e	A	K	Age	AdA	F	In (RTt)	RTt (ms)	In (RTo)	Rto (ms)	Adult.(1)	A	K	Age	AdA
tige	0,016	750	15,5	7	18,3	6,54	692,14	6,70	813,50	arme	0,010	600	23	7
lion	0,016	750	15,5	7	160,35	6,51	668,66	6,56	707,36	balle	0,010	600	23	7
arme	0,016	750	15,5	7	20,69	6,54	690,79	6,52	681,33	barbe	0,010	600	23	7
rive	0,016	750	15,5	7	34,67	6,53	685,14	6,66	780,13	bébé	0,010	600	23	7
bébé	0,016	750	15,5	7	123,72	6,51	671,42	6,49	659,47	café	0,010	600	23	7
lait	0,016	750	15,5	7	193,15	6,50	666,68	6,60	736,60	classe	0,010	600	23	7
café	0,016	750	15,5	7	99,87	6,51	673,71	6,41	607,93	fleuve	0,010	600	23	7
poire	0,016	750	15,5	7	29,38	6,53	686,95	6,42	614,50	foudre	0,010	600	23	7
vigne	0,016	750	15,5	7	11,74	6,55	697,05	6,53	683,33	lait	0,010	600	23	7
barbe	0,016	750	15,5	7	59,34	6,52	679,31	6,46	637,21	lapin	0,010	600	23	7
sucre	0,016	750	15,5	7	108,25	6,51	672,85	6,49	656,50	lion	0,010	600	23	7
lapin	0,016	750	15,5	7	177,31	6,50	667,59	6,46	640,27	moulin	0,010	600	23	7
balle	0,016	750	15,5	7	95,98	6,51	674,14	6,54	693,93	plante	0,010	600	23	7
classe	0,016	750	15,5	7	277,53	6,50	662,85	6,53	686,00	poire	0,010	600	23	7
poupée	0,016	750	15,5	7	75,26	6,52	676,75	6,54	695,33	poupée	0,010	600	23	7
plante	0,016	750	15,5	7	51,15	6,52	680,92	6,42	616,36	rive	0,010	600	23	7
moulin	0,016	750	15,5	7	70,1	6,52	677,51	6,44	625,40	salade	0,010	600	23	7
foudre	0,016	750	15,5	7	14,79	6,54	694,49	6,53	685,93	sucre	0,010	600	23	7
fleuve	0,016	750	15,5	7	64,01	6,52	678,49	6,42	613,33	tige	0,010	600	23	7
salade	0,016	750	15,5	7	62,64	6,52	678,73	6,53	682,27	vigne	0,010	600	23	7
<i>Moyenne</i>					<i>87,41</i>	<i>6,52</i>	<i>678,81</i>	<i>6,51</i>	<i>675,83</i>	<i>Moyenne</i>				
épine	0,016	750	15,5	9	7,96	6,56	704,37	6,49	656,00	lièvre	0,010	600	23	9
toit	0,016	750	15,5	9	117,81	6,51	674,82	6,50	664,43	ange	0,010	600	23	9
loup	0,016	750	15,5	9	476,14	6,49	659,99	6,48	649,60	barque	0,010	600	23	9
four	0,016	750	15,5	9	66,31	6,52	681,01	6,57	711,15	botte	0,010	600	23	9
clou	0,016	750	15,5	9	39,61	6,53	686,62	6,57	711,86	clou	0,010	600	23	9
ange	0,016	750	15,5	9	14,2	6,55	697,91	6,52	676,23	épine	0,010	600	23	9

miel	0,016750	15,5	9	70,52	6,52	680,35	6,48	651,20	four	0,010600	23	9	18
sabre	0,016750	15,5	9	6,84	6,56	706,07	6,65	772,80	fruit	0,010600	23	9	25
merle	0,016750	15,5	9	28,87	6,54	690,08	6,52	676,14	légume	0,010600	23	9	1,
sabot	0,016750	15,5	9	13,78	6,55	698,25	6,62	749,57	loup	0,010600	23	9	17
fruit	0,016750	15,5	9	49,95	6,53	684,09	6,43	619,33	merle	0,010600	23	9	2,
botte	0,016750	15,5	9	23,26	6,54	692,46	6,62	751,60	miel	0,010600	23	9	11
nappe	0,016750	15,5	9	22,67	6,54	692,74	6,67	788,60	mouche	0,010600	23	9	12
navire	0,016750	15,5	9	79,47	6,52	679,06	6,63	758,57	nappe	0,010600	23	9	13
mouche	0,016750	15,5	9	36,96	6,53	687,37	6,51	674,60	navire	0,010600	23	9	27
légume	0,016750	15,5	9	10,76	6,55	701,00	6,45	633,42	poudre	0,010600	23	9	27
tortue	0,016750	15,5	9	100,91	6,52	676,48	6,55	697,53	sabot	0,010600	23	9	3,
poudre	0,016750	15,5	9	58,23	6,53	682,42	6,51	669,60	sabre	0,010600	23	9	8,
lièvre	0,016750	15,5	9	71,34	6,52	680,22	6,61	740,07	toit	0,010600	23	9	33
barque	0,016750	15,5	9	53,23	6,53	683,40	6,67	786,67	tortue	0,010600	23	9	4,
<i>Moyenne</i>				<i>67,44</i>	<i>6,53</i>	<i>686,94</i>	<i>6,55</i>	<i>701,95</i>	<i>Moyenne</i>				<i>13</i>
veau	0,016750	15,5	10	24,74	6,54	693,62	6,46	638,69	raisin	0,010600	23	10	4,
grue	0,016750	15,5	10	13,42	6,55	700,40	6,55	702,00	beurre	0,010600	23	10	24
drap	0,016750	15,5	10	26,63	6,54	692,81	6,65	773,07	brebis	0,010600	23	10	5
haie	0,016750	15,5	10	25,04	6,54	693,49	6,63	755,00	cadeau	0,010600	23	10	18
parc	0,016750	15,5	10	62,88	6,53	683,40	6,44	627,73	chaise	0,010600	23	10	48
ours	0,016750	15,5	10	265,53	6,50	667,92	6,50	666,87	drap	0,010600	23	10	18
hache	0,016750	15,5	10	37,47	6,54	689,05	6,72	830,85	filet	0,010600	23	10	19
gorge	0,016750	15,5	10	51,76	6,53	685,52	6,50	666,92	fusil	0,010600	23	10	22
verre	0,016750	15,5	10	135,4	6,51	675,12	6,49	659,27	glace	0,010600	23	10	49
fusil	0,016750	15,5	10	63,68	6,53	683,27	6,57	709,92	gorge	0,010600	23	10	57
ruban	0,016750	15,5	10	26,8	6,54	692,74	6,68	797,25	grue	0,010600	23	10	2,
filet	0,016750	15,5	10	46,53	6,53	686,68	6,55	696,57	hache	0,010600	23	10	7,
glace	0,016750	15,5	10	168,49	6,51	672,77	6,47	642,60	haie	0,010600	23	10	10
brebis	0,016750	15,5	10	13,97	6,55	699,95	6,50	665,87	muscle	0,010600	23	10	7,
beurre	0,016750	15,5	10	61,35	6,53	683,67	6,50	662,64	ours	0,010600	23	10	12
cadeau	0,016750	15,5	10	91,69	6,52	679,31	6,44	627,87	parc	0,010600	23	10	27
muscle	0,016750	15,5	10	0,75	6,60	733,28	6,55	697,25	ruban	0,010600	23	10	11
viande	0,016750	15,5	10	74,76	6,52	681,52	6,44	624,21	veau	0,010600	23	10	10
raisin	0,016750	15,5	10	21,03	6,54	695,41	6,62	748,42	verre	0,010600	23	10	11
chaise	0,016750	15,5	10	79,31	6,52	680,88	6,61	746,09	viande	0,010600	23	10	33
<i>Moyenne</i>				<i>64,56</i>	<i>6,53</i>	<i>688,54</i>	<i>6,54</i>	<i>696,95</i>	<i>Moyenne</i>				<i>23</i>
pavé	0,016750	15,5	11	2,32	6,58	722,53	6,53	684,93	gant	0,010600	23	11	4,
gant	0,016750	15,5	11	12,69	6,56	703,26	6,54	695,00	bijou	0,010600	23	11	6,
camp	0,016750	15,5	11	43,48	6,54	689,62	6,58	720,29	camp	0,010600	23	11	43
képi	0,016750	15,5	11	16,94	6,55	700,04	6,88	977,00	canne	0,010600	23	11	16
cerf	0,016750	15,5	11	12,43	6,56	703,50	6,66	777,09	cendre	0,010600	23	11	7,
vélo	0,016750	15,5	11	144,44	6,52	676,58	6,54	691,64	cerf	0,010600	23	11	13
canne	0,016750	15,5	11	27,9	6,54	694,51	6,50	664,40	éclair	0,010600	23	11	19
bijou	0,016750	15,5	11	23,13	6,55	696,58	6,64	767,80	flamme	0,010600	23	11	26
forêt	0,016750	15,5	11	373,97	6,50	666,42	6,52	681,93	forêt	0,010600	23	11	72

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

front	0,016	750	15,5	11	60,19	6,53	686,06	6,46	641,69	front	0,010	600	23	11
tronc	0,016	750	15,5	11	40,1	6,54	690,51	6,56	704,07	grille	0,010	600	23	11
habit	0,016	750	15,5	11	42,81	6,54	689,79	6,59	729,14	habit	0,010	600	23	11
tuile	0,016	750	15,5	11	1,83	6,59	725,26	6,68	797,92	képi	0,010	600	23	11
éclair	0,016	750	15,5	11	31,32	6,54	693,23	6,61	743,40	miroir	0,010	600	23	11
grille	0,016	750	15,5	11	64,52	6,53	685,31	6,43	619,43	pavé	0,010	600	23	11
réveil	0,016	750	15,5	11	51,1	6,53	687,85	6,52	679,36	réveil	0,010	600	23	11
miroir	0,016	750	15,5	11	67,11	6,53	684,88	6,53	688,07	tiroir	0,010	600	23	11
cendre	0,016	750	15,5	11	5,3	6,57	713,10	6,53	688,42	tronc	0,010	600	23	11
flamme	0,016	750	15,5	11	42,56	6,54	689,86	6,51	670,47	tuile	0,010	600	23	11
tiroir	0,016	750	15,5	11	17,78	6,55	699,50	6,59	727,83	vélo	0,010	600	23	11
<i>Moyenne</i>					<i>54,10</i>	<i>6,54</i>	<i>694,92</i>	<i>6,57</i>	<i>717,49</i>	<i>Moyenne</i>				
Adults(2)	A	K	Age	AdA	F	In (RTt)	RTt (ms)	In (RTo)	Rto (ms)	Adults(2)	A	K	Age	AdA
arme	0,019	750	62	7	31,81	6,48	648,80	6,50	666,07	raisin	0,019	750	62	10
balle	0,019	750	62	7	31,81	6,48	648,80	6,56	704,40	beurre	0,019	750	62	10
barbe	0,019	750	62	7	29,71	6,48	649,66	6,49	656,47	brebis	0,019	750	62	10
bébé	0,019	750	62	7	26,74	6,48	650,99	6,46	641,80	cadeau	0,019	750	62	10
café	0,019	750	62	7	96,06	6,45	635,03	6,52	680,73	chaise	0,019	750	62	10
classe	0,019	750	62	7	114	6,45	632,92	6,48	649,43	drap	0,019	750	62	10
fleuve	0,019	750	62	7	29,71	6,48	649,66	6,40	599,67	filet	0,019	750	62	10
foudre	0,019	750	62	7	10	6,50	663,54	6,52	678,20	fusil	0,019	750	62	10
lait	0,019	750	62	7	44,9	6,47	644,47	6,42	614,47	glace	0,019	750	62	10
lapin	0,019	750	62	7	10,42	6,50	663,01	6,43	619,20	gorge	0,019	750	62	10
lion	0,019	750	62	7	16,94	6,49	656,78	6,51	669,64	grue	0,019	750	62	10
moulin	0,019	750	62	7	14,52	6,49	658,75	6,47	647,93	hache	0,019	750	62	10
plante	0,019	750	62	7	19,97	6,48	654,69	6,48	648,80	haie	0,019	750	62	10
poire	0,019	750	62	7	6,42	6,51	669,27	6,44	623,60	muscle	0,019	750	62	10
poupée	0,019	750	62	7	10,9	6,50	662,43	6,41	606,43	ours	0,019	750	62	10
rive	0,019	750	62	7	23,61	6,48	652,56	6,62	752,31	parc	0,019	750	62	10
salade	0,019	750	62	7	8,87	6,50	665,08	6,41	610,60	ruban	0,019	750	62	10
sucre	0,019	750	62	7	26,71	6,48	651,00	6,42	614,67	veau	0,019	750	62	10
tige	0,019	750	62	7	11,52	6,49	661,72	6,53	685,31	verre	0,019	750	62	10
vigne	0,019	750	62	7	11,42	6,50	661,83	6,46	637,67	viande	0,019	750	62	10
<i>Moyenne</i>					<i>28,80</i>	<i>6,48</i>	<i>654,05</i>	<i>6,48</i>	<i>650,37</i>	<i>Moyenne</i>				
lièvre	0,019	750	62	9	4,39	6,51	674,71	6,55	698,67	gant	0,019	750	62	11
ange	0,019	750	62	9	31,9	6,48	649,23	6,49	659,53	bijou	0,019	750	62	11
barque	0,019	750	62	9	16,81	6,49	657,35	6,48	652,77	camp	0,019	750	62	11
botte	0,019	750	62	9	5,55	6,51	671,65	6,48	654,80	canne	0,019	750	62	11
clou	0,019	750	62	9	5,97	6,51	670,70	6,52	680,40	cendre	0,019	750	62	11
épine	0,019	750	62	9	3,45	6,52	677,87	6,54	689,40	cerf	0,019	750	62	11
four	0,019	750	62	9	18,52	6,49	656,12	6,52	678,57	éclair	0,019	750	62	11
fruit	0,019	750	62	9	25,84	6,48	651,89	6,47	644,64	flamme	0,019	750	62	11
légume	0,019	750	62	9	1,52	6,53	688,75	6,44	624,00	forêt	0,019	750	62	11
loup	0,019	750	62	9	17,26	6,49	657,02	6,39	597,00	front	0,019	750	62	11

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

merle	0,019750	62	9	2,32	6,53	683,12	6,51	668,80	grille	0,019750	62	11	27
miel	0,019750	62	9	11,03	6,50	662,75	6,48	653,93	habit	0,019750	62	11	8,
mouche	0,019750	62	9	12,45	6,49	661,20	6,47	648,60	képi	0,019750	62	11	6,
nappe	0,019750	62	9	13,16	6,49	660,48	6,59	728,33	miroir	0,019750	62	11	37
navire	0,019750	62	9	27,52	6,48	651,09	6,57	715,00	pavé	0,019750	62	11	8,
poudre	0,019750	62	9	21,35	6,48	654,31	6,43	622,50	réveil	0,019750	62	11	16
sabot	0,019750	62	9	3,65	6,52	677,13	6,49	658,07	tiroir	0,019750	62	11	17
sabre	0,019750	62	9	8,97	6,50	665,42	6,55	699,79	tronc	0,019750	62	11	16
toit	0,019750	62	9	33,03	6,48	648,79	6,50	663,00	tuile	0,019750	62	11	2
tortue	0,019750	62	9	4,35	6,51	674,83	6,59	725,87	vélo	0,019750	62	11	13
<i>Moyenne</i>				<i>13,45</i>	<i>6,50</i>	<i>664,72</i>	<i>6,50</i>	<i>668,18</i>	<i>Moyenne</i>				<i>22</i>

Annexe 5. Liste des stimuli inclus dans la quatrième étude.

- Mots introduits dans les différentes listes expérimentales

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

Mots de 5 lettres				
L1	L2	L3	L4	L5
école	ruche	merle	lilas	patin
forêt	niche	canon	ruban	fléau
boîte	astre	sueur	bâton	hêtre
matin	perle	avion	fusil	orgue
sapin	moine	linge	rayon	étang
lapin	tasse	pluie	métal	bijou
clown	soupe	union	doigt	autel
train	nuage	odeur	filet	péril
fleur	piste	salle	santé	chêne
poule	pomme	amour	vertu	deuil
purée	plume	heure	pièce	tronc
hibou	crime	bille	façon	océan
balai	balle	épine	canif	proie
salon	reine	botte	hache	bière
leçon	coupe	larme	conte	salut
vache	élève	tigre	sabre	chair
texte	poche	nappe	foire	appel
soeur	sable	encre	allée	choix
poing	arbre	corde	guide	front
géant	oncle	vitre	tente	geste
malle	chien	tache	voile	grâce
jouet	ligne	toile	pêche	tuile
taupe	étude	lutte	volet	ouate
sucre	ville	tombe	chute	veine
livre	sorte	foule	glace	barre
terre	suite	signe	mètre	péché
route	filie	force	ombre	règne
table	ordre	doute	cause	trace
colle	reste	chose	bruit	masse
herbe	noeud	brume	peine	cours

Mots de 7 Lettres				
L1	L2	L3	L4	L5
école	ruche	merle	lilas	patin
forêt	niche	canon	ruban	fléau
boîte	astre	sueur	bâton	hêtre
matin	perle	avion	fusil	orgue
sapin	moine	linge	rayon	étang
lapin	tasse	pluie	métal	bijou
clown	soupe	union	doigt	autel
train	nuage	odeur	filet	péril
fleur	piste	salle	santé	chêne
poule	pomme	amour	vertu	deuil
purée	plume	heure	pièce	tronc
hibou	crime	bille	façon	océan
balai	balle	épine	canif	proie
salon	reine	botte	hache	bière
leçon	coupe	larme	conte	salut
vache	élève	tigre	sabre	chair
texte	poche	nappe	foire	appel
soeur	sable	encre	allée	choix
poing	arbre	corde	guide	front
géant	oncle	vitre	tente	geste
malle	chien	tache	voile	grâce
jouet	ligne	toile	pêche	tuile
taupe	étude	lutte	volet	ouate
sucre	ville	tombe	chute	veine
livre	sorte	foule	glace	barre
terre	suite	signe	mètre	péché
route	filles	force	ombre	règne
table	ordre	doute	cause	trace
colle	reste	chose	bruit	masse
herbe	noeud	brume	peine	cours

Pseudo-mots

Les effets d'Age d'Acquisition de la forme orthographique des mots : illusion ou réalité ?

Pseudo-mots de 5 lettres		Pseudo-mots de 7 lettres	
Non homophones	Homophones	Non homophones	Homophones
toms	tamps	châtaur	châtaus
robue	robau	fintôme	fentôme
poito	fauto	autorne	autonne
plade	plaje	crapauf	crapaut
siroc	sirot	tecreau	torreau
radif	radit	tablaur	tablaut
drabe	krabe	pistine	pissine
landi	lindi	receute	receite
fimme	famme	verpent	cerpent
achar	achas	brinche	brenche
bivou	bizou	fromake	fromaje
stelo	stilo	jardin	jardain
mocto	motto	deussin	deissin
lézan	lézar	naturge	nature
banon	balon	coblère	collère
luste	lyste	matinsé	matinné
imabe	imaje	muviue	muzique
croil	croid	chinson	chenson
annoc	anner	semuine	semeine
bieur	queur	journal	journer
minge	cinge	gouleur	kouleur
zoude	koude	méraclé	myracle
nuige	naige	villape	villaje
poupu	poupé	plince	plenche
stato	statu	chumbre	chembre
ugine	uzine	cabince	cabinne
fecte	fotte	cheival	cheuval
cafré	caffé	saclade	sallade
peuri	peure	retoura	retoure
usabe	usaje	chemoin	chemain
pimbe	gembe	incrier	ancier
pagon	vagon	moinaur	moinaut
orafe	oraje	lunuite	lunaite
repan	repat	tabliau	tabliée
fruil	fruis	plaisir	pleisir
dinre	janre	proirie	preirie
objou	objai	mélonge	mélenge
bripe	brize	bouquoi	bouquai
limpe	lempe	victame	victyme
vadre	kadre	tulipre	tulippe
lunse	lunne	trésori	trésore

Annexe 5. Liste des stimuli inclus dans la quatrième étude.

oisuc	oisot	minutre	minutte
gibin	gibié	troupte	troupe
métic	métié	rougime	raigime
jouru	joure	glarine	pharine
gamon	gason	pentime	sentime
duite	daite	chamaur	chamaut
Pseudo-mots de 5 lettres		Pseudo-mots de 7 lettres	
Non homophones	Homophones	Non homophones	Homophones
invie	anvie	teineau	tauneau
consé	conjé	refroin	refrein
gruin	grein	saxesse	sajesse
ridal	ridot	magabin	magazin
vrise	krise	ateliau	ateliée
danve	dance	minteau	menteau
gorfe	gorje	ondroit	androit
débun	débus	pondule	pandule
soifi	soife	zouloir	kouloir
riave	reive	parmure	parrure
toube	toufe	espoira	espoire
boret	bonet	preutre	praitre
bergo	bergé	refruge	reffuge
ronve	ronse	souhair	souhais
outin	outit	tombour	tembour
épour	épous	saurure	sairure
foyau	foyée	lidière	lizière
huine	heine	madesté	magesté
aciou	aciée	estoman	estomat
sanne	kanne	paradio	paradie
arout	arait	respout	respait
déhir	dézir	marleur	malleur
kivre	jivre	lungage	lengage
rumme	rumme	gruisse	greisse
ruile	raule	remoude	remaide
citré	citté	moition	moitier
abure	alure	fourmin	fourmie
musal	musot	espanse	espasse