

Au delà des entraînements phonologiques de la dyslexie : traitement visuo-attentionnel versus stimulation intermodalaire

Barbara Joly-Pottuz & Michel Habib

Centre référent des troubles d'apprentissage, CHU Timone-Enfants, Marseille et
INCM, CNRS, Marseille.

Résumé

L'entraînement intensif phonologique des enfants dyslexiques a largement fait ses preuves, à la fois comme outil de prévention et de remédiation de leurs difficultés d'acquisition de la lecture. Cependant un certain nombre de questions restent non résolues. En premier lieu, il persiste un doute important sur la nature de la ou des composantes, au sein de ce qu'il est usuel d'appeler « tâches phonologiques » ou encore « méthodes phoniques », qui sont réellement impliquées dans les effets observés, dans la mesure où la majorité des outils disponibles font appel tout à la fois à des processus de nature auditive, visuelle et aussi intermodaux (transcodage grapho-phonémique). En outre, on peut également s'interroger sur l'effet potentialisant éventuel d'un entraînement non-phonologique sur celui d'exercices classiques de conscience phonologique, et le cas échéant du type d'entraînement qui serait le plus efficace.

Vingt-six enfants dyslexiques, âgés de 9 à 12 ans, ont reçu 6 semaines d'exercices phonologiques quotidiens, selon un protocole préalablement testé comme efficace sur les processus liés à la lecture. Chez la moitié

Correspondance : Dr M. Habib, Service de Neurologie Pédiatrique, CHU Timone-
enfants, 13385 Marseille, cedex5.
e-mail : michel.habib@univmed.fr

d'entre eux, ont également été réalisés des exercices visuels et visuo-spatiaux durant la même période, alors que l'autre moitié recevaient des exercices inclus dans un jeu vidéo destiné à entraîner les processus d'intégration audio-visuelle. Une large évaluation neuropsychologique a été réalisée avant et après les 6 semaines de traitement. Dans l'ensemble, tous les enfants ont amélioré significativement leurs performances en phonologie, en lecture et en orthographe. Les enfants ayant reçu le traitement intermodal se sont seulement améliorés sur une mesure du nombre d'erreurs orthographiques en dictée de texte, alors que ceux ayant bénéficié du traitement visuo-attentionnel et spatial ont significativement amélioré leurs performances en lecture, en particulier sur les tâches de reconnaissance de mots. Ainsi, chacune des deux méthodes semble avoir eu un effet adjuvant significatif qui incite à les utiliser en complément des traitements phonologiques classiques. Ces résultats possèdent également des implications intéressantes quant à la nature des mécanismes sous-jacents à l'origine du trouble dyslexique.

Mots-clés : dyslexie, transcodage, Phonedys®, intégration intermodali-taire, processus visuo-attentionnels, traitement, entraînement intensif

Key-words : dyslexia, transcoding, Phonedys®, cross-modal integra-tion, visuo-attentional processes, treatment, intensive training.

INTRODUCTION

L'enfant dyslexique est avant tout un enfant qui se trouve dans l'incapacité d'entrer dans la procédure de conversion grapho-phonémique : alors que les lettres elles-mêmes sont généralement (mais pas toujours parfaitement) distinguées et identifiées, alors que les phonèmes dans au moins une bonne partie des cas peuvent être distingués auditivement et répétés (dans la limite des capacités imposées par l'habituelle réduction de la mémoire de travail), c'est singulièrement la mise en relation des lettres

et des phonèmes qui apparaît comme l'élément fondamental du déficit. Et peut-être au-delà de ce déficit fondamental de la conversion grapho-phonémique se situerait un déficit encore plus basique ayant trait à la généralisation et à l'automatisation de cette procédure. En ce qui concerne les travaux traitant de la rééducation de ces enfants, la plupart incluent le travail de conversion grapho-phonémique à l'intérieur de celui plus large de la phonologie, dans des protocoles que les anglo-saxons qualifient volontiers d'entraînements "phoniques" ("phonics") de sorte qu'il est difficile de distinguer ce qui revient spécifiquement à chacune des composantes : la discrimination auditive des phonèmes, la conversion phonémique proprement dite, et enfin, la "conscience phonologique", elle-même étant un concept complexe et composite. Mais, si l'on regarde de près le contenu de ces méthodes, qu'il s'agisse d'outils généraux comme le "*auditory discrimination indepth*" ou "*embedded phonics*" (Torgesen, 2001) ou d'outils informatisés comme FastForward® ou Earobics®, on remarquera que toutes ces méthodes comportent une composante parfois très importante de stimulation visuelle soit à travers des tâches impliquant la conversion grapho-phonémique, soit de par la présentation même de l'outil dans le cas par exemple de jeux vidéos. De fait, de nombreuses observations convergent pour constater que l'effet d'un entraînement phonologique est considérablement amplifié si le travail purement phonologique se double d'un travail explicite sur la conversion grapho-phonémique (Ehri et al., 2001).

L'idée selon laquelle le déficit fondamental dans la dyslexie pourrait se situer au niveau du transcodage entre un stimulus visuel en l'occurrence le graphème et un stimulus auditif, le phonème, n'est pas nouvelle. Birch (1962) faisait déjà l'hypothèse que l'enfant dyslexique pouvait souffrir d'un décalage développemental dans l'établissement du transfert d'information entre les deux modalités. Ainsi Birch and Belmont (1964)

avaient observé que les faibles lecteurs obtenaient des performances insuffisantes lorsqu'ils avaient à associer des patterns rythmiques avec leurs représentations visuelles. Plus tard (Vellutino, 1979, 1987), cette interprétation a été contestée, les auteurs donnant leur préférence à une interprétation en termes de mémoire de travail. De fait, la majorité des auteurs, comme le rappellent Gang et Siegel (2002), attribuent les difficultés d'association entre un son et un symbole à un déficit en conscience phonologique ou un déficit mnésique. Dans une des études les plus élaborées sur ce thème, Gang et Siegel (2002) ont appris à des enfants dyslexiques et à des témoins appariés en âge chronologique et en âge de lecture à associer des non-mots avec des symboles ressemblant à des pseudo-lettres. Les enfants dyslexiques se sont avérés déficitaires sur cette tâche. En outre l'apprentissage a eu chez eux un effet négatif sur une tâche de mémoire visuelle ce que les auteurs expliquent comme une interférence entre l'information phonétique et la capacité à conserver en mémoire des informations visuelles.

Une version plus récente de ce point de vue est celle de la scientifique israélienne Svia Breznitz, pour qui le déficit spécifique de l'enfant dyslexique siègerait au niveau d'un asynchronisme subtil dans la mise en relation de la forme graphique et sonore des mots (Breznitz & Meyer, 2003). Enfin, tout récemment, l'équipe de Blomert, aux Pays-Bas, a démontré de façon élégante un déficit spécifique chez le dyslexique de la fonction d'intégration intermodalitaire du cortex temporal supérieur gauche, se traduisant par une incapacité de cette région de cortex chez le dyslexique à traiter de manière spécifique la congruence entre une lettre et le phonème qui lui correspond et à rejeter comme non congruentes des paires où la lettre et le phonème ne correspondent pas (Blau et al., 2009).

Concernant à présent les aspects rééducatifs qui nous concernent plus particulièrement ici, deux travaux nous semblent susceptibles d'ap-

porter un éclairage sur la capacité d'un entraînement intermodalitaire à améliorer les performances en lecture d'enfants dyslexiques : l'étude finlandaise de Kujala et al. (2001) et l'étude française de Magnan et al. (2004).

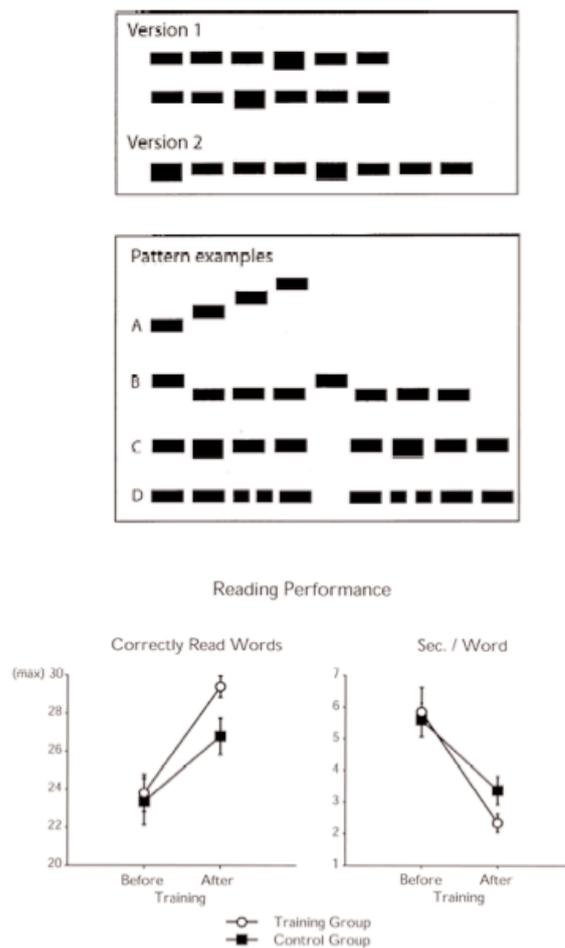
(1) Entraînement intermodalitaire chez des enfants dyslexiques : l'étude finlandaise

Kujala et al. (2001) ont sélectionné 48 enfants dyslexiques de 7 ans environ ; par tirage au sort, 24 de ces enfants ont reçu un entraînement spécifique et 24 ont été considérés comme groupe témoin. Les auteurs ne donnent pas de détails sur la rééducation dont a bénéficié le groupe témoin. L'entraînement du groupe expérimental a consisté en la pratique durant 10 mn deux fois par semaine et ce sur sept semaines d'un jeu vidéo dont le principe était basé sur l'apprentissage d'une association à priori arbitraire entre des sons non linguistiques ayant différentes caractéristiques (de durée, d'intensité ou de hauteur) et une représentation graphique de ces sons (sous la forme de traits de taille, épaisseur et position différentes).

Ce jeu consistait en l'association de rectangles (de 3 à 15) présentés horizontalement avec des sons musicaux, les modifications de durée, de hauteur et d'intensité des stimuli sonores étant associées à des changements perceptifs dans la dimension et la position des rectangles des rectangles présentés sur l'écran. Les auteurs utilisaient deux versions du jeu. Dans une première version, les deux patterns apparaissaient à l'écran. Après quelques secondes une séquence son était jouée, correspondant à l'un ou l'autre des patterns visuels, la tâche du sujet consistant précisément à identifier celui joué. Dans une seconde version, un seul pattern visuel était proposé à l'écran et ensuite le sujet pouvait entendre la séquence de sons lui correspondant. La tâche de l'enfant consistait alors à suivre de gauche à droite la séquence visuelle proposée et de se mani-

fester (appuyer sur la barre espace de l'ordinateur) dès lors que le dernier son correspondant au dernier patch visuel était joué. Les réponses correctes des enfants étaient renforcées par l'apparition d'un smiley et par un changement de couleur de l'écran alors qu'en cas de réponse erronée, le même pattern était représenté avec la réponse correcte attendue. L'en-

Figures N° 1 & 2: Etude de Kujala et al. 2001 : présentation du design expérimental et des résultats obtenus.



Figures N° 1 & 2: Kujala et al.'s 2001 study : experimental design and main results

entraînement consistait en 14 sessions de 10 minutes, deux fois par semaine durant 7 semaines. Les deux versions de l'entraînement étaient utilisées (la version 1 au cours des 4 premières sessions et la version 2 pour le reste de la durée de l'entraînement).

Un tel entraînement consistait donc à exercer spécifiquement la transcription auditivo-graphique sans utiliser aucun élément linguistique ni auditif, ni visuel, ni moteur. L'efficacité du traitement a été jugée sur une épreuve de lecture de mots, de même que sur l'amélioration de la performance au jeu informatique lui-même. Les résultats furent très spectaculaires puisque non seulement, bien entendu, les enfants du groupe expérimental amélioraient nettement leur performance au jeu vidéo, mais encore, les auteurs constatèrent une amélioration très significative dans une tâche de lecture de mots, à la fois sur le nombre d'erreurs et sur la vitesse de lecture.

Enfin, une partie des enfants ainsi entraînés ont également reçu un enregistrement des potentiels évoqués auditifs selon le paradigme de la MMN. Les auteurs insistent sur le fait que leurs résultats ne sont pas en faveur de la nature temporelle du trouble auditif central puisque l'amélioration a été obtenue à un niveau cortical très élémentaire sans que les exercices ne fassent appel à du matériel acoustiquement modifié, comme dans les travaux de l'équipe de Tallal. Ils signalent également que leurs résultats, tout en supportant l'idée d'une dysfonction auditive générale, suggèrent la nature intermodale du trouble chez le dyslexique. Enfin, ils conviennent de la nécessité dans les travaux ultérieurs d'un groupe contrôle recevant un entraînement d'autre nature pour que la comparaison soit vraiment pertinente.

(2) *Un entraînement auditif et visuel à la discrimination des sons (Magnan et al., 2004).*

Cette étude qui a l'avantage d'être une des rares études franco-phones en la matière, a utilisé un logiciel, Play-On®, de discrimination auditive et visuelle de paires minimales. Le but affiché était clairement de proposer à des enfants dyslexiques des exercices ludiques de discri-

Figure 3 : Etude de Magnan et al.(2004). Performances des sujets dyslexiques au test TIME 2

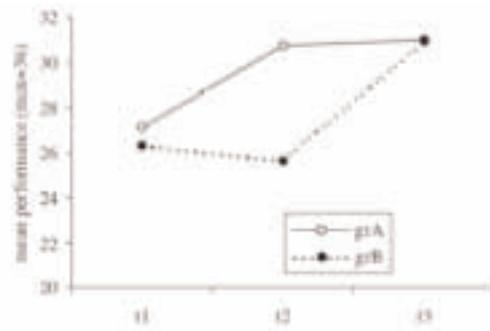


Figure 3 : Magnan et al.'s (2004) study. Performance of the dyslexic subjects at the TIME 2 test

Figure 4 : Etude de Magnan et Ecalle, 2006. Performances des sujets dyslexiques sur 4 tâches de conscience phonologique.

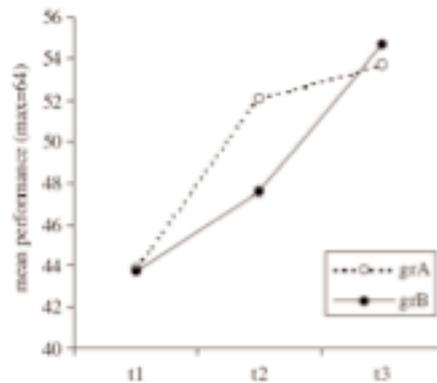


Figure 4 : Magnan et Ecalle's, 2006 study. Performance of dyslexic subjects on 4 phonological awareness tasks

mination de phonèmes. Pourtant, le principe des exercices était typiquement basé sur un entraînement intermodalitaire comportant pour chaque item une double entrée auditive et visuelle et une réponse motrice d'appui sur une touche.

Nous ne détaillons pas ici les caractéristiques précises de ce logiciel, qui seront reprises de manière exhaustive dans la partie méthodologique de notre propre étude. Signalons seulement que la durée choisie par les auteurs était de 10 heures d'entraînement réparties sur cinq semaines, deux fois quinze minutes par jour, quatre jours par semaine. Son évaluation a été réalisée chez 14 enfants dyslexiques âgés de 100 à 145 mois, avec un niveau de lecture de 77 à 94 mois. Les enfants ont été randomisés en deux groupes : pendant les cinq premières semaines, le premier était entraîné et l'autre non, pendant les cinq semaines suivantes, la passation était inversée. Les résultats ont été appréciés sur un test de lecture unique, *TIME 2*, consistant à reconnaître un mot parmi des intrus phonologiques ou visuels ou encore sans aucun rapport, en acceptant comme bonnes, les réponses phonologiquement plausibles. On notera que ce type d'évaluation ne permet pas de distinguer entre les différents mécanismes de la lecture. Les enfants dyslexiques améliorent leur score d'environ cinq réponses avec une différence significative entre les deux groupes, la période d'entraînement étant à l'évidence source d'une amélioration beaucoup plus nette (figure 3). Dans une étude plus récente (Magnan et Ecalle, 2006) l'utilisation du même logiciel a donné lieu à des résultats moins flagrants avec paradoxalement de meilleurs résultats lorsque l'entraînement est réalisé à la maison que lorsqu'il est réalisé en classe. En outre, les auteurs montrent que l'entraînement a également été efficace sur la conscience phonologique qui s'améliore parallèlement au test de lecture (figure 4).

Ainsi, il semble exister un ensemble d'arguments incitant à focali-

ser les entraînements sur la mise en relation répétitive et intensive entre des éléments d'un code visuel, qu'il s'agisse d'un code arbitraire comme chez Kujala ou d'un code alphabétique ou graphémique, avec des éléments de nature auditive qu'il s'agissent de phonèmes ou de sons non linguistiques. Une telle conception ne serait pas très éloignée du classique modèle de l'apprentissage Hebbien, selon lequel la simultanéité de la conjonction répétée de deux événements provoquerait l'apprentissage grâce au renforcement des connexions entre les structures concernées (Tallal et Gaab, 2006).

Par ailleurs, il existe actuellement tout un domaine de recherche ayant pour but d'explorer la composante visuo-attentionnelle à l'origine des difficultés de lecture des dyslexiques. Ainsi, il a été suggéré qu'un déficit de nature visuo-attentionnelle, plutôt qu'un trouble phonologique, puisse rendre compte d'au moins une partie du déficit cognitif dans la dyslexie (Hari & Renvall, 2001; Facoetti et al., 2003; Bosse et al., 2007). Dans ce contexte, plusieurs auteurs ont cherché à entraîner spécifiquement les capacités visuo-attentionnelles (indépendamment de tous les travaux que nous ne citerons pas ici, inspirés de la théorie magnocellulaire). Par exemple, Thomson et al. (2005) ou encore Lorusso et al. (2005) ont proposé d'utiliser des méthodes visant à exercer la focalisation de l'attention chez des dyslexiques, principalement dans le but d'améliorer la procédure orthographique de lecture. Il serait alors possible que les résultats obtenus lors d'exercices de transcodage grapho-phonémique aient en fait contribué à améliorer les processus de focalisation de la « fenêtre attentionnelle », de telle sorte que l'amélioration inhérente aux méthodes dites « phoniques » serait en fait attribuable à la composante visuelle plus qu'à leur composante phonologique. Si tel était le cas, il serait alors logique de proposer d'associer plus systématiquement des exercices de nature visuo-attentionnelle aux exercices phonologiques classiques.

Nous nous sommes dès lors interrogés sur la possibilité qu'un entraînement de ces fonctions visuo-attentionnelles puisse également participer à potentialiser l'effet d'un traitement phonologique. C'est pourquoi nous avons choisi dans la présente étude de comparer deux situations rééducatives, l'une associant l'entraînement phonologique sur entrée auditive, tel que décrit dans des travaux précédents de notre équipe (Habib et al., 1999 ; 2002), à un traitement intermodalitaire inspiré des études de Kujala et de Magnan, l'autre associant le même traitement phonologique avec un entraînement non spécifique des aptitudes visuo-spatiales et attentionnelles, constitué presque exclusivement de matériel non linguistique. Plus précisément, pour la partie intermodalitaire, nous avons choisi, à l'instar du travail de Magnan et al. (2004), d'utiliser le logiciel Play-On pour sa grande maniabilité, sa flexibilité en termes de choix des stimuli, et sa relative convivialité. Précisons toutefois que contrairement à d'autres logiciels interactifs tel que FastForward®, nous avons restreint au strict minimum l'aspect ludique du programme en n'utilisant qu'un seul fond d'écran, celui du 'jeu de basket'. Pour la partie visuo-spatiale et attentionnelle, nous avons utilisé des cahiers d'exercices de nature diverse mis au point à partir de plusieurs sources disponibles dans la littérature rééducative (J.F. Démonet, communication personnelle). Enfin, concernant l'entraînement phonologique, nous avons repris le protocole précédemment utilisé par notre équipe, constitué de matériel audio pré-enregistré sur CD selon un paradigme de décision d'intrus (« odd-one out »), en supprimant une variable qui s'est avérée peu pertinente, le ralentissement acoustique tel que prôné par l'équipe américaine de Paula Tallal. En revanche, nous avons rajouté la dimension articulatoire par référence à une étude montrant que l'efficacité du traitement phonologique dans la dyslexie est amplifiée si les enfants réalisent durant la même période un entraînement à la réalisation motrice des phonèmes (Joly-Pottuz et al., 2006).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

1°) Critères de sélection et caractéristiques des participants

Vingt-six enfants (21 garçons), d'âge moyen 118 mois ($\pm 13,5$), souffrant de dyslexie phonologique sévère ont été inclus dans l'étude sur la base d'un écart significatif entre l'âge de lecture et l'âge chronologique (différence moyenne : 34 ± 15 mois), différence explicable ni par un défaut d'intelligence, ni une insuffisance d'expérience scolaire.

Tous les enfants étaient en cours de traitement orthophonique pour une dyslexie qualifiée de sévère par leur orthophoniste. Dix-neuf d'entre eux étaient scolarisés dans deux classes spécialisées (CLIS-dyslexie) de la région, dont le personnel avait accepté de participer activement à l'étude. Ainsi sélectionnés, tous les enfants ont reçu une évaluation du QI par les Matrices progressives de Raven et plusieurs subtests (similitudes, cubes, complètement d'image et empan de chiffres) de l'échelle d'intelligence de Wechsler, IIIe édition. Les sujets étaient exclus s'ils obtenaient un score inférieur au 25^e percentile au PM47 et/ou à 8/19 au subtest des similitudes du WISC. Puis, ils recevaient une batterie neuropsychologique destinée à rechercher la présence de déficits associés de la mémoire, de l'attention, des fonctions exécutives ou visuo-spatiales. Enfin, les parents devaient remplir un questionnaire comportemental destiné à éliminer tout trouble émotionnel ou comportemental (anxiété, dépression, TDAH, troubles des conduites).

A ce moment, les 26 participants étaient assignés de façon pseudo-aléatoire à l'un de deux groupes appelés « visuel » (12 sujets) et « intermodal » (14 sujets). Bien que le groupe visuel possède une tendance à un âge plus élevé ($120,9 \pm 11$ mois) que le groupe intermodal ($114,6 \pm 15,6$ mois), cette différence n'était pas significative ($F(1,24)=2,442$;

$p=0.1324$). Les caractéristiques des sujets sont résumées sur les tableaux 1 et 2 (pp. 349; 350).

2°) Evaluation neuropsychologique

Nous avons pratiqué plusieurs tâches attentionnelles et exécutives de la batterie NEPSY (Korkman et al., 1998), dont le subtest « Tour », un équivalent de la tour de Londres, destiné à évaluer les aptitudes générales de raisonnement, le subtest d'attention visuelle (un test de barrage comportant deux niveaux de difficulté), le test « attention auditive et réponses associées », un équivalent du test de Stroop dans la modalité auditive, le subtest de « fluidité de dessins », évaluant la capacité à générer différents items graphiques, et le subtest de « copie de figures » qui fait appel aux capacités d'intégration visuo-spatiale et de coordination de l'activité motrice. Un test de fluence verbale phonétique et sémantique (Chevrie-Muller et al., 1997), où le sujet doit donner le plus grand nombre possible de mots commençant par les lettres P et F, de même que des mots d'une catégorie donnée (sports, professions, vacances).

L'inhibition de la réponse a été testée avec une version modifiée du test de Stroop (« Stroop animaux », Jacot-Descombes et Assal, 1986), qui consiste en 3 planches imprimées représentant soit une série de 50 dessins de 5 animaux arrangés horizontalement de façon semi-aléatoire (planche 1), soit les noms écrits des mêmes animaux (planche 2), soit enfin la superposition des mêmes dessins que sur la planche 1 avec le nom écrit d'un autre animal (planche 3 = condition Stroop). La planche 1 sert également de test de capacités de dénomination rapide, une aptitude connue pour être altérée chez les dyslexiques. Finalement, une courte batterie de mémoire (« Batterie 84 », Signoret, 1991) a été réalisée pour fournir une évaluation succincte de la mémoire verbale et non verbale.

3°) Procédure d'entraînement

Design expérimental

La population expérimentale a été divisée en deux groupes, chacun recevant un total de 6 semaines d'entraînement quotidien selon un protocole dit « entraînement phono-articulatoire » (PA) déjà éprouvé lors de travaux précédents de l'équipe. En outre, et en parallèle de cet entraînement, le groupe 1 recevait un entraînement visuo-attentionnel (VA) alors que le groupe 2 recevait un entraînement intermodal IM à l'aide du logiciel « Play-on ». En outre, pour affiner l'analyse des résultats, l'entraînement que nous appellerons « adjuvant » (VA ou IM) était réalisé sur la moitié seulement de la durée totale du programme, pour la moitié des enfants durant les trois premières semaines, pour l'autre moitié durant les trois dernières, ceci afin de contrôler un éventuel effet de l'ordre des interventions. La partie articulatoire du protocole de base était réalisée durant les 3 semaines où l'enfant ne bénéficiait pas du traitement adjuvant (VA ou IM). Ce protocole permet d'assurer une stimulation équivalente de chaque enfant dans chacun des deux groupes, d'où la possibilité de comparaison directe des deux groupes, tout en garantissant que chaque enfant bénéficie d'un traitement déjà éprouvé comme efficace. Toutefois, ce type de protocole, s'il possède des avantages évidents, possède également l'inconvénient de ne permettre d'attendre au mieux que des effets modérés, voire minimes, d'où la nécessité de prendre en considération de faibles significativités statistiques. C'est la raison pour laquelle, également, nous ne comparerons pas à l'intérieur de chaque groupe les performances des deux sous-groupes, car le pouvoir statistique déjà faible eût été encore diminué de moitié, donc les résultats peu interprétables. Ainsi chaque groupe est analysé globalement, que les trois semaines d'entraînement spécifique aient été réalisées en début ou en fin de programme n'entrant pas en ligne de compte (voir paragraphe analyses statistiques).

L'entraînement phono-articulatoire

Il s'agit de même programme que celui utilisé par Habib et al. (1999 et 2002), à l'exception près que les exercices étaient constitués de parole naturelle et non acoustiquement modifiée comme dans les travaux précédents (l'effet du ralentissement n'ayant pas été jugé suffisamment pertinent, comme expliqué plus haut). Cette méthode, actuellement commercialisée sous le nom de Phonédys®, repose sur l'écoute quotidienne par les enfants dyslexiques de séries d'exercices, enregistrés sur des CD audios, et contenant principalement des triplets de mots que le patient doit comparer phonologiquement pour déceler la similitude entre deux des trois stimuli, soit au début, soit à la fin, soit au milieu des mots (Joly-Pottuz et Habib, 2009). La seule indication donnée à l'enfant avant chaque série d'essais est qu'il doit trouver la syllabe commune (semaines 1 à 3) ou le phonème commun (semaine 4 à 6), et de fixer son attention sur la partie des mots où se situe le phonème ou la syllabe à comparer (début, milieu, fin). La réponse se fait sans prononciation orale (l'enfant montre du doigt une feuille de réponse comportant les chiffres 1, 2 et 3) et il n'est pas donné de feed-back, seules les réponses de l'enfant sont enregistrées sur une feuille de réponses. Chaque session quotidienne correspond à une piste du CD et dure environ 15 à 25 minutes. L'adulte accompagnant (orthophoniste, enseignant ou parent) a la consigne d'aider le moins possible l'enfant, d'utiliser le bouton pause si le déroulement est trop rapide, et de ne pas donner la bonne réponse, même si l'enfant se trompe. Cette partie de l'entraînement ne comporte donc aucune composante visuelle, aucun feed-back, et aucune production orale n'est requise. Le programme d'entraînement a été conçu selon le principe de la progression non adaptative, des tâches les plus simples, en début de programme, jusqu'à des tâches plus complexes, en fin de pro-

gramme. Durant les trois premières semaines, où les exercices ne comportent que de la segmentation syllabique, la difficulté augmente de semaine en semaine en manipulant la proximité phonologique du distracteur. Durant les semaines 4 à 6, la résolution des tâches nécessite de détecter le son commun entre deux mots. Durant la semaine 4 les distracteurs sont sans lien phonologique avec les cibles (exemple : piano, chèvre, chardon : début du mot), alors qu'à la semaine 6 ils le sont (exemple palais, panda, bandeau : début du mot).

Comme dans Joly-Pottuz et al. (2006), nous avons également rajouté une composante articulatoire à cet entraînement phonologique nous basant sur les résultats de cette étude, où entraîner les processus de production articulatoire s'était avéré apporter un avantage significatif sur la stimulation auditive seule. 3 jours par semaine, les sujets participent à une session de 30 à 40 minutes comportant trois catégories d'exercices sous le contrôle d'un orthophoniste ou un neuropsychologue en situation duelle avec l'enfant. Le premier consiste à développer la « conscience articulatoire », en se focalisant principalement sur les paires sourdes-sonores et en demandant au sujet de produire le phonème devant un miroir pour contrôler la position des lèvres et en vérifiant par auto-palpation la vibration des cordes vocales. Puis l'enfant est entraîné à associer chaque constrictive à un schéma correspondant des organes bucco-phonatoires sur une série de dessins représentant la position des lèvres, de la langue des dents et du palais durant la production d'un phonème donné.

L'entraînement intermodal

L'entraînement est réalisé par un praticien en sessions individuelles de 20 minutes, 3 fois par semaine à l'école ou au cabinet de l'orthophoniste. L'enfant étant face à un ordinateur PC et muni d'écouteurs. Nous avons utilisé le module « discrimination phonologique » d'un logiciel sur

CD-ROM d'entraînement à la lecture à destination des enfants à risque de dyslexie (« Play-On », Danon-Boilleau & Barbier, 2000). L'entraînement était présenté sous forme de jeu vidéo ('jeu de basket') et les stimuli étaient présentés auditivement à travers un casque audio. La tâche motrice est contrainte par une tâche de discrimination phonologique dans laquelle l'enfant doit distinguer des syllabes dont la consonne diffère par le voisement ou le lieu d'articulation. Le but est de diriger un ballon vers le panier qui lui est destiné selon la syllabe identifiée. Au début de l'exercice (phase d'apprentissage implicite), les ballons sont associés à une couleur correspondant à une syllabe prononcée par l'ordinateur (par exemple, /pa/ est associé au ballon vert et /ba/ au ballon rouge). Ensuite, les ballons apparaissent en gris simultanément à une syllabe présentée auditivement. Ils doivent être dirigés vers le panier dont la couleur correspond à la syllabe émise. En cas d'erreur, les ballons réapparaissent colorés pour une série d'essais (renforcement implicite). La programmation des séances est réalisée par l'expérimentateur qui détermine différents paramètres, comme le type de contrastes phonologiques entraînés (les mêmes que ceux utilisés dans l'entraînement articulatoire), le score maximal à réaliser au cours d'une partie, et la vitesse de descente du ballon. L'entraînement a porté uniquement sur l'opposition « sourde-sonore » dans différentes structures syllabiques (logatomes et mots). Chaque série comporte 20 essais, et chaque session contient 10 séries. Chaque réponse correcte est associée à un encouragement sonore et entraîne l'apparition de points supplémentaires sur un compteur en haut de l'écran.

L'entraînement visuel

L'entraînement visuel est effectué à raison de trois fois par semaine. Il est réalisé au domicile de l'enfant avec la collaboration des parents. Chaque session d'entraînement visuel dure environ 15 minutes et com-

prend la réalisation de cinq exercices de même niveau, tirés de manuels de rééducation orthophonique :

- *Contrôle mental et stratégie* : élaboration et maintien d'un programme moteur, anticipation et mise en place d'une stratégie, concentration (Catherine Josse & Laurence Pedretti, L'Ortho édition).

- *Test de visuo-analyse* : ensemble d'exercices permettant un travail d'appréhension visuelle mettant en jeu plusieurs processus et réflexions. Ils permettent de travailler la stimulation de l'exploration visuelle, la recherche de points de repères dans l'espace, l'orientation, la dimension, la superposition de différents éléments. Ils permettent un travail de représentation mentale, de rotation d'une image interne, jusqu'à un travail d'analyse et de synthèse de données spatiales pour l'élaboration d'un raisonnement intellectuel. (Martine Virion-Kapps, L'Ortho Edition).

- *Matrix* : l'enfant doit observer, analyser les éléments, en déduire une loi, puis proposer une solution dans le sens de cette loi (Martine Virion, L'Ortho édition).

- *CompoX* : l'objectif est l'organisation intellectuelle dans la perception visuelle (Martine Virion-Kapps (Visuo analyse II). L'Ortho édition).

- *Entraînement visuel* : cet entraînement vise à faciliter et améliorer le traitement de l'information visuelle de la phase alphabétique (U. Frith, 1985). Il consiste à rechercher, saisir, traiter, c'est-à-dire reconnaître visuellement les assemblages de caractères formant les mots. Cet entraînement a été testé avec des enfants de cours préparatoire et son impact positif a été montré sur l'efficacité de la lecture (Monique Jacquier-Roux & Michel Zorman, coll° Michèle Petris, Les éditions de la cigale, Grenoble).

- *Cognition et mémoire* : travail de superposition d'images qui requiert la rétention mnésique d'une première forme géométrique dont les caractéristiques de forme, de taille et de couleur doivent être retenues pour les

comparer à la seconde ; puis maintien en mémoire de travail de ces deux ou trois formes géométriques pour une identification de la forme complexe correspondant à leur emboîtement parmi un choix de quatre figures complexes (Claudette Pluchon & Eric Simonnet, L'Ortho édition).

4°) Variables mesurées

Conscience phonologique (C.P.)

Les tâches de C.P. ont été prises d'une batterie fréquemment utilisée en langue française (BELEC, Mousty et al., 1994), batterie qui explore les capacités de segmentation, de discrimination et de mémoire à court terme. Toutes les tâches sont jouées sur un magnétophone pour assurer l'homogénéité des conditions de test. Elles comportent des tâches à différent niveau : inversion de syllabes (10 pseudo-mots bisyllabiques CVCV, exemple : /radi/ -> /dira/), inversion phonémique (10 items monosyllabiques CV et 10 VC (ex : /bi/->/ib/, /ol/->:/lo/), suppression de syllabe (16 items, ex : /fango/ -> /go/), suppression de phonème simple (10) et complexe (10) (ex : /gal/->/al/ ; /grõ/-> /rõ/), et acronymes auditifs (16 paires de mots : former un nouveau mots avec le premier son de chacun des deux mots).

Enfin est proposée une tâche de jugement de rimes de type « trouver l'intrus », similaire à celles utilisées dans les exercices d'entraînement : il s'agit de 10 triplets de mots bisyllabiques, parmi lesquels le sujet doit indiquer les deux qui riment (ex : ballon, cochon, robot = cible:/ õ/). Les principaux résultats des enfants dyslexiques à ces tâches sont présentés au tableau 2, de même que les z-scores calculés à partir des normes ajustées pour l'âge fournies dans le manuel du test. Un score phonologique global est obtenu en moyennant la performance à chaque tâche et sert à la comparaison entre sessions.

Lecture

Les tâches de lecture ont été choisies de manière à explorer le modèle à deux voies de la lecture. Celles-ci comportent 3 tâches standardisées issues d'une batterie classique (L2MA, Chevrie-Muller et al., 1997) : a) une tâche de lecture de 20 pseudo-mots visant à explorer la procédure de conversion graphème-phonème (ex : lorte , mable, bivre, fartir...) ; b) une tâche de lecture de 10 mots réguliers conçus pour différer par un seul phonème de la liste de pseudo-mots (porte, table, livre, partir...) ; c) une tâche de lecture de 10 mots irréguliers (ex : pied, pays, femme, second...) supposés refléter l'intégrité de la voie lexicale directe. Les scores bruts et les z-scores sont présentés tableau 2.

Orthographe

Nous avons utilisé une tâche d'épellation récemment standardisée en Français (De Plazaola et al., 2003), permettant de catégoriser les erreurs orthographiques en 4 classes : phonétique, d'usage, grammaticales et verbales. Un score d'erreur est donné pour chaque type d'erreur et un score moyen est calculé en moyennant les scores de chaque classe d'erreur.

Une liste séparée de pseudo-mots est également proposée en dictée, incluant 8 pseudomots CVCVCV, et 15 pseudo-mots complexes CVCCVCV.

Conscience morpho-syntaxique.

Dans cette tâche, empruntée aux travaux de Mme Elisabeth Demont, on demande au préalable à l'enfant de juger sémantiquement les phrases présentées oralement, puis dans un deuxième temps, de corriger les agrammaticalités sans corriger la signification des phrases attendues.

58 phrases sont ainsi présentées oralement aux enfants qui doivent répondre de 3 façons différentes selon la nature de la tâche :

a) Tâche de jugement grammatical (58 phrases)

On demande aux enfants de juger si les phrases entendues sont grammaticalement correctes ou non. Les cas d'agrammaticalité reposent sur divers aspects :

- des anomalies morphémiques (ex Emilie joue avec son poupée)
- inversion de l'ordre des mots (ex : jouons avec nos jouets nous ; elle enfant son embrasse).

b) Tâche de correction d'agrammaticalité

L'enfant doit corriger par la suite les phrases agrammaticales ci-dessus.

c) Épreuve de réplique de fautes grammaticales (22 phrases)

L'enfant doit localiser une violation grammaticale dans une phrase donnée comme modèle (ex: Paul lance sa ballon) et la transférer dans une phrase dont la structure syntaxique est similaire (ex: il écoute son frère).

Un score global (/86) est obtenu en additionnant toutes les réponses correctes. Des Z-scores sont ensuite calculés à partir des scores obtenus sur une population contrôle appariée en âge de lecture (E. DEMONT, communication personnelle).

5°) Méthodologie statistique

Les diverses variables mesurées l'ont été à trois reprises : avant tout entraînement (E1), après les trois premières semaines d'entraînement (E2) et après la fin de l'entraînement (E3). Nous ne présentons ici que les résultats à E1 et E3 et les calculs réalisés pour comparer ces deux mesures. Rappelons que le protocole comportait un traitement de base phono-articulatoire chez tous les enfants, et un traitement adjuvant, soit VA soit IM durant 3 semaines, soit la moitié (première ou seconde moitié) du programme.

Des scores composites ont été calculés pour E1, E2 et E3 à partir des performances obtenues sur les 5 domaines explorés : conscience phonologique, lecture, articulation, dictée et conscience morphologique. Pour chaque score composite, l'amélioration entre pré et post test était d'abord mesurée par une

ANOVA à mesures répétées à deux facteurs (deux groupes, deux sessions) avec comme variable intra sujet les performances à E1 et E3. Comme indiqué précédemment, les comparaisons entre E1 et E2 et E2 et E3 n'ayant pas fourni d'éléments pertinents ne seront pas abordées dans ces résultats. Signalons seulement que pour aucune des mesures effectuées la position initiale ou finale de l'entraînement spécifique ne s'est avéré un facteur déterminant.

Puis, une ANOVA supplémentaire a été réalisée en considérant comme facteur l'identité de la tâche. Pour ce faire, nous avons calculé un indice d'amélioration $(E1 - E3 / E1 + E3)$ et ce sur 4 des scores composites (conscience phonologique et morphologique, dictée et lecture). Une interaction groupe x tâche signifierait alors que la performance varie différemment entre les deux groupes selon la tâche. La même analyse a également été réalisée en contrastant les trois listes de lecture (pseudo-mots, mots réguliers et irréguliers) et ce afin de tester l'hypothèse qu'un type de traitement pourrait affecter préférentiellement la procédure directe ou indirecte de lecture.

RÉSULTATS

1°) Caractéristiques générales et neuropsychologiques de la population

Le tableau 1 résume les principales caractéristiques des deux groupes, visuel et intermodal. Ceux-ci ne diffèrent ni sur l'âge chronologique, ni sur l'intelligence générale, ni sur les subtests de l'échelle WISC III. La seule différence significative est retrouvée dans les tâches de lecture et de dénomination rapide où le groupe visuel était quelque peu inférieur avant tout entraînement. Du point de vue neuropsychologique, il n'y avait pas non plus de différence entre les deux groupes dans les tâches d'attention, de raisonnement et de mémoire. On notera une différence de 10 mois de retard de lecture en faveur du groupe visuel mais cette différence n'est pas significative.

Tableau 1 : caractéristiques générales et neuropsychologiques de la population étudiée. : moyenne (écart-types), scores obtenus dans les deux groupes et résultats de l'ANOVA à un facteur

tâche	groupe		Comparaison moyenne	
	Visuel (N=12)	Intermodal (N=14)	F(1,24)=	p=
	moyenne (E.T.)			
Age (mois)	121.6(11.02)	114.8(15,04)	1.681	0.20
WISC-III (/19) Vocabulaire.	8.45 (2.01)	10.07 (3.07)	2.263	0.146
Similitudes	9.667 (1.9)	10.357 (3.1)	0.446	0.51
Compl.	9.58 (2.46)	12 (2,66)	5.699	0.025
Cubes	9.083 (1.73)	10.143 (3.9)	0.755	0.393
Mémoire	6.66 (2.34)	7.07 (2.52)	0.177	0.677
PM 47 (percentile)	39.4 (26.62)	58.8 (24.97)	2.553	0.129
Age de lecture (mois)	39.63(10.8)	29.84 (14.4)	2.919	0.1016
Animaux dénomination (sec.)	73.25(13.04)	60.83(14.27)	4.947	0.0367
z-score	2.54 (1,3)	1.22 (1.5)		
Mots dénomination (sec.)	70.5 (39.10)	40.36 (11.3)	6.038	0.0228
z-score	20.13(17)	6.97(4.9)		
Condition Stroop	96.5 (26.45)	85.1 (22.73)	1.198	0.286
z-score	1.88(1.6)	1.16(1.4)		
Epreuve rythmique Stambak	11.83 (4.21)	12.29 (4.06)	0.077	0.7834
z-score	-2,03 (1,9)	-1,82 (1,8)		
NEPSY Tour/19	12.25 (2.45)	10.69 (3.06)	1.945	0.176
NEPSY Attention auditive /19	11.08 (0.79)	11 (1.15)	0.43	0.836
NEPSY fluidité de dessins/19	9.917 (1.97)	10.14 (2.56)	0.062	0.806
NEPSY orientation/19	7.917 (2.46)	8.2 (1.64)	0.055	0.8183
NEPSY copie de figures/19	7.90 (2,8)	8.7 (3.8)	0.336	0.5681
Batterie Mémoire 84	49.682 (7.9)	53.929 (9.8)	1.356	0.2562
z-score	-1.11 (0.8)	-0.53(0.7)		

Table 1 : general characteristics and neuropsychological data : mean (s.d.) scores obtained in the two groups and one-factor ANOVA result (F & p values) of mean comparison.

Tableau 2 : Tâches linguistiques et de lecture: moyenne (écart type) scores obtenus au pré-test pour chacun des deux groupes et résultat de l'ANOVA à un facteur (valeurs de F & p) Comparaison des moyennes.

<i>Groupes</i> <i>Tâches</i>	<i>Visuel</i> (N=12)	<i>Intermodal</i> (N=14)	<i>Comparaison</i> F(1,24)=; p=	
Fluence Phonolo-	11.33 (4.1)	12.7 (4.3)	0.742	0.3976
z-score	-0.239 (0.53)	-0.048 (0.56)		
Fluence Sémantique	22.41 (4.5)	23.5 (6.5)	0.234	0.6327
z-score	0.174 (0.38)	0.205 (0.45)		
Repetition CV (/20)	15.27 (2.573)	16.769 (0.652)	2.216	0.1508
z-score	-0.334 (0.796)	0.130 (0.728)		
Repetition CCV (/20)	9.455 (1.695)	9.308 (1.888)	0.04	0.8442
z-score	-0.138 (0.678)	-0.197 (0.755)		
Inversion Syllabique	8 (2.53)	8.69 (2.057)		
z-score	-0.231 (1.297)	0.124 (1.055)	0.547	0.467
Inversion de Pho-	6.545 (2.583)	7.077 (2.813)		
z-score	-1.297 (1.614)	-0.964 (1.758)	0.229	0.637
Suppression de Pho-	6.182 (2.639)	5.846 (3.078)		
z-score	-1.238 (1.404)	-1.417 (1.637)	0.081	0.779
Acronymes auditifs	8.909 (4.23)	10.154 (5.097)		
z-score	-1.339 (1.464)	-0.909 (1.763)	0.414	0.5266
Lecture Pseudo-mots	11.364 (4.411)	11.538 (5.379)		
z-score	-3.818 (2.205)	-3.731 (2.69)	0.007	0.932
Lecture mots régu-	7.818 (2.714)	8.385 (2.844)		
z-score	-2.182 (2.714)	-1.615 (2.844)	0.246	0.6246
Lecture de mots irré-	3.455 (2.505)	4.769 (3.539)		
z-score	-5.545 (2.505)	-4.231 (3.539)	1.064	0.3136
Conscience morpho-	71.059 (9.913)	76.495 (9.449)		
z-score	0.631 (0.439)	0.852 (0.418)	1.72	0.2021

Table 2 : language and reading-related tasks : mean (s.d.) scores obtained in the two groups and one-factor ANOVA result (F & p values) of mean comparison.

On notera également un déficit à l'épreuve de reproduction de rythme de Stambak (Stambak, 1951) similaire entre les deux groupes. Enfin, les deux groupes ont une performance légèrement mais significativement inférieure à la norme sur les épreuves d'orientation et de copie de dessins de la NEPSY.

Le tableau 2 résume les données de nature linguistique comparées entre les deux groupes. Ici encore, aucune différence significative n'émerge entre les deux groupes, en revanche les scores sont globalement en dessous de la norme en particulier pour les scores en lecture, tout autant pour la lecture de mots lexicaux que de pseudo-mots. Les performances en conscience morphologique ne sont pas déficitaires par rapport à un groupe de même âge de lecture.

2°) Evaluation de l'efficacité des entraînements

Le tableau 3 présente les résultats concernant la phonologie, la lecture, l'orthographe et la conscience morphosyntaxique, que nous détaillons sous la forme d'une comparaison entre la première et la dernière évaluation (E1 / E3) pour le groupe visuel et pour le groupe intermodal.

Phonologie

L'ANOVA à mesures répétées pratiquée sur le score moyen de phonologie entre E1 et E3 pour les deux groupes d'entraînement (Visuel/Intermodal) met en évidence un effet significatif de la session, sans interaction entre le groupe et la session. Par conséquent, il existe une amélioration significative des performances des enfants au cours du temps, mais sans différence selon le type d'entraînement proposé. Les analyses Post-Hoc viennent encore confirmer cette significativité entre les deux périodes d'évaluation sans différence selon la nature de l'entraînement. En effet, il existe une amélioration significative entre E1 et E3 pour le groupe ayant bénéficié de l'entraînement visuel et de même, une amélioration entre E1 et E3 pour le groupe ayant bénéficié de l'entraînement intermodal.

Tableau 3 : comparaison des deux groupes quant à l'amélioration globale sur 5 scores composites entre le début et la fin de l'entraînement (ANOVA à mesures répétées)

tâche	groupe		résultat ANOVA		
	groupe 1 (visuel)	groupe 2 (intermodal)	effet de groupe	session	interaction
Conscience phonologique					
E1	59.54 (12.66)	64.53 (16.63)	n.s.	F(1,24)=40.184	n.s.
E3	77.18 (4.89)	76 (13.58)		p=0.0001	
Lecture					
E1	22.63 (8.016)	24.69 (2.945)	n.s.	F(1,24)=22.317	F(1,4)=5,429,
E3	28.90 (5.412)	26.923 (2.73)		p=0.0001	p=0.0294
erreurs orthographiques (texte)					
E1	22.81 (11.52)	21 (11.64)	n.s.	F(1,24)=3.036,	F(1,24)=5.461,
E3	24.15 (13.18)	14.46 (6.725)		p=0.0954	p=0.0289
Dictée non-mots (correct)					
E1	4.58 (3.965)	7.92 (5.916)	n.s.	F(1,24)=25.296	n.s.
E3	9.58 (4.365)	10.214 (5.23)		p=0.0001	
Conscience morphologique					
E1	62.72 (7.747)	66 (8.416)	n.s.	F(1,24)=23.78,	n.s.
E3	71.18 (4.68)	71.61 (8.862)		p=0.0001	

Table 3 : group comparison for overall improvement in 7 composite scores between the beginning and the end of the training period (repeated-measure ANOVA)

Lecture

L'ANOVA à mesures répétées pratiquée sur le score moyen de lecture entre E1 et E3 pour les deux groupes d'entraînement (Visuel/Intermodal) met en évidence d'une part un effet significatif de la session, et d'autre

part une interaction entre le groupe et la session, suggérant que les deux groupes ne se comportent pas de manière identique en ce qui concerne l'amélioration de leurs performances en lecture. Les comparaisons planifiées réalisées sur cette ANOVA montre une amélioration significative pour le groupe VA ($F(1, 22) = 24,137$; $p=0.00006$) et seulement une tendance ($F(1,22) = 3,60$; $p= 0.070$) pour le groupe IM.

Orthographe

L'ANOVA à mesures répétées pratiquée sur le score d'orthographe (score d'erreur) entre E1 et E3 pour les deux groupes d'entraînement (Visuel/Intermodal) met en évidence un effet significatif de l'interaction groupe x session. Par conséquent, des comparaisons planifiées peuvent être réalisées qui montrent une nette significativité de l'amélioration dans le groupe intermodal $F(1,24) = 8,20$, $P=0.0090$, alors que pour le groupe visuel la comparaison n'est pas significative $F(1,24) = 0.29$, $p>0.5$).

Conscience morphosyntaxique

L'ANOVA à mesures répétées pratiquée sur le score de conscience morphosyntaxique entre E1 et E3 pour les deux groupes d'entraînement (Visuel/Intermodal) met en évidence un effet significatif de la session, sans interaction entre la session et le groupe d'entraînement, suggérant ainsi une amélioration globale des performances des enfants sur l'ensemble de la période d'entraînement mais ce, quel que soit la nature de l'entraînement proposé.

Les analyses Post-Hoc viennent encore confirmer cette significativité entre les deux périodes d'évaluation sans différence selon la nature de l'entraînement. En effet, il existe une amélioration significative entre E1 et E3 pour le groupe ayant bénéficié de l'entraînement visuel et de même, une amélioration entre E1 et E3 pour le groupe ayant bénéficié de l'entraînement intermodal.

Alouette

L'ANOVA à mesures répétées pratiquée sur le score obtenu à l'épreuve de l'Alouette entre E1 et E3 pour les deux groupes d'entraînement (Visuel/Intermodal) met en évidence un effet significatif de la session, sans interaction entre la session et le groupe d'entraînement, suggérant ainsi une amélioration globale des performances des enfants sur l'ensemble de la période d'entraînement et ce, quel que soit la nature de l'entraînement proposé.

Toutefois, les analyses Post-Hoc permettent de préciser qu'en réalité, seul

Figure 5 : Indices d'amélioration calculés sur des 4 principaux scores composites obtenus avant entraînement (E1) et après 6 semaines d'entraînement (E3), présentés séparément pour les deux groupes (visuel en bleu, correspondant aux exercices d'entraînement visuo-spatial et attentionnel, intermodal en rouge, correspondant au « jeu de basket » du logiciel Play-on®). Les valeurs négatives correspondent à l'étendue de l'amélioration. L'effet de la tâche, ainsi observé, traduit l'amélioration en lecture dans le groupe visuel et en dictée dans le groupe intermodal.

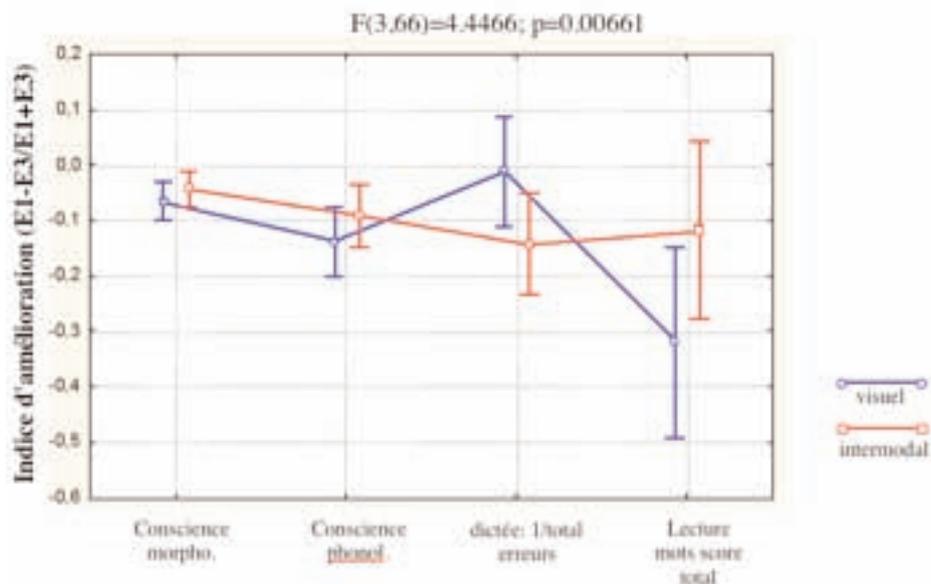


Figure 5 : Indices of improvement $(E1-E3)/(E1+E3)$ calculated from the main 4 composite scores from scores before the beginning (E1) and after the end of 6 weeks of training (E3), for the 2 treatment groups ('visual' for visuo-spatial and visuoattentional exercises, 'cross-modal' for Play-on® basket-ball game). Note that negative values are indicative of better improvement.

l'entraînement visuel permet d'améliorer significativement le score des enfants sur l'épreuve de l'Alouette au cours de la période totale d'entraînement (différence entre E1 et E3). Les groupes ayant bénéficié de l'entraînement intermodal ne se sont pas améliorés. On relève par conséquent une supériorité nette des bénéfices de l'entraînement visuel comparativement à un entraînement intermodal sur les performances au test de l'Alouette. Notons toutefois que le facteur groupe montre ici une tendance à la significativité, nos groupes pouvant ainsi différer quant à leur « ligne de base » sur cette épreuve mesurant le niveau de lecture des enfants.

En résumé, les principaux résultats qui émergent de notre étude sont

Figure 6 : Indices d'amélioration $(E1-E3)/(E1+E3)$ calculés à partir des scores obtenus sur les 3 épreuves de lecture de mots avant (E1) et après (E3) 6 semaines d'entraînement comparativement entre les deux groupes, visuel et intermodal.

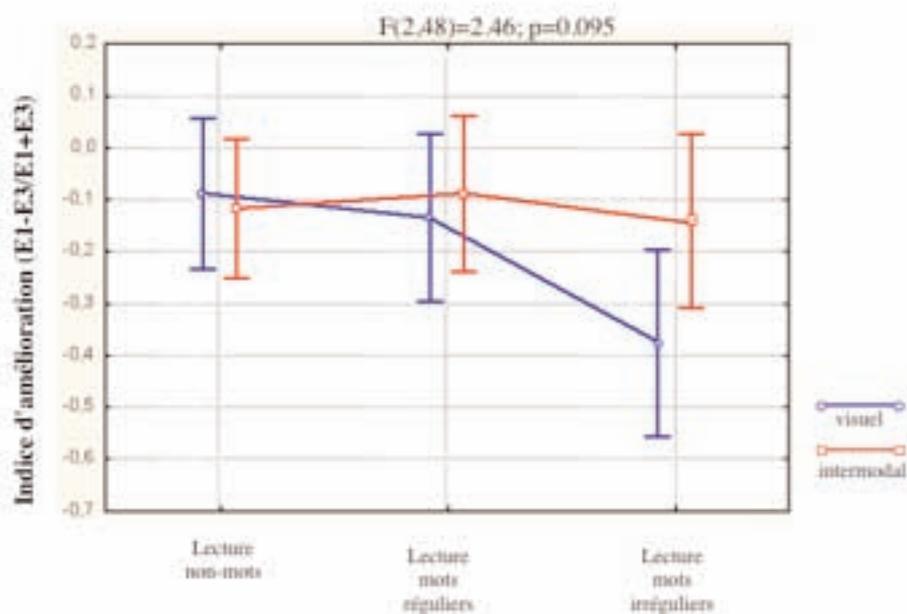


Figure 6: Indices of improvement $(E1-E3)/(E1+E3)$ calculated from scores obtained on 3 word-reading lists before the beginning (E1) and after the end of 6 weeks of training (E3), for the 2 treatment groups.

un effet significatif de l'entraînement visuel et de l'entraînement intermodal respectivement sur les variables de lecture et d'orthographe. Ces deux principaux effets apparaissent également clairement sur la figure 5 représentant la comparaison des indices d'amélioration calculés pour chacun des deux groupes. L'analyse de variance à mesures répétées avec la variable « tâche » comme facteur intergroupe montre une interaction tâche x session très significative liée à la fois à la supériorité de l'amélioration en lecture dans le groupe visuel et la supériorité de l'amélioration en dictée du groupe intermodal. De même, la comparaison des effets mesurés sur les 3 variables de lecture de mots (réguliers, irréguliers et pseudomots) montre un net effet de la tâche (figure 6), effet selon lequel seule la lecture de mots irréguliers bénéficie de l'entraînement visuel, ce qui concorde avec l'idée de l'implication de processus visuels lors de la procédure d'adressage en lecture, impliquée de manière prioritaire pour la lecture de mots irréguliers.

DISCUSSION

La présente étude a été motivée par l'observation que, s'il existe un consensus général sur l'efficacité des méthodes classiques dites « phoniques » sur le déficit en lecture des enfants dyslexiques, les raisons de cette efficacité restent obscures. En particulier, on ne sait pas si le bénéfice additionnel apporté par l'entraînement intensif de la conversion grapho-phonémique (par rapport à l'entraînement exclusif de la conscience phonologique) est dû à l'amélioration du transcodage audio-visuel (Kujala et al., 2001; Magnan et al., 2004) ou alternativement à la récupération d'un déficit non spécifique de nature visuelle ou visuo-attentionnelle (Bosse et al., 2007). Nos résultats démontrent en fait que les deux mécanismes peuvent intervenir, mais sur différents aspects des problèmes d'ap-

prentissage que rencontrent les enfants dyslexiques. En particulier, l'entraînement visuo-spatial et attentionnel semble avoir contribué significativement à l'amélioration des aptitudes en lecture alors que l'entraînement du transcodage audio-visuel aurait eu un impact significatif prioritairement sur les processus orthographiques.

La première réflexion suscitée par nos résultats est la confirmation de l'amélioration très significative des capacités phonologiques chez tous les participants des deux groupes, cela étant très probablement lié, comme dans nos travaux précédents, à l'effet de l'entraînement audio-phonologique (Phonédys®, Joly-Pottuz et Habib, 2009). En effet, tous les sujets recevaient de manière identique cette partie commune de l'entraînement, connue précisément pour son efficacité sur les processus phonologiques. Sans revenir sur les mécanismes présumés de cette efficacité, il ne fait aucun doute qu'entraîner quotidiennement la conscience phonologique, même sur entrée auditive pure, est capable d'améliorer les aptitudes phonologiques des dyslexiques (Habib et al., 2002), grâce probablement à l'exercice quotidien des aptitudes de segmentation syllabique et phonémique, de mémoire de travail auditivo-verbale, et aussi sans doute d'attention auditive au sens large. Comme dans nos études précédentes, l'effet sur la lecture elle-même est plus tardif et moins systématique, de sorte que si l'amélioration est perceptible, elle est moins franche que pour les mesures phonologiques. Du reste, l'analyse plus fine des résultats semble montrer que cette amélioration est essentiellement le fait du groupe VA, donc attribuable à l'effet adjuvant de l'entraînement visuel (voir ci-dessous). Dans un même ordre d'idées, il convient de noter que l'évolution entre E1 et E3 des performances en conscience morphologique vont dans le même sens que ce qui est observé pour la conscience phonologique, soit une amélioration significative dans les deux groupes sans différence entre les deux, avec toutefois une moindre intensité, sans doute liée au fait que

le déficit initial par rapport aux normes en âge de lecture était d'emblée modeste (d'où une amélioration moins spectaculaire que pour la phonologie). Pour autant, cela incite à en attribuer, à l'instar de l'explication donnée pour la conscience phonologique, l'amélioration à l'entraînement auditivo-phonologique, puisque aucun des deux traitements adjuvants ne s'est montré supérieur. Cela pourrait témoigner d'un lien développemental entre phonologie et morphologie, comme suggéré par les théories linguistiques classiques, mais cela pourrait également être interprété comme témoignant d'un processus métalinguistique général, qui serait altéré de façon commune aux processus phonologiques et morphologiques, de sorte que l'amélioration de l'un pourrait retentir positivement sur l'autre (Casalis et al., 2004). En tout état de cause, ce résultat n'implique pas, bien entendu, qu'il faille se dispenser de traiter spécifiquement l'aspect morphosyntaxique lorsque ce dernier est retrouvé déficitaire.

L'objectif principal de la présente étude était en fait de confirmer les résultats préalablement obtenus par Magnan et al. (2004) et Magnan et Ecalte (2006) qui avaient retrouvé une amélioration à la fois de la lecture et de la conscience phonologique à travers l'utilisation du logiciel *Play-on*[®], suggérant alors l'intérêt d'un entraînement purement audio-visuel, en faveur par conséquent d'une composante intermodale à l'effet observé et aux mécanismes sous jacents. Nos résultats vont globalement à l'encontre de ce point de vue puisque par rapport à un groupe contrôle recevant un entraînement visuel pur, les dyslexiques bénéficiant de l'entraînement intermodal n'ont non seulement démontré aucun avantage sur les variables phonologiques, mais également même un désavantage sur les variables impliquant les procédures lexicales impliquées en lecture (lecture par adressage). Deux principales hypothèses permettraient d'expliquer ces différences : 1/ la durée de l'entraînement intermodal : 5 semaines chez Magnan et 3 semaines chez nous. On notera en défaveur de cette hypothèse

que 3 semaines ont suffi au groupe visuel pour augmenter significativement toutes les performances en lecture (sauf en lecture de non mots), ce qui confirme l'implication préférentielle de la voie lexicale) ; 2/ une différence importante du point de vue méthodologique se situe au niveau des épreuves d'évaluation. Le test TIME 2 utilisé par Magnan et al (2004) paraît assez contestable, en tout cas pris isolément, comme témoin des traitements phonologiques en lecture. 3/ Finalement, la particularité de notre protocole, d'associer 6 semaines d'entraînement phonologique à trois semaines d'entraînement intermodal explique peut-être que l'effet de ce dernier ait pu se « diluer » dans l'effet du premier. En tout état de cause, cela n'incite pas à suggérer l'association de ces deux approches dans un même programme thérapeutique.

Le dernier point à discuter concerne les deux éléments somme toute les plus surprenants de cette étude, à savoir d'une part la constatation de l'effet d'un entraînement purement visuel, sur divers aspects de la lecture et d'autre part la constatation que l'entraînement intermodal par Play-on® a eu un effet significatif sur des variables orthographiques.

S'agissant du premier point, il n'existe dans la littérature que très peu de preuves que l'entraînement non spécifique des capacités visuo-attentionnelles, tel que celui que nous avons réalisé, puisse avoir un effet propre sur le trouble dyslexique. Un tel effet peut pourtant se concevoir à la lumière des modèles connexionnistes, comme le modèle classique de Seidenberg & McClelland (1989) qui décrit l'acquisition de la lecture comme le développement simultané ou successif de deux principaux processus de partage de codes, l'un entre les représentations orthographiques et phonologiques (concordance grapho-phonémique), l'autre entre les représentations orthographiques et sémantiques, sous-tendant plus proprement la lecture de la forme globale des mots. Appliqué à la thérapeutique (voir Harm & Seidenberg, 1999), et dans la mesure où notre entraînement intermodal s'at-

taque précisément à la connexion orthographe-phonologie, un tel modèle aurait prédit une amélioration de la lecture dans le groupe intermodal, ce qui n'a pas été le cas. La question qui se pose dès lors est d'expliquer comment la stimulation répétée mais séparée des deux systèmes phonologique et visuel pourrait être plus utile qu'un exercice d'intensité équivalente visant spécifiquement la connexion entre ces deux systèmes pour la lecture et comment la stimulation des liens eux-mêmes entre ces deux systèmes peut avoir influencé positivement les processus de production orthographique. Le modèle « multitrace memory of reading » (ou MTM, Ans, Carbonnel & Valdois, 1998) pourrait être plus explicite à cet égard. Ce modèle postule l'existence d'une fenêtre visuo-attentionnelle dont la taille varie selon le mode global ou analytique de lecture et qui garantirait le traitement parallèle et simultané de différents éléments, comme les différentes lettres constitutives d'un mot. Ce modèle prédit ainsi qu'une réduction modérée de la fenêtre attentionnelle provoquerait une altération de la lecture de mots irréguliers, alors qu'une réduction plus sévère produirait des erreurs également sur les non-mots. Bien que le modèle n'ait pas encore été testé spécifiquement pour l'effet d'interventions à visée thérapeutique, il est concevable que la stimulation visuo-attentionnelle dont a bénéficié notre groupe « visuel » ait pu faciliter l'adaptation de la fenêtre visuo-attentionnelle et au final améliorer la procédure de lecture globale des mots, alors que le seul travail de la connexion phono-orthographique n'est pas apte à produire un tel effet.

Quant à l'explication de l'amélioration des aptitudes orthographiques après entraînement combiné des aptitudes phonologiques et des échanges d'informations intermodalitaires, elle pourrait également se rechercher dans ce type de modèle, en postulant que le fait d'avoir focalisé l'attention sur les unités auditives, comme cela a été le cas ici, ait facilité la constitution de représentations phono-orthographiques durables, utilisables à terme pour

améliorer les connaissances orthographiques en mémoire à long terme.

En conclusion, la présente étude ne représente qu'une étape d'un effort plus global tendant vers une meilleure définition de ce que devrait être le contenu d'un programme d'intervention cohérent chez des enfants souffrant de dyslexie. Force est de constater que, parmi les pratiques rééducatives actuelles, il existe une énorme diversité d'approches et parmi celles-ci, une minorité répond probablement aux exigences que l'on peut avoir pour une méthode thérapeutique. Comme le souligne Ramus (in Actes des journées de l'observatoire national de la lecture, 2005, <http://onl.inrp.fr/ONL/publications/publi2005/>) « *les traitements et méthodes de rééducation pour la dyslexie devraient idéalement être évalués avec autant de rigueur scientifique que les traitements médicamenteux proposés pour toute maladie. Malheureusement, les traitements non médicamenteux ne nécessitent pas d'autorisation de mise sur le marché. C'est ce vide juridique qui permet la prolifération de méthodes à l'efficacité non prouvée* ». A notre avis, c'est en avançant pas à pas, avec une rigueur scientifique aussi exigeante que pour la mise sur le marché d'un médicament, en se basant sur les caractéristiques précises de chaque sujet pour éviter les solutions passe-partout qui sous des allures de panacées font stagner les progrès scientifiques, et enfin en recherchant aussi souvent que possible la collaboration entre chercheurs, cliniciens et enseignants, que l'on pourra aboutir à de véritables solutions thérapeutiques dans un domaine qui n'en est qu'aux tout débuts de son histoire.

Remerciements : Les auteurs souhaitent remercier les Drs J.F. Démonet, S. Valdois et M. Besson, pour leurs précieux conseils; les enseignants et l'équipe pédagogique des deux écoles publiques pour enfants dyslexiques (« La Mazonode », à Marseille, et « Le Grand Cyprès » en Avignon), les orthophonistes qui ont donné accès aux autres participants, B. Danon-Boileau et D. Barbier pour nous avoir permis d'utiliser le logiciel Play-on®, les étudiants qui ont participé aux expérimentations Andreia Santos, Hélène Habib, Sophie Duchiron, Caroline Savioz, Emilie Boyer. BJP a bénéficié du programme de recherche hospitalier PHRC 2001 (UF 1639).

ABSTRACT**Beyond phonological therapy for dyslexia : visual vs cross-modal treatment**

Training dyslexic children with phonological exercises has largely proved useful both for prevention and remediation of their reading difficulties. Yet, several issues still remain unanswered : first, it is unknown which component of so-called “phonological tasks” or “phonic methods” is really involved in the observed effects, since available training tools most often encompass auditory, visual and cross-modal (phoneme-grapheme) processes. Likewise, one may wonder whether additional non-phonological training could enhance overall efficacy of pure phonological awareness exercises, and, if so, which kind of material could be more efficient. Twenty-six dyslexic children, aged 9-12, received 6 weeks of daily phonological exercises previously shown to entail significant improvement in phonology-related reading processes. Half of them also received visual and visuo-spatial exercises during the same period, while the remaining received a computer game aimed at training auditory-visual integration. For each group, the tested method was used either during the first 3 weeks or the last 3 weeks, in order to control for an order effect. Various assessment measures were obtained before training, at 3 weeks and after 6 weeks of training. Overall, all children significantly improved their phonological, reading and spelling performances. Children receiving cross-modal training specifically improved on a measure of orthographic errors on text dictation, while children receiving non specific visual training showed significant advantage on word recognition tasks. Finally, each approach seems to yield its own, significant benefit, suggesting both are worth using in addition to classical phonological training.

RÉFÉRENCES

- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multi-trace memory model of polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105, 678-723.
- Birch, H.G. (1962). Dyslexia and maturation of visual function. In J. Money (Ed.), *Reading disability: Progress and research needs in dyslexia* (pp. 161-169). Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Birch, H.G., & Belmont, L. (1964). Auditory-visual integration in normal and retarded readers. *American Journal of Orthopsychiatry*, 34, 852-861.
- Blau V, van Atteveldt N, Ekkebus M, Goebel R, Blomert L. (2009). Reduced neural integration of letters and speech sounds links phonological and reading deficits in adult dyslexia. *Curr Biol*. 19(6):503-8.
- Bosse, M.L., Tainturier, M.J. & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2): 198-230.
- Breznitz, Z., & Meyler, A. (2003). Speed of lower-level auditory and visual processing as a basic factor in dyslexia: Electrophysiological evidence. *Brain and Language*, 85, 166-184.
- Casalis S, Cole P, Sopo D. (2004) Morphological awareness in developmental dyslexia. *Ann Dyslexia*. 54(1):114-38.
- Chevrie-Muller, C., Simon, A.-N., Fournier, S., Brochet, M.-O. (1997): *Batterie langage oral-langage écrit-Mémoire-Attention L2MA*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Danon-Boileau, L., & Barbier, D. (2000). *Play-On: Un logiciel d'entraînement à la lecture*. Paris: Audivi-Média.
- De Plazaola C., Gauthier F., Arsicaud M-F., Pech-Georgel C. (2003). Test d'orthographe : Le Petit Poucet (Texte étalonné du CE1 à la 3e), Marseille : Solal.
- 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(3), 250-287.

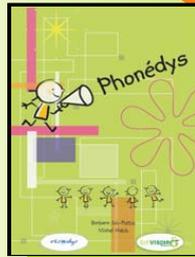
- Facoetti A., Lorusso M.L., Paganoni P., Umilta C., Mascetti G. G. (2003). The role of visuospatial attention in developmental dyslexia: evidence from a rehabilitation study. *Cognitive Brain Research*, 15 (2) :154-164.
- Gang, M., & Siegel, L.S. (2002). Sound-symbol learning in children with dyslexia. *J. Learn. Disab.*, 35 :137-157.
- Habib, M., Espesser, R., Rey, V., Giraud, K., Bruas, P., Gres, C. (1999). Training dyslexics with acoustically modified speech: evidence of improved phonological performance. *Brain & Cognition*, 40 : 143-146.
- Habib, M., Rey, V., Daffaure, V., Camps, R., Espesser, R., Démonet, J.F. (2002). Phonological training in dyslexics using temporally modified speech: A three-step pilot investigation. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 37 : 289–308
- Hari R, Renvall H. (2001) Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends Cogn Sci* , 5 : 525-532.
- Harm, M.W., Seidenberg, M.S. (1999). Phonology, reading acquisition, and dyslexia : insights from connectionist models. *Psychological Review*, 106 : 491-528.
- Jacot-Descombes, C., Assal, G.(1986). Epreuves continues : Lecture, dénomination en condition Stroop. *Revue Suisse de Psychologie*, 45 (4) : 255-270.
- Joly-Pottuz B., Habib M. (2009). Phonédys : Méthode de rééducation intensive des aptitudes phonologiques chez le dyslexique. Cit’Inspir et Résodys, coéditeurs.
- Joly-Pottuz B., Mercier M., Leynaud A. Habib M. (2006). Combined auditory and articulatory training improves phonological deficit in children with dyslexia. *Neuropsychological Rehabilitation*, 22 (1), 1 – 28.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1998). NEPSY: A developmental neuropsychological assessment. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Kujala, T., Karma, K., Ceponiene, R., Belitz, S., Turkkila, P., Tervaniemi, M. & Naätänen, R. (2001) Plastic neural changes and reading improvement caused by audio-visual training in reading-impaired children. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 98, 10509–10514.
- Lorusso, M.L., Facoetti, A., Toraldo, A., & Molteni, M. (2005). Tachistoscopic treatment of dyslexia changes the distribution of visual-spatial attention. *Brain and Cognition*, 57(2), 135-142.

- Magnan A, Ecalle J, Veuillet E, Collet L (2004). The effects of an audio-visual training program in dyslexic children. *Dyslexia* 10:131-140.
- Magnan A, Ecalle J. (2006) Audio-visual training in children with reading disabilities. *Computers & Education*, 46(4), 407-425.
- Mousty, P., Leybaert, J., Alegria, J., Content, A., Morais, L. (1994). BELEC : Une batterie d'évaluation du langage écrit et de ses troubles. In : *Evaluer les troubles de la lecture*. Gregoire J., Pierart B., eds. Bruxelles : DeBoeck Université : 127-145.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96(4), 523-568.
- Signoret, J.L. (1991). *Batterie d'efficacité mnésique. BEM 144*. Collection Esprit et Cerveau. Fondation IPSEN. Paris : Editions Elsevier.
- Stambak, M. (1951). Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution. *Revue Enfance*, 5, 480-502.
- Tallal, P., Gaab, N. (2006) Dynamic auditory processing, musical experience and language development. *Trends in Neurosciences*. Vol.29 N°7, July 2006.
- Thomson, J.B., Kerns, K., Seidenstrang, L., Sohlberg, M., Mateer, C. (2001). Pay Attention! A children's attention process training program. Wake Forest, N.C., Lash and Associates Publishing /Training, Inc.
- Torgesen JF, Alexander AW, Wagner RK, Rashotte CA, Voeller KKS, Conway T. (2001). Intensive remedial instruction for children with severe reading disabilities : immediate and long term outcomes of two instructional approaches. *Journal of Learning Disabilities*, 34 : 33-58.
- Vellutino, F.R. (1979). *Dyslexia : Research and theory*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Vellutino, F.R. (1987). *Dyslexia*. *Scientific American*, March, 1, 34-41.

résodys

CIT'INSPIR
ÉDITIONS

Phonédys



Barbara Joly-Pottuz
Neuropsychologue
Michel Habib
Neurologue

Le matériel de Phonédys est constitué de :

PHONEDYS est une **méthode originale d'entraînement auditif** de la conscience phonologique, destinée à la rééducation des enfants dyslexiques.

L'efficacité de la méthode Phonédys a été **scientifiquement prouvée**, ce qui la rend particulièrement intéressante pour l'orthophoniste clinicien.

Ce qui fait de Phonédys une méthode vraiment nouvelle, outre sa validation médicale, c'est la rigueur, la simplicité et la souplesse du dispositif qu'elle propose.

- Trois sets de deux Cds audio, supports des exercices **quotidiens** de conscience phonologique. (le patient emmène le kit à son domicile)

- Un **manuel de référence** à l'attention de l'orthophoniste, présentant l'histoire et le cadre théorique de la méthode.

- **Cinq cahiers de passation**

Bon de commande

Nom

Prénom

Adresse

E mail

Adresse de livraison si différente de l'adresse de facturation :

.....

Prix unitaire	Nombre d'exemplaires	Prix
72 TTC		
	Frais d'envois *	8
	Total	

* Franco de port pour les adhérents de Résodys : N°adh :

Réglement à envoyer à : Éditions Cit'inspir : Quartier Baïgura 64780 Irissarry
www.citinspir.fr • Courriel : citinspir@yahoo.fr