

Préparation à la lecture des jeunes enfants : effets de l'exploration visuo-haptique des lettres et de la perception visuelle des mouvements d'écriture

Anne Hillairet de Boisferon¹, Florence Bara²,
Edouard Gentaz^{*1}, et Pascale Colé²

¹ CNRS, Laboratoire Psychologie et NeuroCognition, UMR 5105,
Université Pierre Mendès France

² CNRS, Laboratoire Psychologie et NeuroCognition, UMR 5105, Université de Savoie

RÉSUMÉ

L'ajout de l'exploration visuo-haptique et haptique des lettres dans des entraînements de préparation à la lecture améliore la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique chez les enfants de 5 ans. Pour mieux comprendre la nature de cet effet bénéfique, trois entraînements proposant également des activités destinées à développer la conscience phonémique, la connaissance des lettres et des associations graphème/phonème sont évalués. Ces trois entraînements se différencient par la manière dont les lettres sont explorées. Les lettres sont explorées visuellement et haptiquement dans l'entraînement HVAM (haptique-visuel-auditif-métaphonologique), visuellement et donc globalement dans l'entraînement VAM (visuel-auditif-métaphonologique), et visuellement mais avec une séquentialité biologique (une main trace une lettre) dans l'entraînement VAM-biologique (visuel-auditif-métaphonologique-biologique). Une amélioration similaire après les trois entraînements est observée dans le test d'identification de lettres et dans les épreuves de conscience phonémique. Mais le nombre de pseudo-mots décodés est plus important après l'entraînement HVAM qu'après les entraînements VAM et VAM-biologique (qui ne diffèrent pas). Ces résultats montrent donc que la perception visuelle d'un mouvement biologique d'écriture ne permet pas d'expliquer les effets bénéfiques de l'ajout de la modalité haptique sur le décodage des enfants et suggèrent que c'est l'exploration visuo-haptique et haptique des lettres qui en est responsable *per se*.

*Correspondance : Dr. Edouard Gentaz, CNRS, Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, SHS, Domaine Universitaire, Université Pierre Mendès France, 1251 avenue centrale, BP 47, 38040 Grenoble Cedex 9. E-mail : Edouard.Gentaz@upmf-grenoble.fr

Remerciements. Ce travail a bénéficié du soutien du Centre National de la Recherche Scientifique, de l'Université Pierre Mendès France (Grenoble II) et de l'Université de Savoie. Nous remercions les directeurs, instituteurs et enfants des écoles maternelles Anatole France (Fontaine) et Ampère (Grenoble) pour leur participation à cette étude.

Preparation of young children to read: Effects of visual-haptic exploration of letters and visual perception of writing motions

ABSTRACT

The incorporation of a visuo-haptic and haptic exploration of letters in reading training programs facilitates 5-year-old children's understanding and use of the alphabetic principle. In order to understand the nature of this positive effect, the sequentiality of the exploration was investigated by means of three trainings which also proposed to develop phonemic awareness and letter knowledge. These three trainings differed only on the way the letters were explored. The letters were explored visually and haptically in "HVAM" training (haptic-visual-auditory-metaphonological), only visually thus globally in "VAM" training (visual-auditory-metaphonological), and visually but in a biological sequential way in "VAM-biological" training (visual-auditory-metaphonological-biological). Similar improvements in the phonemic awareness tests and in the letter knowledge test were observed after each intervention. However, the mean number of decoded pseudo-words was higher after HVAM training than after both VAM and VAM-biological training (which did not differ). The present results show that visual perception of writing biological motion can not explain the positive effects of the incorporation of the haptic modality on young children decoding skills. This also suggests that the haptic exploration of letters *per se* was responsible for these improvements.

1. INTRODUCTION

Cette recherche a pour objectif de déterminer ce qui, dans l'exploration visuo-haptique et haptique des lettres incluse dans des entraînements de préparation à la lecture, est responsable des effets bénéfiques observés sur la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique chez des enfants en grande section de maternelle (Gentaz, Colé & Bara, 2003 ; Bara, Gentaz, Colé & Sprenger-Charolles, 2004).

De nombreuses recherches ont étudié les facteurs qui permettent de prédire la réussite dans l'acquisition de la lecture avant le début de son apprentissage formel. Ainsi, ces recherches ont mis en évidence que les habilités métaphonémiques ou conscience phonémique (capacité à concevoir que les mots parlés sont constitués d'unités élémentaires, les sons de parole ou phonèmes et à les manipuler intentionnellement) et la connaissance des lettres constituent les meilleurs prédicteurs de la réussite future en lecture (voir par exemple la méta-analyse de 61 études effectuée par Scarborough, 2001). Ces deux capacités permettent de comprendre le principe des écritures alphabétiques, dans lesquelles les sons de parole (ou phonèmes) sont représentés à l'aide de symboles visuels que sont les lettres (ou graphèmes) et d'apprendre les associations graphèmes/phonèmes nécessaires pour décoder les mots écrits via l'utilisation d'une

procédure grapho-phonémique. Cette procédure est considérée comme le socle de la lecture experte car c'est à partir de sa mise en œuvre que la procédure lexicale (qui consiste à identifier les mots écrits directement à partir de l'analyse de leur structure orthographique) peut se développer (voir les travaux de Share, 1999). Ainsi, par exemple, l'étude longitudinale de Sprenger-Charolles, Siegel, Béchenec & Serniclaes (2003) (mais voir aussi Sprenger-Charolles, Colé, Béchenec & Kipffer-Piquard, 2005) montre que, dès le milieu de la première année d'apprentissage de la lecture, les enfants utilisent la procédure de décodage grapho-phonémique et c'est seulement à la fin de cette année que les premiers signes de la mise en œuvre de la procédure lexicale sont observés.

La transparence des orthographes se répercute sur l'utilisation de la procédure de décodage grapho-phonémique. Ainsi l'étude de Seymour, Aro et Erskine (2003), conduite dans 14 pays européens, montre que les enfants qui apprennent dans une orthographe opaque (telle que celle de l'anglais) ont des scores toujours plus faibles en lecture de pseudo-mots (qui témoigne du recours au décodage grapho-phonémique) par rapport aux non anglophones apprenant dans des orthographes plus transparentes (comme celle de l'espagnol ou de l'italien et même du français). Ces résultats suggèrent donc des difficultés de mise en œuvre de la procédure grapho-phonémique. Des recherches inter-langues montrent dans ce sens que celle-ci est utilisée plus précocement dans une orthographe transparente (Defior, Justicia & Marcos, 1994 ; Goswami, Ziegler, Dalton, & Schneider, 2001 ; Sprenger-Charolles, Siegel & Bonnet, 1998) et qu'une orthographe opaque pourrait conduire l'apprenti lecteur à utiliser plus précocement une procédure lexicale (identification directe du mot à partir de son orthographe) ou à la prise en compte d'unités plus larges que les graphèmes tels que les rimes par exemple (Goswami, Gombert & Barrera, 1998 ; voir également pour une revue de questions, Ziegler & Goswami, 2005 ; Sprenger-Charolles, 2004 et Sprenger-Charolles & Colé, sous presse ; Sprenger-Charolles, Colé & Serniclaes, 2006).

La mise en œuvre du décodage grapho-phonémique est donc cruciale pour l'apprentissage de la lecture dans une écriture alphabétique parce qu'elle permet à terme une identification des mots écrits rapide, précise et automatique, indispensable à la compréhension en temps réel de ce qui est lu (Sprenger-Charolles & Colé, 2005). Aux toutes premières étapes de l'apprentissage de la lecture, le décodage grapho-phonémique est dépendant des habilités métaphonémiques et de la connaissance des lettres de l'apprenti lecteur et des études montrent que lorsque celles-ci sont développées dans un même entraînement, les progrès en lecture sont alors les plus importants (Byrne & Fielding-Barnsley, 1989, 1990, 1991 ; Bara *et al.*, 2004).

Dans une première étude, Gentaz *et al.* (2003) ont évalué les effets de deux entraînements qui proposent de façon commune des activités destinées à développer la conscience phonologique ainsi que la connaissance des lettres et des associations graphème/phonème chez des enfants de grande section de maternelle mais qui se distinguent par le type d'exploration qui sous-tend le travail sur l'identité des lettres. Ainsi, l'entraînement dénommé HVAM (Haptique-Visuel-Auditif-Métaphonologique) sollicite les modalités haptique, visuelle et auditive et l'entraînement dénommé VAM (Visuel-Auditif-Métaphonologique) les modalités visuelle et auditive. Plus précisément, le travail sur l'identité des lettres est basé sur une exploration visuo-haptique et haptique séquentielle dans l'entraînement HVAM et sur une exploration visuelle globale dans l'entraînement VAM. On constate une amélioration similaire après les deux entraînements dans les tests de conscience phonologique (test de rimes et d'identification de phonèmes en position initiale et finale dans les mots) et d'identification de lettres. En revanche, on observe une amélioration du décodage de pseudo-mots plus important après l'entraînement HVAM qu'après l'entraînement VAM. L'ensemble de ces résultats suggère donc que l'ajout de la modalité haptique dans ce type d'entraînement amplifie les effets bénéfiques sur la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique chez les jeunes enfants, telles que mesurées par la tâche de décodage de pseudo-mots.

Ces résultats peuvent s'expliquer par les différentes spécificités fonctionnelles des modalités sensorielles sollicitées (cf. Hatwell, Streri & Gentaz, 2000). En effet, la séquentialité de l'exploration induite par la modalité haptique pourrait expliquer ces effets bénéfiques : son ajout obligerait l'enfant à traiter les lettres de manière plus séquentielle et donc plus analytique que lorsque les lettres sont présentées visuellement. L'exploration haptique faciliterait alors l'élaboration des connexions entre les représentations orthographiques des lettres, traitées visuellement, et les représentations phonologiques des sons correspondants, traités auditivement. Ces résultats peuvent également s'expliquer par la composante motrice inhérente à la modalité haptique.

Dans une seconde étude, Bara *et al.* (2004) ont donc tenté de déterminer si les effets bénéfiques observés après l'entraînement HVAM pouvaient s'expliquer par la séquentialité de l'exploration des lettres elle-même (indépendamment des modalités sensorielles sollicitées) ou par l'exploration visuo-haptique et haptique *per se*. Trois entraînements, se différenciant par les modalités sensorielles sollicitées (visuelle, auditive et haptique) et par la manière d'explorer les lettres (séquentiellement ou globalement) ont ainsi été comparés. Les entraînements HVAM (incluant

une exploration haptique et visuo-haptique séquentielle des lettres) et VAM (incluant une exploration visuelle globale des lettres) utilisés par Gentaz *et al.* (2003) ont été proposés aux enfants. Un nouvel entraînement dénommé VAM-séquentiel a été introduit dans lequel les lettres sont présentées visuellement mais de manière séquentielle. Plus précisément, les lettres sont présentées aux enfants sur un écran d'ordinateur et s'inscrivent progressivement et à vitesse constante. Pour évaluer le rôle de la séquentialité indépendamment des modalités sensorielles sollicitées, l'ordre d'exploration des lettres correspondant au sens de l'écriture est imposé dans les entraînements HVAM et VAM-séquentiel alors qu'il est global et sans ordre fixe dans l'entraînement VAM. Par ailleurs, la modalité haptique induit une exploration de lettre active et intentionnelle via la motricité (entraînement HVAM) alors que la modalité visuelle induit une exploration moins contrôlée cognitivement et davantage passive dans les entraînements VAM-séquentiel et VAM. Cette comparaison permet ainsi d'évaluer le rôle de l'exploration haptique *per se*.

Les résultats révèlent une amélioration similaire après les trois entraînements dans les trois tests de conscience phonologique et de connaissance de lettres et confirment ainsi les résultats observés dans l'étude précédente (Gentaz *et al.*, 2003). Bien que le nombre moyen de pseudo-mots décodés augmente significativement pour les trois types d'interventions, il reste néanmoins plus important après l'entraînement HVAM qu'après les entraînements VAM-séquentiel et VAM (qui ne diffèrent pas significativement). Ces résultats suggèrent donc que ce n'est pas l'exploration séquentielle des lettres indépendamment des modalités sensorielles qui explique l'amélioration des performances en décodage mais l'exploration visuo-haptique et haptique *per se*.

Cependant, une autre explication de l'absence d'effet de la condition VAM-séquentiel peut être proposée : elle considère que dans cet entraînement les lettres s'inscrivent à l'écran à vitesse constante, ce qui ne correspond pas à un mouvement « naturel » d'écriture. Or, nous savons que les mouvements humains d'écriture obéissent à des lois de production motrice telle que la loi de puissance $2/3$ qui définit les liens existants entre la vitesse du mouvement et la courbure de sa trajectoire (Lacquaniti, Terzuolo & Viviani, 1983). Ainsi, lors de la production d'une lettre (le *l* par exemple), la vitesse de traçage a tendance à augmenter lorsque le rayon de courbure diminue et lorsque celle-ci augmente. D'après les « théories motrices de la perception visuelle » inspirées de la théorie motrice de la perception de la parole (Liberman & Mattingly, 1985), les processus perceptifs seraient influencés et guidés par la connaissance que les sujets ont des règles de fonctionnement de leurs propres mouvements

(pour une revue, voir Viviani, 2002). Les informations temporelles et plus particulièrement l'organisation cinématique du mouvement joueraient un rôle décisif. Ces informations seraient à l'origine non seulement de l'identification des mouvements mais également de la prédiction de l'identité de mouvements pas encore réalisés. En ce qui concerne l'identification des mouvements, lorsque la forme de la trajectoire et son profil de vitesse ne respectent pas les lois de production des mouvements humains, des phénomènes d'illusions perceptives apparaissent. Ainsi, un spot lumineux sur un écran, décrivant la trajectoire d'un cercle mais ayant le profil de vitesse d'une ellipse est perçu comme une ellipse. Ces résultats montrent que la cinématique du mouvement a une influence directe sur la perception de la forme (Viviani et Stucchi, 1989, 1992). Néanmoins, ce type de recherche a été mené uniquement auprès d'adultes. En ce qui concerne la prédiction de l'identité de mouvements d'écriture, Orliaguet, Kandel et Boë (1997) ont montré l'importance des informations cinématiques (e.g. accélération, décélération) par rapport aux informations spatiales (e.g. la forme). Ainsi, les adultes prédisent mieux l'identité de la lettre (e ou ℓ) qui suit la lettre l lorsqu'ils disposent des informations cinématiques biologiques que lorsqu'ils disposent uniquement des informations spatiales (Kandel, Orliaguet & Viviani, 2000).

Si les informations cinématiques d'un mouvement d'écriture d'une lettre jouent un rôle dans son identification visuelle, on peut alors faire l'hypothèse que le non-respect de la cinématique biologique des lettres dans l'entraînement VAM-séquentiel pourrait être responsable de l'absence d'effet observé par Bara *et al.* (2004). Le premier objectif de la recherche est donc de répondre à cette question en proposant un entraînement qui respecte les mouvements biologiques des lettres et que nous appellerons VAM-biologique. Dans ce but, nous avons repris et amélioré l'entraînement VAM-séquentiel de Bara *et al.* (2004) de manière à ce que les lettres se dessinent en accord avec l'ensemble des caractéristiques des mouvements biologiques. Plus précisément, la mise en place de cet entraînement nous permettra de recueillir des données plus précises concernant l'effet de la séquentialité de l'exploration et de déterminer (notre 2^e objectif) si les effets positifs observés après l'entraînement HVAM sur le décodage peuvent être expliqués par l'exploration séquentielle des lettres indépendamment des modalités perceptives impliquées ou par l'exploration haptique *per se*. Ainsi, si le travail d'exploration séquentielle est responsable des améliorations en décodage, nous devrions observer des performances de décodage similaires dans le groupe VAM-biologique et dans le groupe HVAM et des performances inférieures dans le groupe VAM. En revanche, si l'exploration haptique est responsable en elle-même des améliorations,

alors les performances en décodage devraient être meilleures dans le groupe HVAM que dans les deux autres groupes (qui ne devraient pas différer). Enfin, pour les tests d'identification de lettres et de phonèmes, quelle que soit l'hypothèse testée, nous nous attendons, comme dans nos études précédentes (Bara *et al.*, 2004 ; Gentaz *et al.*, 2003) à observer une amélioration similaire des performances après les trois entraînements.

2. MÉTHODE

2.1. Participants

Trente trois enfants (15 filles et 18 garçons) d'âge moyen 5 ans et 7 mois (de 5 ans et 2 mois à 6 ans et 1 mois) ont participé à cette recherche. Seuls les enfants qui ont participé à toutes les séances d'entraînement ont été pris en compte pour l'analyse des résultats (9 enfants ont été retirés de l'échantillon de départ). Ces enfants sont scolarisés dans deux classes de grande section de maternelle d'écoles différentes de Grenoble. Tous les enfants appartiennent à des milieux socio-économiques moyens. Dans chaque classe, les enfants des trois groupes d'entraînements ont été appariés le plus strictement possible sur les caractéristiques suivantes : âge, capacités métaphonémiques, niveau de vocabulaire (EVIP), niveau de performance non verbale (carrés du WPPSI), connaissance des lettres de l'alphabet et décodage de pseudo-mots. Des tests *t* de *Student* visant à vérifier la répartition équivalente des sujets entre les groupes ont été effectués. Les valeurs *t* ainsi obtenues se sont révélées non significatives pour chacun des critères. Les résultats des prétests sont reportés dans le tableau I.

Tableau I. Caractéristiques des enfants avant les entraînements dans chacun des groupes moyennes et écart-types (entre parenthèses).

Table I. Characteristics of the children in each group before the interventions means and standard deviations (in parenthesis).

Entraînement	Âge moyen (mois)	EVIP	Carré du WPPSI	Identification de lettres (/26)
HVAM	64	64,54 (11,76)	26,72 (4,81)	13,00 (5,67)
VAM-biologique	64	62,9 (11,73)	25,45 (4,37)	11,27 (5,76)
VAM	65	64,45 (9,94)	27,27 (5,56)	8,36 (7,51)

2.2. Matériel et procédure

Les séances d'entraînement portent sur sept phonèmes choisis en fonction de leur fréquence d'apparition dans la langue française (Rondal, 1997). Ainsi, les phonèmes choisis (/a/, /i/, /r/, /l/, /t/, /p/) comptent parmi les 11 plus fréquents de la langue française avec néanmoins une exception (/b/). Nous avons également choisi de travailler des correspondances graphème/phonème qui sont extrêmement régulières. Ce choix a été effectué afin de faciliter le travail des enfants. Les sessions d'entraînement débutent par l'étude des phonèmes associés aux graphèmes « a », et « i » et qui correspondent aux voyelles les plus fréquentes en français (en fait les deux phonèmes les plus fréquents de la langue française) mais également à des sons plus facilement identifiables perceptivement que les consonnes. Puis les séances se poursuivent avec les phonèmes /r/ et /l/ qui renvoient aux deux consonnes les plus fréquentes de la langue française et continuent avec les phonèmes correspondants aux lettres « t » et « p » et se terminent avec /b/. Le choix de travailler la correspondance grapho-phonémique « b » se motive par le fait qu'il s'agit d'une correspondance difficile et, ce pour deux raisons au moins. D'une part, la lettre « b » peut se confondre visuellement par rotation avec les lettres « p » et « d », et d'autre part, par rapport, aux autres phonèmes étudiés, le phonème /b/ : est la seule consonne occlusive non voisée, difficilement prononçable et identifiable en isolat.

2.2.1. Prétests et post-tests

Les capacités métaphonémiques, le niveau de connaissance des lettres et le niveau de décodage sont évalués chez les enfants de manière individuelle une à deux semaines avant et après les entraînements. Les capacités métaphonémiques sont testées à l'aide de deux tests d'identification de phonèmes en position initiale et finale dans les mots. Pour chacun de ces tests, des images en noir et blanc représentant des mots familiers et faciles à identifier sont présentées (une description détaillée du matériel est fournie en annexe 1). Chaque test est précédé de trois essais avec feedback afin de s'assurer que les enfants ont bien compris la consigne. *Test d'identification de phonèmes en position initiale* : Quatre images sont présentées à l'enfant. À chaque essai l'expérimentateur montre une première image, la pose sur la table et énonce le mot qu'elle représente. Ce premier mot est utilisé par l'enfant pour trouver parmi les trois autres images, celle qui correspond au mot qui commence par le même son. Par exemple : « haricot » est le premier mot et l'enfant doit choisir parmi « éléphant, avion, télévision ». Les différents essais portent sur chacun des phonèmes faisant l'objet des entraînements. À chaque essai la position de l'item cible est contrôlée afin d'éviter la mise en place de stratégies de réponse basées sur l'ordre de présentation des images. Un point par bonne réponse est attribué (note sur 7).

Test d'identification de phonèmes en position finale : Le même principe est utilisé à la différence que l'enfant doit retrouver le mot qui finit par le même son que le mot présenté en premier. Par exemple l'expérimentateur présente le mot « colombe » et l'enfant doit choisir parmi les mots « tigre, vélo, herbe ». On attribue un point par bonne réponse (note sur 7).

Test d'identification des lettres de l'alphabet : L'expérimentateur énonce le nom des lettres une par une de façon aléatoire et l'enfant doit indiquer sur des planches, représentant cinq lettres écrites en caractère cursif dans un ordre différent de celui de l'alphabet, la lettre qu'il a entendue (le but étant de réduire le nombre d'erreurs dues à une recherche trop étendue de la lettre parmi 26). Chaque bonne réponse est notée un point. En prétest les 26 lettres de l'alphabet sont testées alors qu'en post-test, seules les 7 lettres faisant l'objet de l'entraînement sont testées (note sur 7). L'objectif du pré-test sur les 26 lettres était d'obtenir une mesure générale des connaissances des lettres de l'alphabet des enfants.

Test de décodage de pseudo-mots : Les pseudo-mots sont composés uniquement des lettres étudiées pendant les entraînements. Il est précisé aux enfants que les mots sont inventés. Trois des douze pseudo-mots présentés sont composés de deux lettres (par exemple « ba »), six de trois lettres (par exemple « ila ») et trois de quatre lettres (par exemple « tiba »). On attribue un point pour chaque pseudo-mot lu correctement (note sur 12).

2.2.2. Les entraînements

Trois groupes équivalents de 11 enfants ont été constitués en fonction de leur âge et des résultats obtenus aux prétests dans les épreuves suivantes : tests d'habiletés métaphonémiques, niveau de vocabulaire (EVIP), niveau de performance non verbale (carrés du WPPSI), connaissance des lettres de l'alphabet et décodage de pseudo-mots. Un entraînement spécifique est administré à chacun des groupes par le même expérimentateur : HVAM, VAM-biologique ou VAM. Chaque entraînement est composé de huit séances, une séance hebdomadaire pour chaque lettre et une séance de révision finale. Une lettre et un son sont étudiés de la même façon à chaque séance (mêmes activités dans le même ordre). Les phonèmes étudiés sont présentés des plus fréquents aux moins fréquents dans la langue française : le /a/ lors de la première séance, puis le /i/, le /r/, le /l/, le /t/, le /p/ et enfin le /b/. Les séances d'entraînement durent approximativement 25 minutes et se déroulent à l'école dans des salles isolées du bruit. Les enfants sont assis par petits groupes de 5 à 6 autour d'une table ronde, face à l'expérimentateur, de manière à favoriser les interactions. L'expérimentateur veille à solliciter chacun des enfants lors des différentes activités. Chaque entraînement inclut les mêmes activités métaphonémiques : comptine, posters et jeux de cartes (voir annexe 2 pour une description détaillée du matériel). La différence concerne les différentes modalités sensorielles sollicitées et la manière d'explorer les lettres.

2.2.2.1. L'entraînement HVAM

La comptine et l'activité d'identification des lettres : Chaque séance débute par la lecture de la comptine qui contient un grand nombre de fois le son correspondant à la lettre étudiée. Le but est de sensibiliser l'enfant au son à l'aide de petites histoires amusantes, faciles à se rappeler et à répéter. L'expérimentateur lit la comptine et demande aux enfants de repérer le son qui revient le plus souvent et sur lequel portera la séance. Si aucun enfant ne parvient à identifier le son cible, l'expérimentateur le leur dévoile. Les enfants répètent alors chaque phrase après leur énonciation pour se familiariser avec le son étudié. Pour favoriser l'apprentissage

des associations graphème/phonème, une petite lettre mobile est distribuée à chaque enfant, après la comptine. Il s'agit de petites lettres en plastique que les enfants peuvent manipuler librement et qu'ils gardent en main pendant les activités sur les posters. Les lettres *a* et *r* mesurent 2,3 cm de haut, la lettre *i*, 3 cm et les lettres *l*, *t*, *p* et *b*, 4,5 cm.

Les posters : Les enfants travaillent ensuite sur deux panneaux de 50 x 65 cm sur lesquels sont collées six images de 20 x 15 cm. Le premier panneau est composé de trois images qui correspondent aux mots commençant par le son cible et de trois images correspondant aux mots distracteurs. L'expérimentateur place ce premier poster face aux enfants et énonce le nom de chacune des images en veillant à ne pas prononcer l'article devant le mot afin d'éviter toute confusion. Chaque enfant doit trouver les mots commençant par le son étudié pendant la séance et venir les chuchoter à l'oreille de l'expérimentateur, pour que tous les enfants puissent participer. Lorsque chaque enfant a trouvé au moins un mot, les réponses sont révélées au groupe et discutées avec les enfants afin de déterminer si elles sont correctes ou non. L'expérimentateur installe ensuite le poster comprenant les images qui correspondent aux mots finissant par le son cible et répète le même protocole.

Les activités visuo-haptique et haptique d'exploration des lettres : Des grandes lettres en mousse de couleur, collées sur un support en carton plume (20 x 27 cm) sont ensuite distribuées à chacun des enfants et fixées sur la table face à eux. Les lettres *a* et *r* mesurent 5,5 cm de haut, la lettre *i* 8 cm et les lettres *l*, *t*, *p*, et *b* 11 cm. Les enfants doivent dans un premier temps explorer la lettre librement avec leurs doigts puis on leur demande de suivre avec leur index le sens de l'écriture (figure 1). L'exploration tactile est réalisée par chaque enfant deux ou trois fois les yeux ouverts puis les yeux fermés. L'expérimentateur observe et contrôle la manière dont chaque enfant explore la lettre. La même activité est ensuite réalisée avec les petites lettres. Il s'agit de petites lettres en plastique identiques aux lettres mobiles collées sur une plaque de carton plume de 10 x 11 cm. Deux tailles de lettres sont utilisées afin de faciliter l'apprentissage et l'exploration des lettres. En effet, les mouvements d'amplitude moyenne impliquant le système main-bras-épaule sont plus faciles à contrôler avec précision que les mouvements de faible amplitude (Hatwell *et al.*, 2000). Les grandes lettres, qui induisent des mouvements d'amplitude moyenne, aident les enfants à réussir la tâche de poursuite visuo-manuelle et leur fournissent en plus de la manière d'explorer les lettres, des indices proprioceptifs pour coder les orientations spatiales. Ceci facilite alors l'exploration des petites lettres qui nécessitent des mouvements de faible amplitude. Une fois l'exploration haptique terminée, une tâche de reconnaissance tactile de la petite lettre est proposée. Un cache à deux ouvertures (une première pour que l'enfant glisse ses mains et une seconde pour que l'expérimentateur puisse observer les mouvements exploratoires) est positionné sur la lettre à laquelle est ajoutée une seconde lettre qui lui ressemble graphiquement. Les enfants doivent alors explorer les deux lettres sans contrôle visuel et discriminer la lettre étudiée de la lettre distractive. La lettre *a* est associée à la lettre distractive *e*, le *i* au *u*, le *r* au *n*, le *l* au *k*, le *t* au *b*, le *p* au *q* et le *b* au *l*. S'ils ne parviennent pas à identifier correctement la lettre, l'expérimentateur leur suggère de prendre davantage de temps pour explorer les lettres.

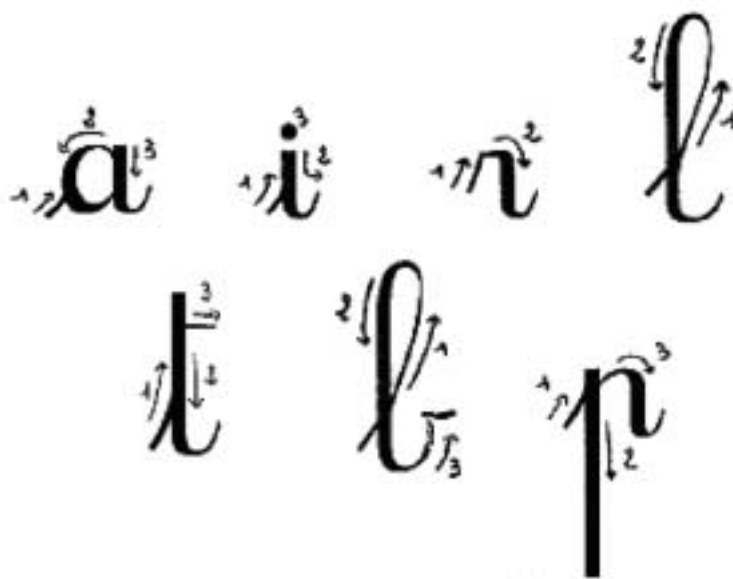


Figure 1. Typographie de chaque lettre. Les flèches numérotées indiquent l'ordre d'exploration des lettres.

Figure 1. The typography of each letter. The numbers inscribed above the arrows indicated the order exploration of letters.

Les jeux de cartes : la séance se termine par deux jeux de cartes. Les jeux sont composés d'images représentant six mots cibles qui débutent ou se terminent par le son étudié ainsi que deux mots distracteurs. Les cartes sont disposées sur la table, face visible, et l'expérimentateur énonce le nom de chacun des mots représentés. Les enfants choisissent alors, chacun à leur tour, une carte représentant un mot qui débute par le son étudié pour le premier jeu ou qui finit par le son cible pour le second. Si un enfant se trompe, le choix est discuté en groupe et après des explications, l'enfant qui a fait l'erreur peut piocher une nouvelle carte. Le jeu se termine lorsqu'il ne reste plus de cartes cibles disponibles.

2.2.2.2. L'entraînement VAM

La comptine et l'activité d'identification des lettres : la comptine est la même que celle présentée dans l'entraînement HVAM. Après la comptine, l'expérimentateur distribue à chaque enfant une carte d'exploration visuelle et leur montre l'orientation correcte de la lettre. Chaque lettre est imprimée sur un morceau de papier collé sur une petite carte. La taille des lettres est la même que pour l'activité d'identification dans l'entraînement HVAM. L'expérimentateur demande aux enfants de suivre des yeux le tracé de la lettre et de se concentrer sur la forme, les

lignes et les courbures de celle-ci. Les cartes représentant la lettre cursive à apprendre restent visibles pendant l'activité suivante (posters).

Les posters : les deux posters présentés sont identiques à ceux de l'entraînement HVAM.

Les activités visuelles d'exploration des lettres : Les enfants réalisent une tâche de reconnaissance visuelle sous la forme d'un jeu de barrage où ils doivent cocher la lettre étudiée. Une feuille (format A4) sur laquelle sont imprimées quatre lignes de onze lettres cibles et lettres distractrices (qui partagent des caractéristiques physiques avec la lettre cible) est distribuée aux enfants. Chaque ligne de lettres contient trois types de lettres distractrices (dans le but d'augmenter la difficulté de l'activité, l'utilisation d'une seule lettre distractrice rendant la tâche de discrimination visuelle trop facile et rapide) et un nombre variable de lettres cibles (afin d'éviter l'utilisation de stratégies basées sur le nombre d'item à barrer). Nous avons utilisé 17 exemplaires de la lettre cible et 9 exemplaires de chaque lettre distractrice. La lettre cible *a* est associée aux lettres distractrices *c*, *e* et *x*; la lettre *i* aux lettres *o*, *u* et *v*; la lettre *r* aux lettres *m*, *n* et *s*; la lettre *t* aux lettres *b*, *d* et *k*; la lettre *l* aux lettres *d*, *k* et *t*; la lettre *p* aux lettres *g*, *j* et *q* et la lettre *b* aux lettres *h*, *k* et *l*.

Le jeu de pioche : Afin de rendre équivalent la durée et le nombre d'activités entre les entraînements, un jeu de carte supplémentaire est proposé. Les cartes sont disposées face cachée sur la table et les enfants en piochent une chacun à leur tour. Chaque jeu est composé de 16 cartes de 7 x 5 cm représentant la lettre cible en quatre exemplaires (deux rouges et deux noires) et trois types de lettres distractrices en quatre exemplaires chacune (deux rouges et deux noires). Les lettres distractrices associées aux lettres cibles sont les mêmes que celles utilisées pour le jeu de barrage. Les enfants doivent juger si la lettre qu'ils ont piochée correspond à la lettre étudiée ou à une lettre distractrice, en la mettant dans une des deux boîtes placées face à eux (soit celle de la lettre cible, soit celle des lettres distractrices). Lorsqu'un enfant fait une erreur, l'avis des autres enfants est demandé et après des explications, il peut piocher une autre lettre.

Les jeux de carte : Les deux jeux de cartes sont les mêmes que dans l'entraînement HVAM.

2.2.2.3. L'entraînement VAM-biologique

Le matériel et le déroulement de la séance sont les mêmes que pour l'entraînement VAM mais la lettre bien que présentée visuellement l'est de manière séquentielle. La lettre est tracée séquentiellement sur un écran d'ordinateur (en noir sur fond blanc). Il s'agit d'un enregistrement vidéo d'un véritable mouvement d'écriture. Les instantanés pris par la caméra préservent ainsi les caractéristiques spatiales et temporelles du mouvement biologique filmé. Une fois la lettre entièrement dessinée par un acteur, elle reste immobile et visible à l'écran pendant 2 secondes puis disparaît durant 25 millisecondes et recommence à se dessiner (figure 2). La taille des lettres à l'écran est de 4,5 cm pour le *a*, le *i* et le *r*, de 9,5 cm pour le *b*, le *l* et le *p* et de 9 cm pour la lettre *t*. Les temps (en secondes) mis pour dessiner chaque lettre est : pour le *a* : 7 s., pour le *i* : 6 s., pour le *r* : 5,25 s., pour le *b* : 7,45 s., pour le *l* : 5,75 s., pour le *p* : 8 s. et pour le *t* : 7,5 s. L'expérimentateur demande aux enfants de suivre des yeux le tracé de la lettre et de porter leur attention sur la forme, les lignes et les courbures de celle-ci.



Figure 2. Extraits du film présentant au cours d'une séance de l'entraînement VAM-biologique l'écriture naturel d'un «*l*».

Figure 2. Example of drawn letter with biological movement on a computer screen

2.2.2.4 La séance de révision

À l'issue des sept séances d'entraînements les enfants participent à une séance de révision. La séance débute par rappel des sept lettres étudiées et des sept sons correspondants. Les enfants effectuent une exploration visuelle, visuelle séquentielle ou haptique des lettres qui dépend du type d'entraînement suivi. Dans l'entraînement HVAM les enfants doivent suivre les contours de chacune des lettres en mousse avec les doigts, yeux ouverts puis yeux fermés. Dans l'entraînement VAM les enfants explorent visuellement chaque lettre. Enfin, dans l'entraînement VAM-biologique les enfants regardent chacune des lettres se dessiner progressivement sur l'écran. La séance se poursuit par un jeu de dominos (voir la présentation du matériel en annexe 3). Les dominos sont composés de deux images placées côte à côte. Toutes les images représentent des mots qui commencent ou finissent par les sept sons étudiés pendant les entraînements. Deux jeux de dominos sont proposés, le premier correspondant aux mots qui commencent par un des sons étudiés et le second aux mots qui finissent par un de ces sons. Les dominos sont disposés, en deux fois (afin de faciliter la recherche et la mémorisation des mots), face visible sur la table et chaque image est nommée. L'expérimentateur pose le premier domino et les enfants doivent, chacun à leur tour, attacher un nouveau domino afin que les images juxtaposées commencent ou finissent par le même son. Cet entraînement métaphonologique permet de réactiver mais également de vérifier les connaissances des enfants sur les différents sons appris pendant les entraînements.

4. RÉSULTATS

4.1. Décodage de pseudo-mots

Le nombre moyen de pseudo-mots (et les écart-types) correctement décodés par les enfants avant et après les entraînements est présenté dans le tableau II.

Une ANCOVA 3 (entraînement) x 2 (période) sur le nombre de pseudo-mots correctement décodés a été réalisée, avec comme covariants les performances aux prétests de vocabulaire, des carrés du WPPSI, de connaissance de lettres et aux deux tests métaphonémiques. Cette analyse révèle un effet principal significatif de la période $F(1,30) = 32,64$, $p < .01$: les enfants décodent davantage de pseudo-mots après les entraînements ($M = 3,06$) qu'avant ($M = 0,57$). L'effet principal du type d'entraînement est significatif $F(2,25) = 4,82$, $p < .05$ de même que l'interaction (entraînement x période) $F(2,30) = 5,85$, $p < .01$.

Rappelons que les hypothèses alternatives concernant l'amélioration des performances en décodage de pseudo-mots après l'entraînement HVAM sont les suivantes : si le travail d'exploration séquentielle est responsable des améliorations en décodage, nous devrions observer des performances de décodage similaires dans le groupe VAM-biologique et dans le groupe HVAM et des performances inférieures dans le groupe VAM. En revanche, si l'exploration haptique est responsable en elle-même des améliorations, alors les performances en décodage devraient être meilleures dans le groupe HVAM que dans les deux autres groupes (qui ne devraient pas différer). Afin de tester ces hypothèses alternatives, nous avons effectué les comparaisons planifiées suivantes : respectivement, $HVAM > VAM$ -biologique = VAM et $HVAM = VAM$ -biologique $> VAM$. Les deux contrastes n'étant pas orthogonaux, nous avons appliqué une correction de seuil de Boole-Bonferroni ($\alpha = .25$). La première comparaison est significative $F(1,24) = 8,79$, $p < .01$ et son résidu se révèle non significatif $F(1,24) = 0,49$, ns, $MSe = 4,47$. Enfin, la deuxième comparaison $F(1,24) = 3,77$, ns, n'est pas significative et son résidu significatif $F(1,24) = 6,18$, $p < .05$, $MSe = 4,47$. Le nombre de pseudo-mots correctement décodés est donc significativement plus élevé après l'entraînement HVAM ($M = 5,54$) qu'après l'entraînement VAM-biologique ($M = 2,27$) et VAM ($M = 1,36$), qui ne diffèrent pas significativement entre eux.

Tableau II. Nombre moyen (et écart-types) de pseudo-mots correctement décodés (max. 12) avant et après chaque entraînement.

Table II. Mean number (and standard deviations) of decoded pseudo-words (max. 12) before and after each intervention.

Entraînement	Pré-test	Post-test
HVAM	1,00 (1,48)	5,54 (3,88)
VAM-biologique	0,45 (0,69)	2,27 (3,20)
VAM	0,27 (0,65)	1,36 (1,63)

4.2. Identification des sept lettres cibles

Le tableau III présente le nombre moyen (et les écart-types) de lettres cibles identifiées par les enfants avant et après les entraînements.

Une ANCOVA 3 (entraînement) x 2 (période) sur le nombre de lettres cibles identifiées a été réalisée, avec comme covariants les performances aux prétests en vocabulaire (EVIP), carrés du WPPSI, tests métaphonémiques et décodage de pseudo-mots. Cette analyse révèle un effet principal de la période significatif $F(1,30) = 83,85, p < .01$: les enfants identifient davantage de lettres après les entraînements ($M = 4,69$) qu'avant ceux-ci ($M = 2,78$). L'effet principal du type d'entraînement $F(2,25) = 0,86, ns.$ et l'interaction (entraînement x période) $F(2,30) = 1,31, ns.$ ne sont pas significatifs.

Tableau III. Nombre moyen (et écart-types) de lettres reconnues (max. 7) avant et après chaque entraînement.

Table III. Mean number (and standard deviations) of recognized letters (max. 7) before and after each intervention.

Entraînement	Prétest	Post-test
HVAM	3,27 (1,19)	4,60 (1,74)
VAM-biologique	2,90 (1,13)	5,00 (1,41)
VAM	2,18 (1,94)	4,48 (2,36)

4.3. Capacités métaphonémiques

Le nombre moyen de bonnes réponses (et écart-types) aux deux tests métaphonémiques avant et après les entraînements sont représentés dans les tableaux IV.

4.3.1. Test d'identification de phonèmes en position initiale dans les mots

Une ANCOVA 3 (entraînement) x 2 (période) sur le nombre de bonnes réponses au test d'identification de phonème en position initiale a été réalisée, avec comme covariants les performances aux prétests en vocabulaire (EVIP), carrés du WPPSI, connaissance de lettres et décodage de pseudo-mots. Cette analyse révèle un effet principal significatif de la période $F(1,30) = 47,95, p < .01$: les performances des enfants sont

supérieures après les entraînements ($M = 5,75$) qu'avant ceux-ci ($M = 3,90$). L'effet principal du type d'entraînement $F(2,25) = 0,58$, ns. et l'interaction (entraînement x période) $F(2,30) = 0,36$, ns. ne sont pas significatifs.

4.3.2. Test d'identification de phonèmes en position finale dans les mots

Une ANCOVA 3 (entraînement) x 2 (période) sur le nombre de bonnes réponses au test d'identification de phonème en position finale a été réalisée, avec comme covariants les performances aux prétests en vocabulaire (EVIP), carrés du WPPSI, connaissance de lettres et décodage de pseudo-mots. Cette analyse révèle un effet principal significatif de la période $F(1,30) = 77,96$, $p < .01$: les performances des enfants sont supérieures après les entraînements ($M = 4,99$) qu'avant ceux-ci ($M = 3,33$). L'effet principal du type d'entraînement $F(2,25) = 1,12$, ns. n'est pas significatif mais l'interaction (entraînement x période) est significative $F(2,30) = 3,43$, $p < .05$. Les tests post-hoc de Newman-Keuls montrent, curieusement (et de façon difficilement interprétable), que les enfants qui ont suivi l'entraînement VAM-biologique améliorent davantage leurs performances entre le pré-test et le post-test que ceux qui ont suivi les entraînements HVAM et VAM ($p < .01$).

Tableau IV. Scores moyens et (écart-types) dans les deux tests métaphonémiques avant et après chaque entraînement.

Table IV. Mean scores (and standard deviations) obtained in the two metaphonemic tests before and after each intervention.

Test x Entraînement	Pré-test	Post-test
Phonème initial (max.7)		
HVAM	3,90 (2,17)	6,00 (1,00)
VAM-biologique	3,45 (1,44)	5,36 (1,03)
VAM	4,36 (1,80)	5,90 (1,22)
Phonème final (max.7)		
HVAM	3,54 (1,04)	5,72 (1,10)
VAM-biologique	2,72 (1,56)	4,54 (1,37)
VAM	3,72 (1,42)	4,72 (1,62)

5. DISCUSSION

L'objectif de cette recherche était de comprendre plus précisément le rôle de la séquentialité de l'exploration des lettres dans l'amélioration des performances en décodage obtenues consécutivement à un entraînement sollicitant l'exploration haptique de lettres en relief. Pour répondre à cette question, nous avons comparé trois entraînements de préparation à la lecture : HVAM, VAM et VAM-biologique auprès d'enfants en grande section de maternelle. Ces entraînements développent de façon commune les capacités métaphonémiques des enfants mais diffèrent par les modalités sensorielles sollicitées (visuelle, auditive et haptique) ainsi que par la manière d'explorer les lettres (simultanée ou séquentielle). Pour l'entraînement VAM-biologique les lettres se dessinaient selon un mouvement biologique d'écriture. Nous avons mesuré les performances des enfants avant et après chaque type d'entraînement en utilisant deux tests mesurant les capacités métaphonémiques (les tests d'identification de phonèmes en position initiale et finale), un test de connaissance de lettres et enfin un test décodage de pseudo-mots.

Nous avons observé un progrès des performances pour tous les tests administrés après chaque entraînement. Ces résultats sont en accord avec les études précédentes qui montrent que les programmes qui développent à la fois les habilités d'analyse phonémique et la connaissance des lettres et des correspondances graphème/phonème favorisent la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique nécessaire au décodage des mots écrits (Bus & Van Ijzendoorn, 1999 ; Castles & Coltheart, 2004 ; Ehri *et al.*, 2001). Cependant, l'amplitude des progrès dépend du type d'entraînement, c'est-à-dire du type de modalité sollicitée et de la manière d'explorer les lettres, mais également du type de connaissances évaluées. Ainsi, nous avons observé un progrès des performances similaires après les trois entraînements pour les tests métaphonémiques et le test d'identification de lettres mais plus important pour le test de décodage de pseudo-mots après l'entraînement HVAM qu'après les entraînements VAM et VAM-biologique.

Plus précisément, les tests d'identification de phonèmes en position initiale et finale permettent de mesurer les capacités métaphonémiques acquises par les enfants au cours des sessions d'entraînement. Les résultats confirment nos hypothèses. Les trois types d'entraînements ont permis une augmentation similaire des performances entre les prétests et les post-tests pour les tests métaphonémiques (à une exception près et qui est difficilement interprétable). Ce résultat s'explique par le fait que les activités proposées sont les mêmes quel que soit l'entraînement suivi par les

enfants. Après les trois interventions, les enfants ont donc atteint un certain niveau d'habiletés métaphonémiques.

Le test de décodage de pseudo-mots permet une évaluation du niveau de compréhension du principe alphabétique et de son utilisation. En effet, la réussite à ce test requiert l'application des correspondances graphème/phonème travaillées au cours des différentes sessions d'entraînement. À l'inverse, un échec à cette épreuve suggère une difficulté à utiliser ce principe alphabétique mais ne préjuge pas du niveau de compréhension de ce principe. On constate que les performances des enfants ont significativement augmenté entre les prétests et les post-tests pour chaque entraînement. Cependant, l'entraînement HVAM donne lieu à de meilleures performances que l'entraînement VAM. Ce résultat montre, comme le suggèrent Bara *et al.* (2004) et Gentaz *et al.* (2003), que l'exploration visuo-haptique et haptique des lettres serait plus efficace qu'une simple exploration visuelle pour comprendre et utiliser le principe alphabétique et par conséquent pour développer des habiletés de décodage chez les enfants. Cette interprétation générale découle indirectement des études qui montrent que les compétences métaphonémiques et la connaissance des lettres, en grande section de maternelle, constituent les meilleurs facteurs prédictifs de la réussite en lecture un an plus tard soit au cours de la première année de lecture (voir par exemple, Muter, Hulme, Snowling & Taylor, 1998). C'est au cours de cette année que l'on considère généralement que les habiletés de décodage des mots écrits se développent parmi lesquelles la procédure de décodage grapho-phonémique (voir par exemple, Sprenger-Charolles *et al.* 2003, 2005).

Le résultat original de cette expérience réside dans les performances observées après l'entraînement HVAM : elles se révèlent supérieures à celles observées après l'entraînement VAM-biologique (qui ne diffère pas significativement de l'entraînement VAM). On constate que l'exploration visuelle séquentielle des lettres ne permet pas d'obtenir les mêmes effets bénéfiques que l'exploration haptique séquentielle même lorsque les lettres se dessinent en respectant les lois de production motrice. Le fait qu'on obtienne des résultats similaires consécutivement à la perception d'un mouvement conforme ou non aux règles de production motrice pourrait s'expliquer par l'hypothèse selon laquelle la perception visuelle des mouvements dépendrait des capacités motrices des sujets et/ou de leur expérience visuelle. En effet, les enfants de 5 ans bénéficient d'une expérience visuelle des mouvements d'écriture réduite et n'ont pas encore acquis un geste d'écriture qui suit les mêmes lois motrices que l'adulte (cf. Bara, Gentaz & Colé, 2006). Il est donc probable que les enfants ne tiennent pas compte dans nos entraînements des informations contenues dans la cinématique

du mouvement et s'appuient davantage sur la forme visuelle du tracé de la lettre. Cette interprétation est corroborée par des résultats récents qui montrent que les enfants de 7 ans ne sont pas capables de tirer parti de l'information contenue dans la cinématique de la première lettre pour prévoir l'identité de la lettre qui suit (Louis-Dam, Kandel & Orliaguet, 2000). Ces résultats suggèrent que les capacités perceptives d'anticipation relèveraient en partie de l'expérience motrice des sujets.

Comme le suggèrent Bara *et al.* (2004), l'exploration manuelle des lettres volontairement initiée par les enfants serait la caractéristique principale pouvant expliquer l'efficacité de l'entraînement HVAM. Cet effet de la modalité haptique peut s'expliquer par le fait que les caractéristiques de l'exploration haptique chez les enfants de 5 ans semblent particulièrement bien adaptées pour percevoir de manière précise les objets. En effet, le sens haptique permet une meilleure discrimination des formes et des orientations (Itakura et Imamizu, 1994). De plus, on n'observe pas encore, à cet âge, la dominance de la vision sur le toucher qui reste encore la modalité perceptive préférentiellement utilisée pour explorer le monde et prendre connaissance des propriétés spatiales des objets (Hatwell *et al.*, 2000).

Les résultats obtenus au test d'identification de lettres montrent, comme attendu, une amélioration similaire du nombre moyen de lettres cibles correctement identifiées pour les trois entraînements. Comme dans les précédentes études, l'ensemble des résultats suggère que l'entraînement HVAM (et son exploration haptique des lettres *per se*) aide les enfants à mieux établir *les connexions* entre les représentations orthographiques des lettres et les représentations phonologiques des sons correspondants, améliorant ainsi leurs capacités de décodage. La conscience phonémique et la connaissance des lettres de l'alphabet sont des capacités indispensables à développer pour la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique et par conséquent pour développer les mécanismes du décodage de l'écrit. Cependant, dans notre expérience, les enfants identifient en moyenne 2,78 lettres avant les entraînements mais sont incapables de décoder les pseudo-mots ($M = 0,57$). Après les entraînements, les enfants identifient en moyenne 1,91 lettres de plus mais sont capables de décoder correctement 5,54 pseudo-mots en moyenne après une exploration haptique des lettres (HVAM) et seulement 2,27 après une exploration visuelle séquentielle (VAM-biologique) et 1,36 après une exploration visuelle simultanée (VAM) (résultats qui ne diffèrent pas significativement entre eux). Bien que les enfants identifient en moyenne le même nombre de lettres après les trois interventions, les enfants effectuant une exploration haptique et visuo-haptique sont plus capables d'utiliser cette connaissance pour décoder les pseudo-mots. On ne constate pas de supériorité de

l'entraînement HVAM dans la connaissance des lettres qui pourrait expliquer la supériorité observée pour le décodage de pseudo-mots par une meilleure connexion entre les représentations des lettres et les représentations des sons correspondants via notamment une activation des représentations des lettres plus rapide et automatique. En effet, l'utilisation de l'exploration haptique dans l'appréhension des lettres pourrait engendrer une meilleure mémorisation et identification de la forme des lettres. Dans cette perspective, Hulme (1981) suggère que l'exploration haptique des lettres implique un double codage en mémoire moteur et visuel. Ce double codage permettrait alors une activation plus rapide des représentations des lettres qui se sont développées à l'aide de multiples sources d'informations. Récemment, Longcamp, Zerbato-Poudou et Velay (2005) ont montré que lorsque des enfants de 5 ans sont entraînés à tracer manuellement des lettres, leur mémorisation et par conséquent leur identification sont facilitées. On peut alors penser que le test d'identification des lettres utilisé dans la présente expérience constitue une mesure globale de cette connaissance qui doit prendre en compte l'identification des lettres mais également la rapidité à les identifier (voir les travaux de Manis, Seidenberg et Doi, 1999). La rapidité d'activation des représentations des lettres n'a pas été évaluée dans notre étude et des recherches complémentaires sont donc nécessaires pour tester cette hypothèse.

En conclusion, l'ensemble des résultats permet de confirmer l'intérêt de l'ajout de la modalité haptique dans un entraînement qui combine un travail sur la connaissance des lettres et des associations graphème/phonème et un travail permettant de développer la conscience phonémique. La conséquence la plus notable de ce type d'entraînement est l'effet positif sur la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique et donc sur les capacités de décodage de pseudo-mots des enfants. Même si pour les trois interventions de nets progrès des connaissances des lettres et des sons ont été observés, les résultats ne mettent pas en évidence un effet positif supplémentaire de la séquentialité de l'exploration indépendamment des modalités sensorielles et confirment le rôle bénéfique de l'exploration haptique *per se*.

BIBLIOGRAPHIE

Bara, F., Gentaz, E., & Colé, P. (2006). Comment les enfants apprennent-ils à écrire et comment les y aider ? *In* P. Dessus

& E. Gentaz (Eds.), *Apprentissages et enseignement. Sciences cognitives et éducation* (pp. 9-24). Paris : Dunod.

- Bara, F., Gentaz, E., Colé, P., & Sprenger-Charolles, L. (2004). The visuo-haptic and haptic exploration of letters increases the kindergarten-children's reading acquisition. *Cognitive Development, 19*, 433-449.
- Bus, A. G., & Van Ijzendoorn, M. H. (1999). Phonological awareness and early reading: A meta-analysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology, 91*, 403-414.
- Byrne, B., & Fielding-Barnsley, R. (1989). Phonemic awareness and letter knowledge in child's acquisition of the alphabetic principle. *Journal of Educational Psychology, 81*, 313-321.
- Byrne, B., & Fielding-Barnsley, R. (1990). Acquiring the alphabetic principle: a case of teaching recognition of phoneme identity. *Journal of Educational Psychology, 82*, 805-812.
- Byrne, B., & Fielding-Barnsley, R. (1991). Evaluation of a program to teach phonemic awareness to young children. *Journal of Educational Psychology, 83*, 451-455.
- Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition, 91*, 77-111.
- Ehri, L. C., Nunes, S. R., Willows, D. M., Schuster, D. M., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Reading Research Quarterly, 36*, 250-287.
- Gentaz, E., Colé, P., & Bara, F. (2003). Évaluation d'entraînements multisensoriels de préparation à la lecture chez les jeunes enfants de grande section maternelle : étude sur la contribution du système haptique manuel. *L'Année Psychologique, 104*, 561-584.
- Hatwell, Y., Streri, A., & Gentaz, E. (2000). *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*. Paris : P.U.F.
- Hulme, C. (1981). *Reading retardation and multisensory teaching*. Londres : Routledge & Kegan Paul.
- Itakura, S., & Imamizu, H. (1994). An exploratory study of mirror-image shape discrimination in young children: vision and touch. *Perceptual and Motor Skills, 78*, 83-88.
- Kandel, S., Orliaguet, J.-P., & Viviani, P. (2000). Perceptual anticipation in handwriting: The role of implicit motor competence. *Perception and Psychophysics, 62*, 706-716.
- Lacquaniti, F., Tuerzuolo, C., & Viviani, P. (1983). The law relating the kinematic and figural aspects of drawing movements. *Acta Psychologica, 54*, 115-130.
- Lieberman, A.M., & Mattingly, I. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition, 21*, 1-36.
- Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.-T., & Velay, J.-L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. *Acta Psychologica, 119*, 67-79.
- Louis-Dam, A., Kandel, S., & Orliaguet, J.-P. (2000). Anticipation motrice et anticipation perceptive. *Psychologie Française, 45*, 333-342.
- Manis, F. R., Seidenberg, M. S., & Doi, L. M. (1999). See Dick RAN: Rapid naming and the longitudinal prediction of reading sub-skills in first and second graders. *Scientific Studies of Reading, 3*, 129-157.
- Muter, V., Hulme, C., Snowling, M., & Taylor, S. (1998). Segmentation not rhyming, predicts early progress in learning to read. *Journal of Experimental Child Psychology, 71*, 3-23.
- Orliaguet, J.P., Kandel, S., & Boë, L.J. (1997). Visual perception of cursive handwriting: Influence of spatial and kinematic information on the anticipation of forthcoming letters. *Perception, 26*, 905-912.
- Rondal, J. A. (1997). *L'évaluation du langage*. Liège : Mardaga.

- Scarborough, H. S. (2001). Connecting early language and literacy to later reading (di) abilities: Evidence, theory and practice. In S. B. Neuman & D. K. Dickinson (Eds.), *Handbook of early literacy research* (pp. 97-110). New York: Guilford Press.
- Sprenger Charolles, L. (2004). Linguistic processes in reading and spelling: The case of alphabetic writing systems: English, French, German and Spanish. In T. Nunes & P. Bryant (Eds.), *Handbook of Children's Literacy* (pp. 43-65). Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Sprenger Charolles, L., & Colé, P. (2005, réédition de 2003). *Lecture et dyslexie : approche cognitive*. Paris: Dunod.
- Sprenger Charolles, L., & Colé, P. (sous-presses). Incidence de certaines caractéristiques de l'orthographe sur l'apprentissage de la lecture. In F. Martineau, Y. C. Morin & A. Desrochers (Eds.), *Normes et pratiques orthographiques*. Ottawa : David Editions.
- Sprenger Charolles, L., Colé, P., & Serniclaes, W. (2006). *Reading acquisition and développemental dyslexia*. London : Psychology Press.
- Sprenger Charolles, L., Colé, P., Béchenec, D., & Kipffer-Piquard, A. (2005). French normative data on reading and related skills from EVALEC, a new computerized battery of tests (end Grade1, Grade 2, Grade 3, and Grade 4). *European Journal of Applied Psychology*, 55, 157-186.
- Sprenger Charolles, L., Siegel, L. S., Béchenec, 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, 194-217.
- Sprenger-Charolles, Siegel, L. S., & Bonnet, P. (1998). Phonological mediation and orthographic factors in reading and spelling. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 134-155.
- Viviani, P. (2002). Motor competence in the perception of dynamic events. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Common mechanisms in perception and action: Attention and performance* (pp. 406-442). Oxford : Oxford University Press.
- Viviani, P., & Stucchi, N. (1989). The effect of movement velocity on form perception: Geometric illusions in dynamic displays. *Perception and Psychophysics*, 46, 266-274.
- Viviani, P., & Stucchi, N. (1992). Biological movements look uniform: Evidence of motor perceptual interactions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 603-623.
- Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131 (1), 3-29.

ANNEXES

Annexe 1 : Matériel des prétests et des post-tests

Lettres a, i, r, l, t, p, b

Pseudo-mots

li, ti, ba, ita, ari, abi, iba, ila, ipa, rapi, tiba, lati

Identification de phonèmes en position initialeEntraînement :

canard / couteau – nuage – gâteau

nez / noix – feu – cartable

singe / salade – verre – clou

Test :

-a- haricot / avion – télé – éléphant

-i- iris / île – vase – gomme

-r- roseau / roue – ciseaux – poupée

-l- lézard / lavabo – peigne – collier

-t- table / torchon – bonnet – peluche

-p- pain / poussette – marteau – cerise

-b- bague / bouée – chemise - stylo

Identification de phonèmes en position finaleEntraînement :

trousse / brosse – roi – fruits

orange / cage – manteau – croissant

douche / peluche – gant - classeur

Test :

-a- koala / compas – fauteuil – short

-i- lit / toupie – clé – pomme

-r- poire / voiture – chaussons – balle

-l- cheval / bulle – camion – éponge

-t- noisette / carte – glace – livre

-p- lampe / taupe – montre – escargot

-b- colombe / herbe – vélo - tigre

Annexe 2 : Matériel des séances d'entraînement

Phonème /a/

Comptine

Marina et son papa
Mangent des glaces au chocolat
Oh lala, oh lala,
Il n'y en aura pas pour le repas
C'est pas grave,
À la place, il y aura
De l'ananas

Posters

Phonème en position initiale
Cibles : abeille, allumettes, abricot
Distracteurs : fauteuil, chameau, gâteau

Phonème en position finale
Cibles : pizza, rat, caméra
Distracteurs : violon, fraise, skieur

Cartes

Phonème en position initiale : arc, ardoise, araignée, hache, anneau, argent
Phonème en position finale : pas, chocolat, cobra, cadenas, chat

Phonème /i/

Comptine

Une souris sur un tapis
Grignotait un p'tit radis
Grise était la souris
Rose était le radis
Mais le gros chat mistigri
A mangé la p'tite souris
Et il a laissé le radis
Un radis ? Pour Mistigri

Posters

Phonème en position initiale
Cibles : igloo – hippopotame – hirondelle
Distracteurs : guitare – cadeau – champignon

Phonème en position finale

Cibles : riz – rôti – souris

Distracteurs : grenouille – sandwich – crayon

Cartes

Phonème en position initiale : hibou – île – immeuble – hippocampe – images – hiver

Phonème en position finale : scie – nid – fourmi – cadi – momie – radis

Phonème /r/

Comptine

Qui mang'ra du riz ?

C'est le roi, c'est le rat

C'est le roi des rats

Qui mang'ra du riz ?

Ni le roi, ni le rat

Ni le roi des rats

Posters

Phonème en position initiale

Cibles : rose - reine – robe

Distracteurs : masque – sac – dauphin

Phonème en position finale

Cibles : classeur – chaussures – cuillères

Distracteur : papillon – bouteille – escalier

Cartes

Phonème en position initiale : raisin – route – requin – râteau – radis – ruche

Phonème en position finale : peinture – castor – fleur – verre – beurre – guitare

Phonème /l/

Comptine

Léo doit se lever

Pour aller se laver

Il aimerait rester au lit

Mais aujourd'hui c'est lundi

Il met son pantalon

Son pull et son blouson

Boit son lait

Noue ses lacets

Et s'en va à l'école

Posters

Phonème en position initiale

Cibles : loup – luge – lapin

Distracteurs : renard – bottes – chaise

Phonème en position finale

Cibles : étoile – poule – sel

Distracteurs : toit – mouche – canard

Cartes

Phonème en position initiale : légo – lit – lion – louche – lait – lutin

Phonème en position finale : pendule – cagoule – bol – pelle – moules – journal

Phonème /t/Comptine

Titi tape sur son tambour

La taupe Tina terrifiée

Sort la tête de son terrier

« Arrête ton tapage »

Tu vas nous rendre toc toc

Mais Titi tape tape tape

Encore et toujours

Sur son p'tit tambour

Posters

Phonème en position initiale

Cibles : tortue – tomate – tambour

Distracteurs : chapeau – poisson – cerf

Phonème en position finale

Cibles : pâtes – boîte – lunettes

Distracteurs : soleil – cochon – poulet

Cartes

Phonème en position initiale : tasse – tableau – téléphone – tournevis – toit – tapis

Phonème en position finale : carotte – brouette – mouette – porte – veste

Phonème /p/Comptine

Pauvre petit papa

Parti pour Paris

Pour pêcher plusieurs
 Petits poissons pourris
 Passant par plusieurs
 Petits ponts
 Pour pêcher plusieurs
 Petits poissons

Posters

Phonème en position initiale
Cibles : parc – pinguin – piscine
Distracteurs : château – mouton – oie
 Phonème en position finale
Cibles : loupe – guêpe – écharpe
Distracteurs : balai – chèvre – citron

Cartes

Phonème en position initiale : parasol – pantalon – poule – pastèque –
 plante – piano
 Phonème en position finale : coupe – crêpe – soupe – jupe – tulipe – cape

Phonème /b/

Comptine

Bali balo sur un bateau
 Se balade sur l'eau du bain
 De Lisbonne à Bilbao,
 Buvant bon et buvant bien
 Bali barbotte sans bouée
 C'est ballot, il est tombé
 Avec ses bottes, son bonnet,
 Il bat l'eau comme un benêt

Posters

Phonème en position initiale
Cibles : bougie – baleine – bateau
Distracteurs : chien – journal – coq
 Phonème en position finale
Cibles : robe – globe – tube
Distracteurs : couteau – vache – hérisson

Cartes

Phonème en position initiale : batterie, balançoire, barque, ballon, bouton
 Phonème en position finale : cubes, globe, robe, crabe, tombe

Annexe 3 : Matériel de la séance de révision : les dominos

Phonèmes en position initiale

Tracteur / landau, laine / agrafeuse, arbre / tabouret
Tondeuse / hibou, hippopotame / biberon, baignoire / réveil
Radio / pieuvre, perroquet / arrosoir, anorak / train
Thermomètre / images, igloo / bracelet, berceau / règle
Rhinocéros / pouce, pinceaux / lessive, limace / toboggan

Phonèmes en position finale

Frites / colle, crocodile / panda, pyjama / marionnette
Casquette / ski, pie / tube, robe / ceinture
Hélicoptère / harpe, nappe / boa, soldat / flûte
Cravate / kiwi, tapis / cube, crabe / placard
Facteur / enveloppe, écharpe / ampoule, poubelle / cuvette