

Mémoire auditivo-verbale chez l'enfant : entraînement informatisé de l'empan de rythmes, syllabes et mots

Amélie RAGUENES*

* orthophoniste, Poitiers,
raguenes.ortho@gmail.com

Article issu d'un mémoire d'orthophonie : RAGUENES, A. (2011). « Mémoire auditivo-verbale chez l'enfant : entraînement informatisé de l'empan de rythmes, syllabes et mots ». Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité en orthophonie. Ecole d'orthophonie Université François-Rabelais, Tours.

direction du mémoire : Anne-Marie ROBERT-JAHIER, orthophoniste, 5 rue Mousseaux, Châteauroux (36), robert-jahier@wanadoo.fr

co-direction du mémoire : Peggy GATIGNOL, orthophoniste, Dr en Neurosciences, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, pôle tête et cou, 47/83 boulevard de l'hôpital, Paris (75), peggy.gatignol@psl.aphp.fr

Résumé :

La boucle phonologique, responsable du maintien de l'information verbale, est la composante la plus étudiée du modèle de la mémoire de travail de Baddeley. Un empan verbal insuffisant retentirait de manière négative sur les apprentissages langagiers. Cette étude propose alors l'élaboration d'un protocole d'entraînement informatisé de la mémoire auditivo-verbale à l'aide d'un logiciel destiné à stimuler la boucle phonologique lors de la répétition de séquences de rythmes, logatomes, mots, grâce à des aides rythmiques et visuo-spatiales s'estompant au fil du déroulement des sessions. Cet entraînement a été proposé pendant 5 mois à 12 enfants suivis en rééducation orthophonique pour différents troubles du langage qui ont tous un point commun : un empan mnésique verbal pathologique. Les évaluations pré et post-entraînement ont permis d'analyser l'effet d'une telle prise en charge sur les performances des enfants par rapport à celles d'enfants contrôles n'ayant pas bénéficié de ce programme spécifique. Les résultats ont montré l'intérêt de s'inspirer d'une telle technique de rééducation en orthophonie dans la prise en charge de la mémoire auditivo-verbale.

Mots clés : mémoire auditivo-verbale, rééducation, boucle phonologique, empan verbal, informatique, entraînement.

Auditivo-verbal memory in children : computerized session by rhythms, syllables and words

Summary :

The phonological loop, responsible for maintaining verbal information, is the most studied component Baddeley's model of working memory. An insufficient verbal span resounds negatively on language learning. This study proposes the development of a computerized auditivo-verbal memory protocol using software to stimulate the phonology during the repetition of rhythms, pseudo words, words, with rhythmic and visuo-spatial helps over the sessions. This training has been proposed during 5 months to 12 children within different speech therapy for speech disorders which all have one thing in common: a pathological verbal memory span. Pre-and post-training assessments were used to analyze the effect of such treatment on the performance of children relative to those of control children who did not receive this specific program. The results showed the interest to draw such a rehabilitation technique in speech therapy in the treatment of auditory-verbal memory.

Key words : auditory-verbal memory, rehabilitation, phonological loop, verbal span, computer training.

----- INTRODUCTION -----

La recherche en neuropsychologie a mis en évidence le rôle fondamental de la mémoire de travail, considérée comme l'espace central de la cognition. Les mécanismes cognitifs chez l'enfant sont plus difficiles à mettre en évidence car ce sont des systèmes en plein développement et en perpétuelle interaction avec leur environnement. Ce concept clé de développement s'applique à toutes les fonctions cognitives. Toutefois, c'est une relation spécifique qui a suscité notre intérêt : celle qui unit développement du langage et activités mnésiques.

En neuropsychologie, nous parlons souvent de la mémoire. En réalité, il s'agit « des » mémoires. Il existe des mémoires permanentes, ce qui renvoie à la mémoire à long terme. Il existe aussi des mémoires dites transitoires : la mémoire à court terme (MCT) et aussi la mémoire de travail, plus complexe et plus dynamique (Mazeau, 2003 ; Gillet, 2004). La dichotomie entre ces deux mémoires est plus nuancée. Il s'agit davantage d'un continuum que d'une réelle distinction. Baddeley (1986) a proposé le premier modèle de mémoire de travail qui aujourd'hui présente les composantes suivantes :

- un administrateur central à la base du contrôle de l'action,
- deux systèmes esclaves responsables du maintien temporaire de l'information suivant la nature de celle-ci : la boucle phonologique en ce qui concerne les informations verbales et le calepin visuo-spatial pour le stockage temporaire de l'information visuelle ou spatiale,
- un buffer épisodique, dernière composante à intégrer le modèle (Baddeley, 2000), doté de l'ensemble des propriétés nécessaires pour pallier les difficultés rencontrées par la structure initiale et mettre en évidence l'impact de certains effets langagiers sur le rappel.

La boucle phonologique est celle qui entretient les liens les plus étroits avec le langage. C'est pourquoi nous lui avons accordé une attention toute particulière. Elle est impliquée dans la rétention momentanée des informations verbales, qu'elles soient présentées auditivement ou visuellement (Gillet, 2004). Elle comprend d'une part une unité passive de stockage phonologique qui stocke l'information verbale pendant une très courte durée et d'autre part une boucle articulatoire active qui remplit deux fonctions selon deux processus stratégiques : le recodage phonologique des informations verbales visuelles et la répétition subvocale, encore appelée « récapitulation articulatoire » (Poncelet et coll., 2001).

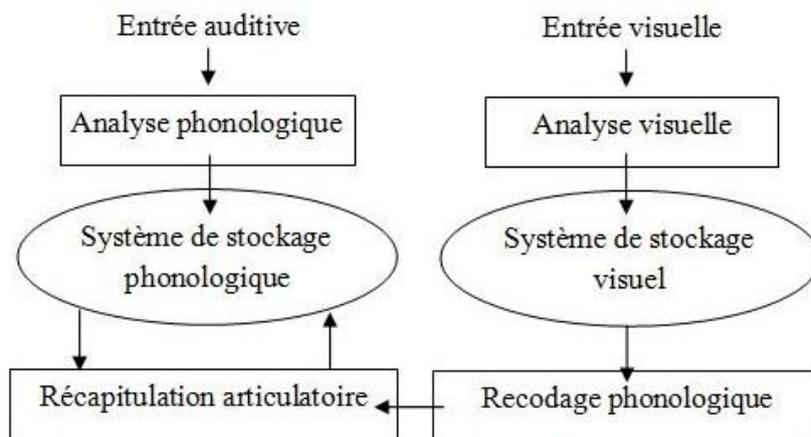


Figure 1. Modèle théorique de la boucle phonologique (Baddeley, 2003).

Le terme d'empan mnésique définit les limites structurales et fonctionnelles de la mémoire de travail. En ce qui concerne la boucle phonologique, on parle d'empan auditivo-verbal. Il se définit comme « la mesure de la capacité de rétention en mémoire à court terme d'un matériel linguistique verbal ou verbalisable » (Brin et coll., 2004) et correspond à la plus longue série d'items verbaux que le sujet peut immédiatement restituer dans l'ordre de leur présentation (Gillet, 2004). La justification du bon fonctionnement de la boucle serait la taille de cet empan. Depuis le célèbre article de Miller (1956), il est généralement admis un rapport entre l'âge chronologique et la taille de l'empan verbal allant de 2 items à 2/3 ans à 7 items plus ou moins deux à 11/12 ans comme chez l'adulte.

Au cours de cette recherche, nous avons laissé de côté la notion de manipulation d'informations (mémoire de travail) pour nous intéresser au rôle que tient la mémoire auditivo-verbale, sous-tendue par la boucle phonologique, dans le langage. Ce lien est explicité par certaines données d'imagerie cérébrale : en effet, les régions sous-tendant le traitement langagier seraient activement recrutées lors de la réalisation de tâches de mémoire à court terme verbale (Billard, 2004).

De plus, de nombreux tests d'exploration du langage chez l'enfant (utilisés lors des bilans orthophoniques) proposent des épreuves de mémoire auditivo-verbale. L'évaluation de la mémoire de travail chez l'enfant s'inscrit dans une dynamique développementale, chaque composante du modèle suivant sa propre trajectoire. Les propriétés de ces différentes composantes ne peuvent pas être mises en évidence par de simples épreuves. En effet, leur évaluation approfondie nécessite l'utilisation d'un certain nombre d'épreuves spécifiques. Dans le cadre de la mémoire de travail verbale, on s'intéresse donc au fonctionnement de la boucle phonologique, grâce aux procédures classiques d'empans directs (avec du matériel verbal ou verbalisable, en présentation auditive et en présentation visuelle) et en vérifiant la présence de l'effet de récence (au moyen de toute tâche de rappel libre de listes de mots de longueurs supérieures à l'empan du sujet) (Engle et coll., 1992).

Les modèles psycholinguistiques suggèrent que ce type de mémoire reposerait sur l'activation des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques du langage (Chassé, 2009). De fait, un certain nombre d'effets langagiers trahissent l'influence des connaissances langagières sur les capacités du stock phonologique (Chassé, 2009 ; Majerus, 2010).

Il existe une association entre la MCT verbale et les compétences linguistiques chez les enfants dont le langage est en développement. La mémoire phonologique des enfants joue un rôle non seulement dans l'acquisition du vocabulaire, mais aussi dans la longueur et la complexité de leurs constructions (Adams, Gathercole, 2000). L'empan verbal serait en lien avec le niveau de langage oral, en compréhension et en expression. Dans une tâche d'empan, deux types d'information doivent être maintenus et rappelés : les items présentés et l'ordre dans lequel ils ont été présentés. Il peut s'agir alors de l'ordre des mots (nécessaire à la construction syntaxique) mais aussi de l'ordre des phonèmes (nécessaire à l'acquisition du vocabulaire) (Adams, Gathercole, 2000). La boucle serait ainsi mobilisée pour retenir momentanément la structure de surface des énoncés, donc leur forme phonologique, le temps que l'administrateur central active les connaissances sémantiques (Poncelet et coll., 2001). Les processus en langage écrit requièrent aussi une boucle phonologique efficiente pour

retenir momentanément la forme phonologique de l'assemblage des phonèmes avant de dénommer ou rechercher le sens du mot ou de la phrase (Gillet et coll., 2000).

C'est en prenant en compte les processus mnésiques impliqués dans le développement du langage que l'on peut imaginer les difficultés engendrées par un fonctionnement déficitaire de la boucle phonologique chez l'enfant suivi en rééducation orthophonique.

1. La boucle phonologique chez l'enfant suivi en rééducation orthophonique : un fonctionnement déficitaire.

Depuis l'article de Gathercole et Baddeley (1990), de nombreux travaux suggèrent que les troubles du développement du langage oral, qu'ils s'agissent de retards simples ou de troubles spécifiques, sont associés à des troubles de mémoire de travail, en particulier à un fonctionnement déficitaire de la boucle phonologique. Ces troubles sont caractérisés par des transformations touchant la production et/ou l'ordre de succession des syllabes et/ou des phonèmes dans certains mots. C'est alors le traitement séquentiel qui est mis en jeu (Brin et coll., 2004 ; Coquet, Ferrand, 2004). Le trouble de langage peut aussi toucher non plus l'émission du mot dans sa composition phonologique, mais la structure du langage dans sa complexité syntaxique. Les enfants qui en présentent sont donc décrits comme ayant un empan verbal réduit (Bishop, 1992, in Gillet et coll., 2000).

Chez les sujets présentant des troubles du langage écrit, il existe aussi une réduction des capacités mnésiques verbales. Il est exposé en théorie que, quelle que soit la cause de la dyslexie, le déficit phonologique occupe une place centrale dans les difficultés d'apprentissage de la lecture. Chez les dyslexiques, le développement des processus de lecture serait donc « stoppé » au stade logographique, empêchant le développement des procédures phonologiques (stade alphabétique) (Brosnan et coll., 2002). De plus, tout comme les enfants présentant un trouble spécifique du langage oral, un déficit fréquemment rencontré chez les dyslexiques toucherait la mémoire auditivo-séquentielle. Il est donc établi que c'est à un déficit en mémoire à court terme phonologique qu'est reliée la dyslexie (Gillet et coll., 2000 ; Ramus et coll., 2003 ; Sprenger-Charolles, 2004). Ces données ont été récemment complétées par l'observation d'une précision et d'une rapidité de traitement moindres chez les enfants présentant un trouble spécifique du langage par rapport aux enfants sans trouble de même âge, quel que soit le domaine du traitement, verbal ou visuo-spatial. L'un des résultats les plus importants est leur déficit significatif dans les tâches complexes nécessitant un stockage verbal accompagné d'un traitement de l'information, de quelque nature qu'il soit (Archibald, Gathercole, 2007).

Il a aussi été montré que les enfants sourds avaient des difficultés en mémoire à court terme. L'absence de feed-back auditif aurait un impact négatif sur le rappel (Conrad, 1970). On a montré que les enfants sourds avaient un empan verbal plus court que les enfants entendants (Logan et coll., 1996 ; Pisoni, Geers, 1998). Par ailleurs, tout comme les enfants présentant des troubles de la parole et du langage, les enfants sourds auraient des performances moins importantes que celles des entendants dans les épreuves mettant en œuvre les processus séquentiels (Douet, 1993, in Clouard et coll., 2007).

En résumé, les données de la littérature nous indiquent que la mémoire à court terme est liée au langage et qu'un empan réduit serait en conséquence un facteur négatif pour tous les

apprentissages nécessitant un traitement langagier ; il est donc utile de travailler ce domaine chez les enfants présentant un trouble de la parole et du langage. Nous pensons alors que cette rééducation doit nécessiter l'élaboration de stratégies spécifiques.

2. Aides pour la mémoire auditivo-verbale

La prise en charge des troubles mnésiques chez l'enfant reste réduite et peu normalisée. Toutefois, l'expérience clinique des orthophonistes et certaines références théoriques quant au fonctionnement cognitif des enfants avec trouble du langage permettent de donner des pistes de rééducation.

Toute rééducation orthophonique a pour objectif le principe d'étayage (Bruner, 1983). Le thérapeute doit aider l'enfant à reconstruire autrement ses processus en utilisant les voies de suppléance qui s'appuient sur les capacités préservées. Parmi les techniques neuropsychologiques, on retrouve aussi la technique d'estompement. Elle permet de mémoriser des informations en estompant progressivement les étayages (Glisky et coll., 1986).

Les enfants que nous recevons en orthophonie présentent souvent des troubles de la perception auditive. Bien que les différences interindividuelles nous démontrent parfois le contraire, car chaque enfant est unique et fonctionne différemment, nous rencontrons surtout en rééducation des penseurs visuels (Audétat, Voirol, 1996). Grâce à la plasticité cérébrale, des modifications fonctionnelles et structurales s'effectuent dans leur cerveau (Vachon, 2010). Les thérapeutes ont alors recours à différentes aides visuelles afin d'aider ces enfants à communiquer et accéder aux apprentissages. Le but de ces systèmes de soutien est de mieux visualiser les aspects phonologiques, syntaxiques et lexicaux du langage (Garnier-Lasek, Wavreille, 2004). Nous pensons alors que cela allait peut-être faciliter également la rétention à court terme.

L'autre relation que nous proposons dans notre travail est née de la clinique car il s'agit d'une relation non objectivée dans la littérature : celle qui rapproche rythme et mémoire à court terme. En revanche, il n'en est pas de même pour l'association entre rythme et langage, oral et écrit, notamment du fait de leur point commun essentiel : leur séquentialité. La maîtrise du rythme est une condition nécessaire aux acquisitions langagières. La capacité testée met en jeu non seulement un empan mnésique (la séquence proposée comporte un plus ou moins grand nombre de coups frappés), mais aussi la capacité à percevoir auditivement l'organisation dans le temps d'une structure et à la restituer. Par son caractère séquentiel, le langage semble donc naître à la fois de bases rythmiques et mnésiques (Borel-Maisonny, 1960 ; Bertrand, 2009). Nous pensons alors que l'organisation du rythme pouvait avoir une influence sur la mémorisation à court terme.

L'emploi de l'outil informatique en rééducation orthophonique est parfois critiqué. La limite principale serait la crainte de voir s'estomper la relation privilégiée et duelle de communication entre thérapeute et patient (Pagnard, 2004). Mais il est de plus en plus fréquent, notamment en neuropsychologie cognitive (Seron et coll., 2008), de trouver dans la littérature un aperçu des avantages de cet outil pour l'enfant (adulte à ses côtés et non de face, aspect ludique, contournement des difficultés associées type graphisme, pas de trace des erreurs) et pour le rééducateur (nombreuses options de paramétrage) (Harlin, 1996 ; Pagnard, 2004). De plus, l'utilisation de l'informatique est de plus en plus fréquente dans la vie quotidienne de l'enfant (domicile, école), ce qui en fait un outil familier. L'ordinateur en soi

est déjà un instrument de rééducation. En effet, il mobilise simultanément les canaux auditif et visuel. Par ailleurs, son maniement nécessite des procédures qui font appel à des capacités d'organisation temporo-spatiale ou encore oculo-manuelles par la manipulation de la souris, à l'autonomie et la concentration. Il est aussi intéressant lors de l'évaluation puisqu'il répond au besoin de reproductibilité de la passation et de précision des mesures. Il permet notamment de prendre en compte objectivement le temps de réaction et le temps de traitement des items lors de la résolution de tâches linguistiques (Gatignol et coll., 2011). C'est dans ce cadre que l'informatique s'inscrit comme un outil complémentaire parmi d'autres, ne se substituant pas au thérapeute, et dont l'intérêt repose sur l'utilisation qui en est faite au sein du projet rééducatif global (Coquet, Ferrand, 2004 ; Pagnard, 2004).

Nous nous sommes donc inspirés de toutes ces données théoriques et de l'expérience clinique des orthophonistes pour créer notre outil.

----- HYPOTHESE -----

Nous avons émis l'hypothèse que notre protocole d'entraînement informatisé spécifique du rappel de séries de rythmes, de non-mots et de mots mettant en jeu des stratégies visuelles et rythmiques pouvait engendrer une progression des performances en mémoire auditivo-verbale chez des enfants avec troubles du langage oral et/ou langage écrit et chez des enfants sourds, et ce de façon plus significative que chez des enfants contrôles.

----- MATERIEL ET METHODES -----

1. Population

Les 24 enfants qui ont participé à notre étude bénéficiaient tous d'une rééducation orthophonique, en cabinet libéral pour 22 d'entre eux, en Centre Médico-Psycho-Pédagogique pour les 2 autres. Leurs pathologies étaient variées : retard de parole, retard de langage oral et/ou écrit, trouble spécifique du développement du langage oral et/ou écrit, surdité légère à profonde. Mais si leurs troubles du langage étaient bien différents, ils avaient toutefois un point commun : ils étaient tous démunis dans leurs capacités mnésiques verbales. Cette difficulté, qui a été décelée lors des bilans d'évolution que les orthophonistes réalisent systématiquement au cours de leur prise en charge (épreuves de mémoire auditivo-verbale de chiffres, de phrases issues des batteries d'évaluation du langage), pénalisait les enfants dans tous leurs apprentissages langagiers. C'est pourquoi nous avons souhaité essayer de les faire progresser en les soumettant à cet entraînement. Nous avons regroupé ces enfants en 2 populations :

- la population des enfants avec troubles du langage oral/langage écrit
- la population des enfants sourds

Chaque population a été elle-même scindée en 2. Nous avons donc obtenu 4 groupes pour notre étude :

- 5 enfants avec troubles du langage oral/langage écrit à entraîner
- 5 enfants avec troubles du langage oral/langage écrit contrôles
- 7 enfants sourds à entraîner
- 7 enfants sourds contrôles

Nous avons choisi une population d'enfants contrôles ayant des difficultés de langage pris en charge en orthophonie afin de pouvoir apprécier aussi les effets de la rééducation traditionnelle.

2. Protocole

Création du logiciel

Objectif

Le logiciel d'entraînement que nous avons créé a pour objectif la stimulation de la boucle phonologique lors de la répétition de séquences de rythmes, de logatomes (présentés auditivement et visuellement par leur forme écrite) et de mots (présentés auditivement ou visuellement en images) grâce à des aides rythmiques et visuelles qui s'estompent au fil de l'entraînement. L'ordinateur est un support qui semblait justifié pour obtenir des variations temporelles fiables et une synchronisation son/image. L'outil informatique offre donc à l'entraînement un aspect rigoureux mais aussi un aspect ludique. Nous avons essayé de construire le logiciel de façon justifiée et de réunir le maximum de stratégies qui pourraient aider l'enfant à mieux mémoriser. Nous espérons que, grâce à cet entraînement, l'enfant allait développer spontanément des stratégies pour améliorer sa mémoire à court terme verbale, stratégies qu'il ne possède pas : la répétition subvocale notamment ainsi qu'un ralentissement dans la répétition pour permettre le développement de qualités d'analyse phonologique, mais aussi d'analyse du nombre des unités dans les séquences langagières et de leur déroulement temporel dans un ordre et à un rythme précis. Nous attendions aussi que l'enfant, face à un matériel visuel, mette en place la stratégie du recodage phonologique. La finalité principale de ce logiciel était d'habituer l'enfant à une procédure d'imitation dont le but était d'engendrer implicitement les stratégies précédemment décrites. Nous espérons que cette technique allait favoriser une automatisation afin que l'enfant les transpose dans ses futurs apprentissages mnésiques.

Contenu

Conformément aux références théoriques, nous avons voulu proposer aux enfants un étayage par le rythme en disposant, au sein des séries, les syllabes et les mots selon une organisation rythmique particulière. Nous inspirant toujours de la littérature, nous avons effectué le choix et l'organisation des items au sein des sessions selon les effets langagiers observés dans les tâches de rappel verbal : effets de longueur, de similarité phonologique, de lexicalité, de fréquence phonotactique, de fréquence lexicale, de concrétude et d'imagerie.

Nous avons également voulu soutenir leur rétention en intégrant une aide visuo-spatiale. Il s'agit de repères formés de points. Chaque regroupement de points (dans un carré) correspond à une unité de la séquence rythmique ou verbale à rappeler. Pour les séries verbales, il y a dans chaque carré autant de points que de syllabes dans le logatome ou le mot qui est représenté. L'aide visuelle se matérialise aussi à l'aide de la forme écrite des logatomes et des images en couleur pour les mots. Le logiciel s'organise en sessions. Il y en a 16 en tout.

Chaque session est composée de 3 parties, toujours construites selon la même progression : reproduction de rythmes, répétition de syllabes rythmées, répétition de mots rythmés. Dans la plupart des sessions, les 3 parties se superposent. Par exemple, un coup (de la partie rythmes) correspond à une syllabe puis à un mot unisyllabique. Ainsi, une unité de 2 coups rapides correspond à un logatome de 2 syllabes, puis à un mot bisyllabique, et ainsi de suite.

Cette superposition a également lieu au niveau phonologique. Les logatomes et mots d'une même session ont la même complexité phonologique.

Au fil des sessions sont introduits progressivement des rythmes plus complexes et plus longs, des séries de plus en plus longues de logatomes qui seront phonologiquement plus complexes et plus longs, des séries de plus en plus longues de mots qui seront de plus en plus complexes, de plus en plus longs et de moins en moins fréquents. De plus, conformément aux données de la littérature concernant la rééducation cognitive de la mémoire, et plus précisément la technique d'estompage, nous avons ajouté à cette complexification progressive la diminution graduelle des aides visuelles.

Les sessions fonctionnent 2 par 2. Une session paire accompagne toujours sa session impaire. Les deux sessions associées utilisent les mêmes séquences rythmiques et les mêmes séries de syllabes et de mots, mais leur fonctionnement n'est pas le même. En effet, au sein des sessions paires, l'étayage est beaucoup moins présent (seule l'aide par les repères formés de points reste présente, il n'y a plus ni forme écrite des syllabes ni images). Nous avons voulu construire les sessions selon une progression lente et régulière, chaque session devant présenter une seule nouvelle difficulté. A l'issue de chaque session, une fenêtre « observations » permet au rééducateur de noter éventuellement des remarques qualitatives.

Dans le logiciel, un lien « résultats » permet de relire les commentaires mais aussi de voir les scores, c'est-à-dire le nombre d'écoutes qu'a nécessité chaque série. En conclusion, on utilise un étayage visuel et rythmique (donc corporel) qui s'estompe au fil des sessions. On met ainsi en jeu d'autres formes de mémoire, que l'on espère plus performantes, afin de pallier le déficit auditivo-verbal.

Partie rythmes

Chaque session débute par ce petit module de reproduction de rythmes. L'ordinateur produit un son (qui s'apparente à un coup de crayon sur un bureau) suivant un certain rythme que l'enfant doit reproduire sur un tambourin ou avec un autre objet. L'ordinateur propose 5 modèles et l'enfant doit poursuivre seul 5 fois sans erreur. La reproduction de rythmes sert de module « pré-mnésique » où l'enfant peut, avant la mise en place de la composante verbale, s'exercer à analyser l'organisation temporelle d'une structure auditive et à la restituer.

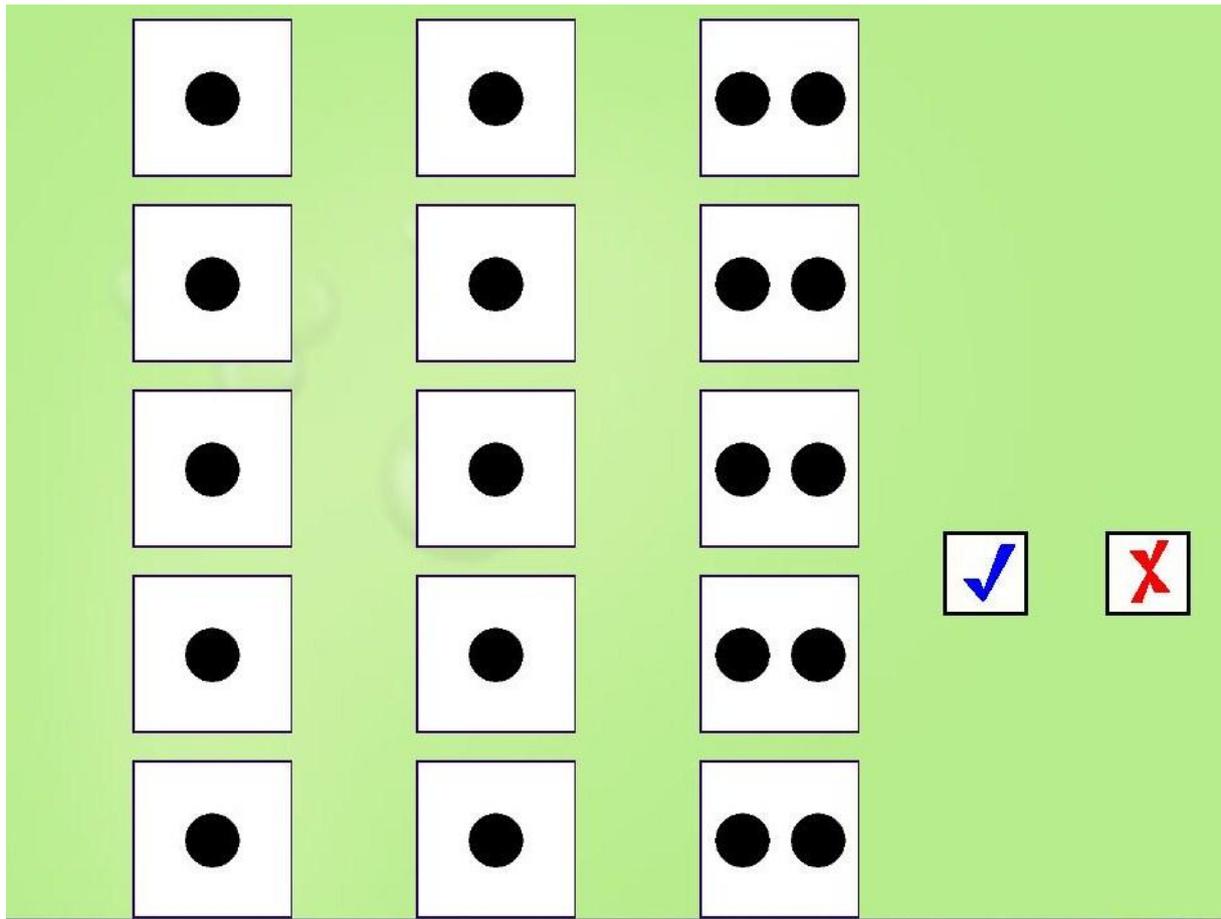


Figure 2. Capture d'écran de la partie rythmes session 7.

Partie syllabes

L'enfant doit répéter des séries de syllabes phonotactiquement correctes données par une voix féminine à l'ordinateur et organisées selon un certain rythme. La forme écrite des syllabes n'est présente que lors des sessions impaires et ne représente qu'un soutien à la répétition du modèle auditivo-verbal. Nous avons souhaité créer cette partie stimulant la boucle phonologique à partir de syllabes car la syllabe (encore appelée logatome ou non-mot) est un item sans signification. Ainsi, l'enfant ne peut pas s'appuyer sur ses connaissances lexico-sémantiques pour soutenir son rappel. De plus, ce choix a été effectué car la langue française est une langue syllabique, dont le discours est rythmé par cette unité spécifique.

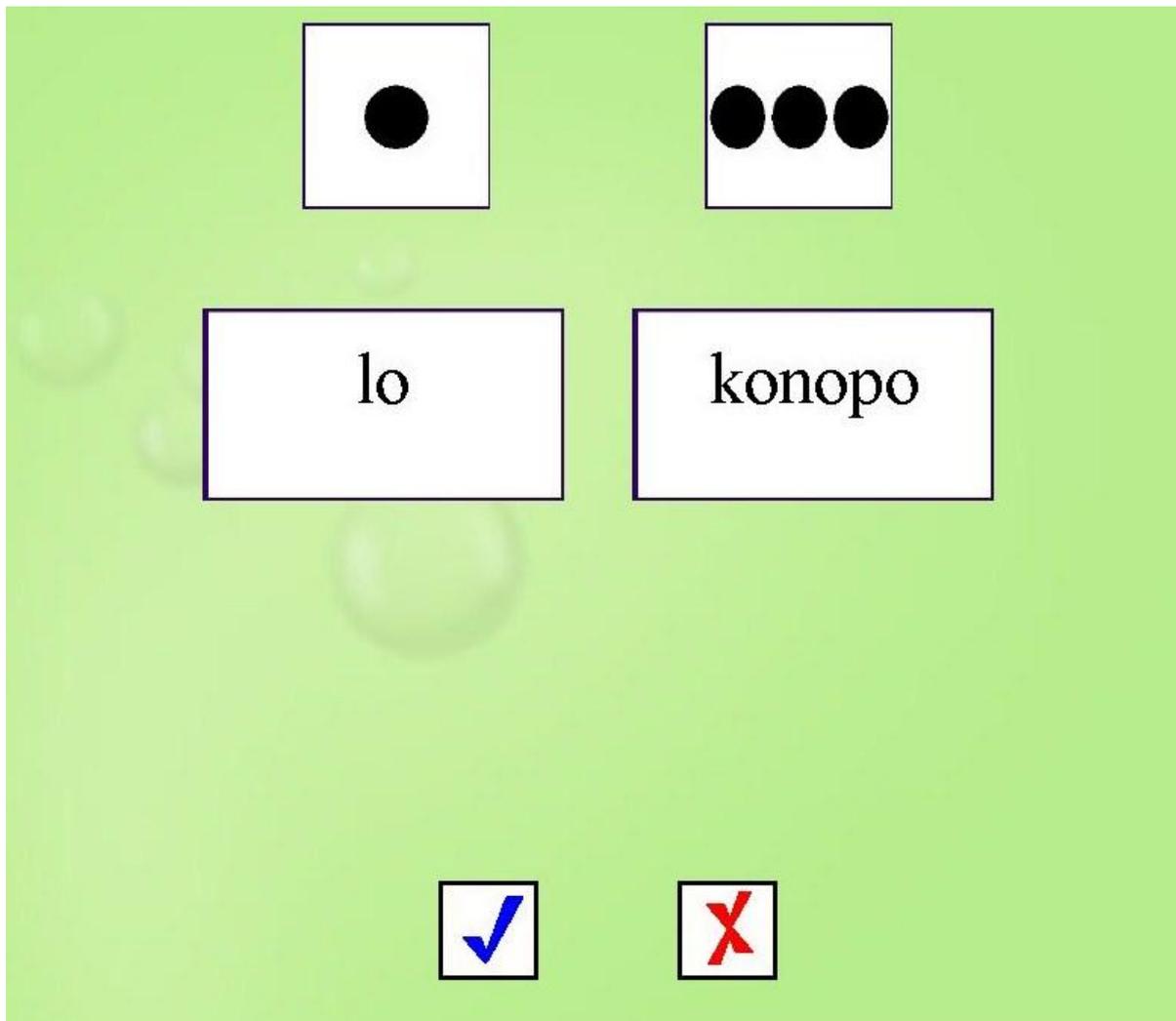


Figure 3. Capture d'écran de la partie syllabes 1 session 9.

Partie mots

L'enfant doit ici répéter des séries de mots concrets et imageables en modalité auditivo-visuelle (l'aide visuelle par les images est alors un soutien, uniquement présente dans les sessions paires) ou uniquement auditive (sessions impaires) ou uniquement visuelle (ce qui nous permettait d'appréhender le développement du recodage phonologique).

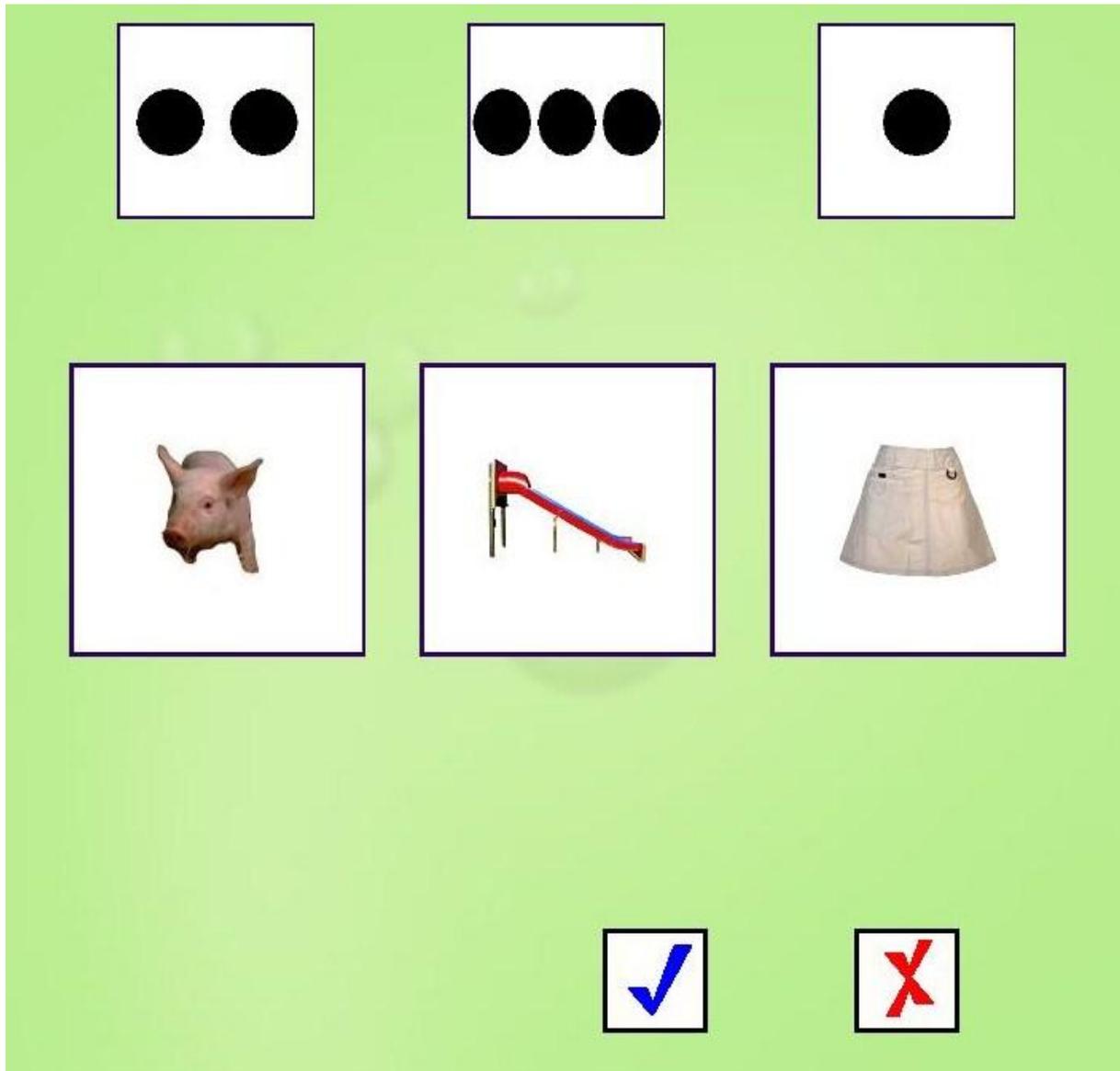


Figure 4. Capture d'écran de la partie mots 3 session 11.

Evaluation

Les lignes de base individuelles (t1) ont été établies en présentant à ces 24 enfants 8 épreuves provenant de sources différentes :

- une épreuve de mémoire de chiffres, la plus courante pour évaluer un empan (subtest « Mémoire de chiffres » de l'Aloé) (Plaza, Robert-Jahier, 2009).
- une épreuve de mémoire de non-mots, la mesure la plus exacte et spécifique des capacités de stockage phonologique à court terme (partie « répétition de non-mots phonotactiquement corrects » d'une batterie d'évaluation de la mémoire de travail chez l'enfant présentée dans un mémoire d'orthophonie) (Many, Ducasse, 2008).
- une épreuve de mémoire de mots (utilisation de la même batterie d'évaluation) (Many, Ducasse, 2008).
- une épreuve de reproduction de rythmes (subtest « Mémoire de rythmes » de l'Aloé) (Plaza, Robert-Jahier, 2009).

- une épreuve de mémoire d'images qui nous a permis d'identifier la présence ou l'absence de recodage phonologique des items (nous avons souhaité nous inspirer d'une épreuve présentée dans un mémoire d'orthophonie, épreuve elle-même issue d'une étude sur le fonctionnement de la boucle phonologique chez des enfants dysphasiques) (Vigreux, 1994, in Piveteau, Sausset, 1995).

- une épreuve de dénomination rapide (DR) car la vitesse d'articulation subvocale est un paramètre commun à cette épreuve et à la mémoire à court terme verbale (test informatisé DRA enfants : Dénomination Rapide Automatisée pour enfants) (Plaza, Robert-Jahier, 2006). Nous avons intégré à notre ligne de base une évaluation de la mémoire visuo-spatiale à court-terme pour mettre en évidence l'absence de déficit dans ce secteur chez les enfants et donc des déficits tout à fait spécifiques de la boucle phonologique. Il nous fallait :

- une mémoire visuelle dynamique (MVD) donc séquentielle (Corsi Block Tapping Test, encore appelé « test des cubes de Corsi ») (Corsi, 1972, in Noël, 2007).

- une mémoire visuelle statique (MVS), épreuve témoin visuo-spatiale mais non séquentielle (nous avons créé, en nous inspirant des tests pour adultes, notre propre épreuve de mémoire visuelle simultanée à partir du logiciel MémoVIT) (Eggenspieler, 2002).

La plupart des épreuves de notre évaluation étaient informatisées, ce qui leur a donné un caractère ludique mais surtout une rigueur et une reproductibilité que l'on ne retrouve pas dans les tâches « papier/crayon ». Ainsi, tous les sujets ont bénéficié des mêmes conditions de passation. L'évaluation de tous les enfants s'est déroulée dans leur lieu de prise en charge habituel. La passation des 8 épreuves de la ligne de base a nécessité 3 à 4 séances selon les enfants à raison de 20 minutes environ de temps consacré à cette tâche au sein de la séance de rééducation. Nous avons souhaité fractionner ainsi l'évaluation avant tout pour leur bien (fatigue, saturation cognitive) mais aussi pour tendre vers des résultats les plus proches possibles de leurs compétences réelles.

A l'issue de la période d'entraînement (t2), nous avons reproposé aux enfants les mêmes épreuves afin d'analyser l'effet d'un tel entraînement sur leur rétention auditivo-verbale grâce à leurs résultats et à ceux des enfants contrôles n'ayant pas bénéficié de ce programme spécifique.

Entraînement

Tous les enfants ont été entraînés de façon régulière pendant 5 mois dans le cadre de leur rééducation habituelle à un rythme d'1 à 2 séances hebdomadaires. Tous n'ont pas pu bénéficier du même nombre de séances d'entraînement, en raison d'une part de la différence de prise en charge orthophonique selon les pathologies, d'autre part à cause de facteurs incontrôlables tels que la fatigue, l'humeur, les absences, les vacances... Les enfants avec troubles du langage ont eu environ 10 séances. Les enfants sourds, environ 25. Malgré l'importance des difficultés d'apprentissage engendrées par les troubles de la mémoire à court terme verbale, il ne s'agit pas du seul domaine à travailler en rééducation. De plus, cet entraînement demande aux enfants d'énormes capacités d'attention et de concentration. C'est pourquoi le temps de la séance a été réparti entre entraînement et prise en charge classique. Nous avons été 3 à participer à l'entraînement des enfants : 2 orthophonistes (orthophonistes habituelles des enfants) et 1 étudiante. Certains enfants ont été entraînés par une seule personne, d'autres par deux personnes. Même si nous employons dans ce travail le terme « entraînement » pour en souligner le caractère régulier et spécifique, nous avons souhaité rendre les séances ludiques et agréables, en étant à l'écoute des capacités de concentration de

l'enfant et de la fatigue que procure une telle tâche. Nous avons pu dégager de toutes ces séances, des particularités communes aux deux populations d'enfants mais aussi des différences concernant le nombre d'écoutes nécessaires, le déroulement des différentes parties avec leur caractère attractif et leurs difficultés, les stratégies mises en place (ralentissement, répétition subvocale, recodage phonologique) et le comportement. Au sein d'une population, les profils d'entraînement ont aussi été variés.

----- RESULTATS ET DISCUSSION -----

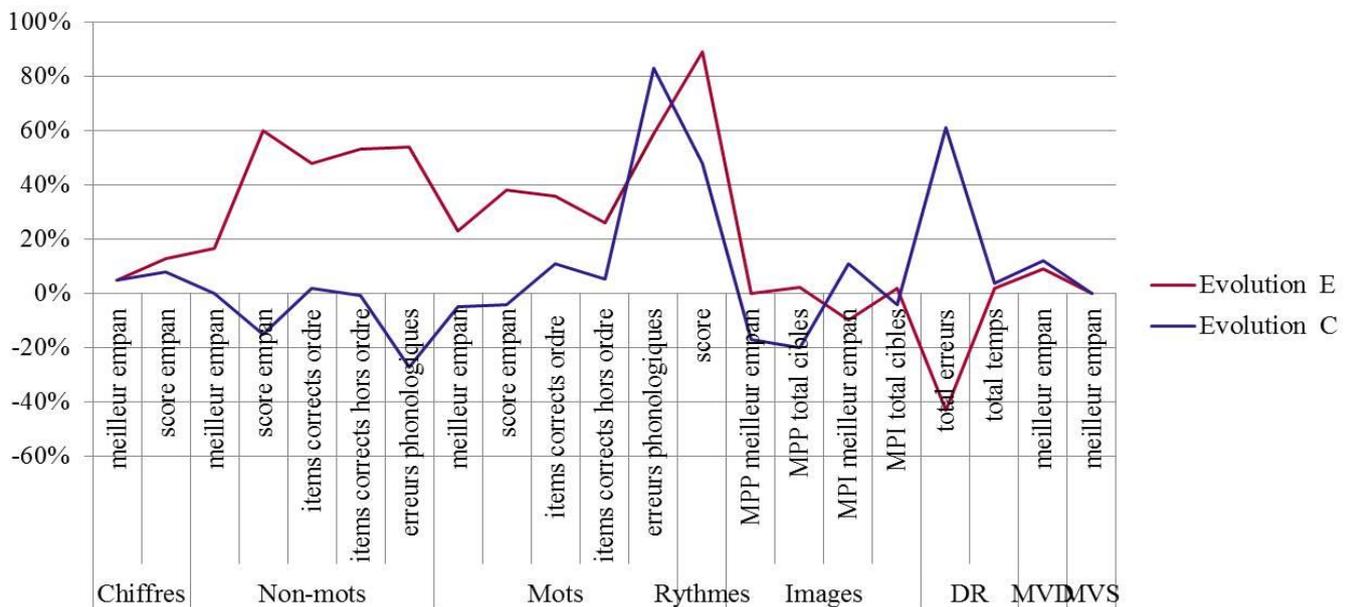
Les résultats des enfants n'ont pas été étalonnés mais sont restés à l'état de scores bruts. En effet, l'objectif n'était pas d'évaluer l'écart par rapport à la norme mais de comparer leurs résultats pré et post-entraînement (à t1 et à t2).

Chaque groupe d'enfants étant de petit effectif, l'analyse statistique a été effectuée avec des tests non paramétriques. Les relations entre une variable qualitative et une variable quantitative ont été étudiées avec des tests de Wilcoxon/Kruskal-Wallis. Les relations entre deux variables quantitatives ont été étudiées avec des tests de coefficient de relation des rangs de Spearman. Les analyses ont été réalisées avec le logiciel JMP9 et le logiciel Microsoft Excel.

Nous avons appelé la population des enfants avec troubles du langage oral et/ou écrit : « population LO/LE » et celle des enfants sourds : « population sourds ».

E = entraîné(s) ; C = contrôle(s)

Résultats population LO/LE



DR = dénomination rapide ; MVD = mémoire visuelle dynamique ; MVS = mémoire visuelle statique ; MPP = mots phonologiquement proches ; MPI = mots phonologiquement indépendants.

Figure 5. Comparaison des évolutions des deux groupes E et C de la population LO/LE après entraînement.

Avant l'entraînement, les résultats du groupe E et du groupe C n'ont montré aucune différence significative. Ils présentaient donc les mêmes difficultés.

Après entraînement, les enfants E (ligne rouge) ont progressé, et plus que les C aux épreuves de mémoire de chiffres, de non-mots, de mots et en reproduction de rythmes. Les deux groupes ont très peu progressé en mémoire d'images, en dénomination rapide et en mémoire visuelle.

Des résultats significatifs ont pu être révélés par l'analyse statistique.

	EPREUVE	Evolution				
		E	p	C	p	E/C p
Chiffres	meilleur empan	5%	ns	5%	ns	ns
	score empan	13%	ns	8%	ns	ns
Non-mots	meilleur empan	17%	ns	0%	ns	0,05
	score empan	60%	ns	-15%	ns	
	items corrects ordre	48%	0,001	2%	ns	0,002
	items corrects hors ordre	53%		-1%	ns	0,001
	erreurs phonologiques	54%	0,01	-27%	ns	0,02
Mots	meilleur empan	23%	ns	-5%	ns	ns
	score empan	38%	ns	-4%	ns	ns
	items corrects ordre	36%	ns	11%	ns	ns
	items corrects hors ordre	26%	ns	5%	ns	ns
	erreurs phonologiques	59%	ns	83%	0,04	ns
Rythmes	score	89%	0,001	48%	ns	ns
Images	MPP meilleur empan	0%	ns	-17%	ns	ns
	MPP total cibles	2%	ns	-20%	ns	ns
	MPI meilleur empan	-10%	ns	11%	ns	ns
	MPI total cibles	2%	ns	-4%	ns	ns
DR	total erreurs	-43%	ns	61%	ns	ns
	total temps	2%	ns	4%	ns	ns
MVD	meilleur empan	9%	ns	12%	ns	ns
MVS	meilleur empan	0%	ns	0%	ns	ns

Tableau 1. Comparaison des pourcentages d'évolution entre t1 et t2 du groupe E et du groupe C de la population LO/LE et leurs significativités (colonne p : significativité ; ns = non significatif ; DR = dénomination rapide ; MVD = mémoire visuelle dynamique ; MVS = mémoire visuelle statique ; MPP = mots phonologiquement proches ; MPI = mots phonologiquement indépendants.).

Comparaison des résultats du groupe LO/LE E et du groupe LO/LE C à t2

Post-entraînement, les enfants du groupe LO/LE E ont obtenu de manière significative de meilleurs résultats que le groupe C dans le rappel de non-mots : empan ($p = 0.05$), items correctement restitués dans l'ordre ($p = 0.002$), items correctement restitués hors ordre ($p = 0.001$), erreurs phonologiques ($p = 0.02$), soulignant le bénéfice de la prise en charge spécifique à partir du logiciel créé.

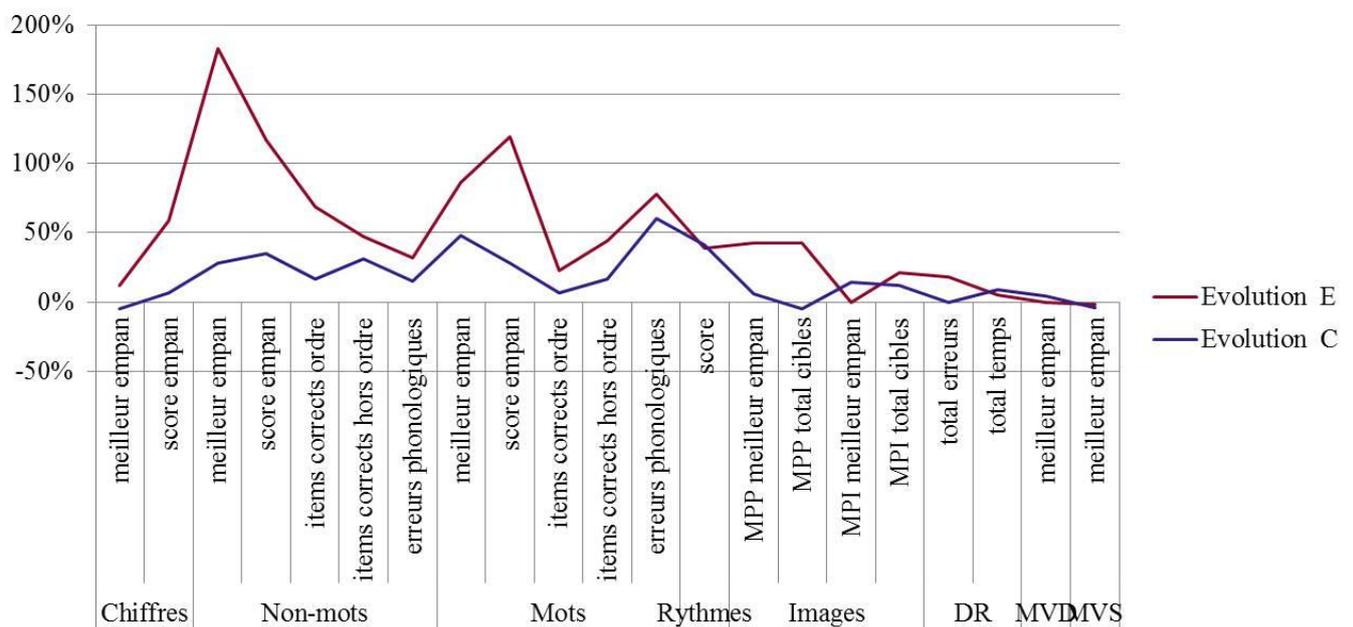
Comparaison des résultats du groupe LO/LE E pré et post-entraînement

Les résultats sont significativement meilleurs en mémoire de non-mots pour les items correctement rappelés dans l'ordre et hors ordre ($p = 0.001$). Les enfants réalisent également moins d'erreurs phonologiques ($p = 0.01$). De la même manière, la reproduction de rythmes a doublé ($p = 0.001$).

Comparaison des résultats du groupe LO/LE C pré et post-entraînement

Lors de la réévaluation, les enfants du groupe LO/LE C ont significativement commis moins d'erreurs phonologiques sur les mots qu'à t1 ($p = 0.04$), ce qui représente un argument en faveur des apports de la rééducation classique.

Résultats population sourds



DR = dénomination rapide ; MVD = mémoire visuelle dynamique ; MVS = mémoire visuelle statique ; MPP = mots phonologiquement proches ; MPI = mots phonologiquement indépendants.

Figure 6. Comparaison des évolutions des deux groupes E et C de la population sourds après entraînement.

L'analyse statistique des résultats nous montre qu'avant la période d'entraînement, le groupe des futurs E obtenait significativement de moins bons résultats dans le rappel de non-mots : empan ($p = 0.004$), items correctement rappelés ordre et hors ordre ($p = 0.03$). En revanche, ils commettaient significativement moins d'erreurs phonologiques que le groupe C ($p = 0.05$). Les enfants entraînés ont progressé et plus que les C aux épreuves de mémoire de chiffres, de non-mots et de mots. Ils ont progressé en rythme mais les enfants C aussi. Les deux groupes ont très peu progressé en mémoire d'images, en dénomination rapide et en mémoire visuelle. Comme pour l'autre population, des résultats significatifs ont pu être révélés par l'analyse statistique.

EPREUVE		Evolution				
		E	p	C	p	E/C p
Chiffres	meilleur empan	12%	ns	-5%	ns	ns
	score empan	59%	ns	7%	ns	ns
Non-mots	meilleur empan	183%	0,04	28%	ns	ns
	score empan	117%		35%	ns	ns
	items corrects ordre	69%	ns	17%	ns	ns
	items corrects hors ordre	47%	ns	31%	ns	ns
	erreurs phonologiques	32%	ns	15%	ns	ns
Mots	meilleur empan	86%	0,02	48%	ns	ns
	score empan	119%		28%	ns	ns
	items corrects ordre	23%	ns	7%	ns	ns
	items corrects hors ordre	44%	ns	17%	ns	ns
	erreurs phonologiques	78%	ns	60%	ns	ns
Rythmes	score	39%	ns	41%	ns	ns
Images	MPP meilleur empan	43%	ns	6%	ns	ns
	MPP total cibles	43%	ns	-5%	ns	ns
	MPI meilleur empan	0%	ns	14%	ns	ns
	MPI total cibles	21%	ns	12%	ns	ns
DR	total erreurs	18%	ns	0%	ns	ns
	total temps	5%	ns	9%	ns	ns
MVD	meilleur empan	0%	ns	4%	ns	ns
MVS	meilleur empan	-2%	ns	-4%	ns	ns

Tableau 2. Comparaison des pourcentages d'évolution entre t1 et t2 du groupe E et du groupe C de la population sourds et leurs significativités.

Comparaison des résultats du groupe sourds E et du groupe sourds C à t1

Avant la période d'entraînement, le groupe des futurs E obtenait significativement de moins bons résultats dans le rappel de non-mots : empan ($p = 0.004$), items correctement rappelés ordre et hors ordre ($p = 0.03$). En revanche, ils commettaient significativement moins d'erreurs phonologiques que le groupe C ($p = 0.05$).

Comparaison des résultats du groupe sourds E et du groupe sourds C à t2

Le groupe E ayant nettement progressé dans le rappel de non-mots lors de la réévaluation, les résultats ne sont plus significatifs en comparaison à la population C initiale.

Comparaison des résultats du groupe sourds E pré et post-entraînement

Les enfants sourds E ont allongé leurs empan de non-mots et de mots de façon significative entre t1 et t2 : empan de non-mots ($p = 0.04$), empan de mots ($p = 0.02$).

Comparaison des résultats du groupe sourds C pré et post-entraînement

Les enfants du groupe sourds C n'ont pas progressé de manière significative entre t1 et t2. Ces constats mettent particulièrement en valeur l'effet de l'entraînement sur les compétences phonologiques des enfants sourds.

Comparaison des deux populations

Comparaison des résultats des deux groupes d'enfants E (LO/LE et sourds) obtenus à t1

Avant l'entraînement, les résultats du groupe des futurs E sourds étaient significativement moins bons que ceux des futurs E LO/LE dans le rappel de non-mots : empan ($p = 0.01$), items correctement restitués ordre et hors ordre ($p = 0.01$). Ils étaient aussi significativement moins bons pour l'empan de mots ($p = 0.05$) et surtout en ce qui concerne les erreurs phonologiques ($p = 0.001$).

Comparaison des résultats des deux groupes d'enfants E obtenus à t2

A t2, le groupe d'enfants LO/LE E a encore obtenu de manière significative de meilleurs résultats que les enfants sourds E pour l'empan de non-mots ($p = 0.03$) et le taux d'items correctement restitués ordre et hors ordre ($p = 0.01$). En revanche, les enfants sourds E ont obtenu significativement, après entraînement, de meilleurs résultats concernant le taux d'erreurs phonologiques sur les non-mots ($p = 0.04$) et sur les mots ($p = 0.04$).

Ces constats mettent particulièrement en valeur l'effet de l'entraînement sur les compétences phonologiques des enfants sourds.

Comparaison des résultats des 2 groupes C (LO/LE et sourds) obtenus à t1

Avant l'entraînement, les résultats du groupe C LO/LE étaient significativement meilleurs que ceux du groupe C sourds en empan de non-mots ($p = 0.02$), taux de non mots correctement restitués ordre et hors ordre ($p = 0.01$), taux d'erreurs phonologiques de non-mots ($p = 0.04$) et de mots ($p = 0.01$).

Comparaison des résultats des 2 groupes C obtenus à t2

A t2, les résultats ne sont plus significatifs sauf pour les erreurs phonologiques sur les mots où les sourds font toujours significativement plus d'erreurs ($p = 0.01$) que les enfants LO/LE.

Ces changements démontrent l'action importante de la rééducation traditionnelle chez les enfants sourds par rapport aux enfants LO/LE.

Une des limites de cette recherche concerne l'hétérogénéité d'âges et de pathologies au sein de chaque population. C'est pourquoi nous avons présenté des études de cas.

Etudes de cas / groupe des enfants LO/LE

MAE, l'enfant LO/LE qui a le plus progressé, est le plus âgé (11 ans) du groupe. Il est suivi en orthophonie depuis l'âge de 8 ans pour un important retard de parole et de langage. Dans tous les comptes-rendus de bilans orthophoniques, MAE est décrit comme un garçon ayant d'importantes difficultés de perception auditive qu'il compense beaucoup par la modalité visuelle. Nous pouvons alors penser que l'aide visuelle du logiciel a pu être un étayage précieux pour lui dans son analyse phonologique et temporelle, bien qu'il ait voulu très tôt ignorer les repères pour tenter de réussir uniquement auditivement. On a pu voir au fil des sessions l'amélioration de sa perception auditivo-phonologique. De plus, MAE étant un enfant très attentif, très concentré, toujours volontaire et peu fatigable au vu de son âge, l'entraînement a avancé vite, à raison d'environ 1 session par séance. Ses faibles résultats en mémoire d'images sont pourtant assez étonnants.

NAT, 8 ans 6 mois, enfant du groupe LO/LE entraîné qui a le moins progressé, est suivi en orthophonie pour des troubles de type « trouble spécifique du langage oral ». Le cas de NAT est un peu particulier puisqu'il a aussi été diagnostiqué chez lui une pathologie de la personnalité. Nous avons pu remarquer les conséquences de ce trouble lors des évaluations et au cours des séances d'entraînement où son comportement a dû entraver ses performances

réelles, ce qui rend les résultats difficilement interprétables. Toutefois, même si NAT, de manière générale, a très peu progressé, il a amélioré ses résultats post-entraînement en mémoire de chiffres et de non-mots.

L'étude de ces deux cas nous montre plusieurs choses. Le profil cognitif initial d'un enfant va avoir des répercussions sur l'efficacité de cet entraînement. C'est une idée présente dans la littérature concernant les enfants avec troubles du langage. En effet, Garnier-Lasek et Wavreille (2004) expliquent que le choix de l'utilisation d'une technique dépendra de l'âge de l'enfant et de ses ressources cognitives mais qu'il s'appuiera toujours sur le principe de l'aide visuelle. MAE, avec les moyens de compensation visuelle qu'il a acquis spontanément, correspond au type d'enfant pour qui les stratégies du logiciel peuvent représenter un étayage précieux. De plus, l'investissement et l'attention de l'enfant jouent un grand rôle en rééducation (Lussier, Flessas, 2001 ; Mazeau, 2003). Le profil comportemental va aussi déterminer l'intérêt de l'utilisation d'un tel outil. Il est évident que les résultats de NAT sont difficiles à prendre en compte parce qu'il n'a pas investi suffisamment cette rééducation spécifique alors qu'un enfant comme MAE a des chances de retirer de cet entraînement beaucoup plus de bénéfices. En revanche, NAT nous a prouvé que, même avec son trouble de personnalité, il a pu s'améliorer dans un domaine entraîné par le logiciel.

Etudes de cas / groupe des enfants sourds

TRI, 6 ans, est l'enfant sourd entraîné qui a le plus progressé. Ce petit garçon, bien que très fatigable, a bien investi cet entraînement et nous a surpris de nombreuses fois dans ses performances, malgré un comportement d'agitation permanent. TRI a vraiment été acteur de cet entraînement, développant de lui-même des stratégies efficaces. Il faut préciser que TRI n'a pas obtenu ces progrès qu'au sein de notre protocole mais toute l'année en rééducation. Cette progression est sans doute due à deux raisons. D'une part, il a intégré une année scolaire importante (le CP), année décisive pour de nombreux apprentissages. D'autre part, compte-tenu de son âge, TRI ne relève plus du CAMSP et poursuit sa prise en charge orthophonique en libéral trois fois par semaine de façon régulière et intensive, ce qui lui a permis d'avancer de façon incroyable.

ILA, 6 ans, enfant qui a pourtant bénéficié de l'entraînement, n'a progressé que dans très peu d'épreuves. Au cours des séances, malgré sa grande agitation et son importante fatigabilité, il a fait des progrès mais nous pensons que le niveau de notre logiciel était trop élevé pour lui. Le niveau du travail proposé n'étant pas à sa portée, ILA n'a pas pu bénéficier pleinement des aides. Un autre point essentiel est qu'ILA ne sait pas lire. Il n'a donc pas pu profiter du même appui que les autres enfants pour s'aider dans le rappel de non-mots des sessions impaires. Au cours de l'entraînement, ILA n'a pas non plus toujours pris en compte les aides visuelles hors écriture (repères de points) tout comme en rééducation traditionnelle où il ne se fie pas au LPC¹ (cued speech). Cela nous montre que deux enfants sourds du même âge et au comportement identique tant en agitation qu'en fatigabilité n'investiront pas un entraînement de la même façon. TRI présente une surdité plus importante qu'ILA, mais de façon générale, progresse davantage en orthophonie et dans tous les apprentissages. Cette étude de cas nous montre aussi que le logiciel n'est pas adapté à tous les enfants par rapport au niveau et à l'intervention de la lecture.

¹ LPC : Langage Parlé Complété. Code manuel effectué autour du visage permettant au sourd de repérer visuellement en lecture labiale la totalité des phonèmes de la langue française.

Aussi, nous avons pu émettre des critiques sur notre entraînement en ce qui concerne notamment :

- son niveau de difficulté trop élevé pour les plus petits,
- l'aide de la lecture pour les syllabes qui n'est pas profitable à tous les enfants,
- l'inégalité du nombre d'entraînement entre les deux populations qui nous oblige à relativiser les résultats qui les comparent,
- la stratégie du recodage phonologique que nous n'avons pas amenée assez explicitement.

Le recul que nous avons désormais face à ce travail nous invite à nous questionner quant à la pertinence de la place et du niveau de certaines épreuves de notre évaluation, notamment les épreuves de mémoire visuelle et de dénomination rapide. Nous tentons d'expliquer l'absence d'effet de l'entraînement sur la dénomination rapide par le fait que la vitesse articuloire n'est pas seule à entrer en jeu dans cette capacité. En effet, pour pouvoir dénommer rapidement, il faut rapidement passer de la modalité visuelle à la modalité auditive, ce qui correspond à la stratégie du recodage phonologique. Or l'entraînement ne semble pas avoir aidé cette dernière à se développer. En ce qui concerne les épreuves de mémoire visuelle, nous pensons que les résultats étant déjà supérieurs à la norme à t1, il était difficile pour les enfants de les améliorer.

Nous souhaitons aussi préciser que certains enfants ont progressé sans avoir été entraînés. Ce constat pourrait être attribué, pour les enfants sourds, à l'intensité de leur rééducation orthophonique habituelle (de 2 à 3 séances hebdomadaires), et pour les deux populations, à la façon de les rééduquer par leurs orthophonistes puisqu'elles utilisent notamment les mêmes stratégies visuo-séquentielles.

Malgré ces limites, les données positives et significatives de cette recherche ont permis de mettre en valeur d'intéressants résultats. Une synthèse des résultats nous a permis de valider notre hypothèse initiale :

Les enfants sourds entraînés semblent avoir davantage bénéficié de la rééducation que les enfants LO/LE entraînés car ils ont pu obtenir de meilleurs résultats ou des résultats équivalents au groupe LO/LE alors qu'à t1, ils étaient moins bons que ces derniers dans plusieurs domaines. Toutefois, il faut noter qu'ils ont pu s'entraîner presque 3 fois plus.

Nous espérons que cet entraînement aurait un impact sur la séquentialité, quelle que soit la nature des items composant les séries. Or, pour les deux populations, il n'y a eu ni généralisation significative à d'autres items que ceux présents dans le logiciel (chiffres, images) ni application efficace du recodage phonologique. Toutefois, les seuls résultats significatifs de cette étude concernent la reproduction de rythmes, le rappel de non-mots et le rappel de mots. En d'autres termes, ils illustrent les effets sur les items spécifiquement travaillés par le logiciel, ce qui confirme l'efficacité de ce dernier. Même si la généralisation à tous les types d'items n'a pas été prouvée, ces résultats correspondent bien à ce que l'on attendait de ce logiciel : il aide les enfants à améliorer la qualité de leur analyse de la phonologie et du déroulement temporel dans les séquences et c'est significativement le cas pour les non-mots et les séquences rythmiques.

----- CONCLUSIONS -----

Au vu des résultats obtenus, nous considérons que cette technique de rééducation représente un réel intérêt en orthophonie dans la prise en charge de la mémoire auditivo-verbale chez l'enfant, d'autant qu'à notre connaissance, aucun travail de ce type (aides rythmique et visuelle, support logiciel, étayage et estompage...) n'avait encore été entrepris.

Pour cette recherche, nous avons souhaité élaborer un outil spécifique que nous pensons réutiliser à l'avenir. Et si nous ne possédons pas ce logiciel, nous pensons qu'il est possible de s'en inspirer. Nous avons essayé de mener sa création de façon justifiée et de réunir le maximum d'aides qui pourraient permettre à l'enfant de mieux mémoriser. Ce sont ces étayages, même indépendamment du logiciel, qui peuvent nous suggérer des idées rééducatives.

D'abord, nous pensons qu'il est intéressant de mettre l'enfant dans un contexte d'entraînement qui lui permettra de vraiment s'imprégner des procédures, tant que cela reste agréable et respecte ses capacités d'attention et sa fatigue cognitive. Ensuite, le support informatique nous semble précieux pour ses avantages techniques et son caractère ludique. Enfin, les résultats significatifs obtenus nous encouragent à utiliser l'étayage et l'estompage de telles stratégies visuelles et rythmiques dans la rééducation de la mémoire auditivo-verbale. Ils soulignent aussi de façon importante l'action positive d'une rééducation ciblée sur les compétences phonologiques, domaine extrêmement déficitaire chez les enfants de notre population.

Les résultats que nous avons obtenus ne sont à prendre en compte que par rapport à un instant « t » bien précis. Il aurait donc été intéressant de réaliser une nouvelle fois l'évaluation (t3) quelques mois plus tard pour répondre à certaines questions : est-ce que les améliorations positives à t2 le sont encore à t3 ? Est-ce que les améliorations positives pour un certain type d'items se sont généralisées à d'autres types d'items ? De plus, dans une recherche future, il serait sans doute pertinent d'effectuer cet entraînement sur un plus long terme mais de manière moins intensive. Certains enfants pourraient en bénéficier davantage. On sait combien les enfants que l'on reçoit en prise en charge en orthophonie ont besoin de temps pour acquérir et appliquer une notion.

Dans la présente étude, nous n'avions pas intégré à notre évaluation, déjà riche et complexe, d'épreuves de langage évaluant par exemple le vocabulaire, la morphosyntaxe, la lecture... Or, notre idée première était qu'un empan auditivo-verbal insuffisant chez l'enfant retentirait de manière négative sur le développement du langage ainsi que sur les apprentissages langagiers scolaires, particulièrement en lecture. Il serait donc intéressant de mesurer l'effet à plus ou moins long terme de cet entraînement sur les compétences en langage oral et en langage écrit, en intégrant par exemple une épreuve de dénomination d'images et de lecture.

----- **BIBLIOGRAPHIE** -----

- Adams, A.M., Gathercole, S.E. (2000). Limitations in working memory : implications for language development. *International journal of language and communication disorders*, 35(1), 95-116.
- Archibald, L.M., Gathercole, S.E. (2007). Nonword repetition in specific language impairment : more than a phonological short-term memory deficit. *Psychonomic bulletin and review*, 14(5), 919-924. PMID : 18087960
- Audétat, M.C., Voirol, C. (1996). *Quelques techniques de mémorisation* (pp.1-8). Neuchâtel : Psynergie. Consulté le 23.01.2012 de : <http://www.psynergie.ch/Pedagogie-Culture-Societe/DidactiqueMethodologie/QuelquesTechniquesMemorisation.pdf>
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford : Clarendon Press.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer : a new component of working memory ? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. Doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A.D. (2003). Working memory and language : an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189-208. PMID : 12742667
- Bertrand, R. (2009). *Retard de parole, de langage : pratique de rééducation*. Isbergues : Ortho Edition.
- Billard, C. (2004). Modèle cognitif du langage oral. In C. Billard, M. Touzin, J.M. Albaret, M. Fayol, P. Gillet, O. Revol (Eds.), *Troubles spécifiques des apprentissages, l'état des connaissances. Livret 3 : Le langage oral* (pp. 15-20). Paris : Signes éditions. Consulté le 23.01.2012 de : http://www.signes-ed.com/livret3_2.htm
- Borel-Maisonny, S. (1960). *Langage oral et écrit. Volume I : Pédagogie des notions de base*. Neuchâtel-Paris : Delachaux et Niestlé.
- Brin, F., Courrier, C., Lederlé E., Masy, V. (2004). *Dictionnaire d'orthophonie*. Isbergues : Ortho Edition.
- Brosnan, M., Demetre, J., Hamill, S., Robson K., Shepherd, H., Cody, G. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 40(12), 2144-2155. Doi: 10.1016/S0028-3932(02)00046-5
- Bruner, J.S. (1983). *Le Développement de l'enfant : savoir-faire, savoir dire*. Paris : PUF.
- Chassé, V. (2009). *L'approche psycholinguistique de la mémoire à court terme verbale : études neuropsychologiques*. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Ph.D. en psychologie. Département de Psychologie, Faculté des Arts et Sciences, Université de Montréal. Consulté le 23.01.2012 de : https://papyrus.bib.umontreal.ca/jspui/bitstream/1866/4089/2/Chasse_Veronique_2010_these.pdf

- Clouard, C., Roux, M.O., Seban-Lefebvre, D. (2007). Sourds aux apprentissages. Pour une approche plurielle des troubles d'apprentissage chez l'enfant sourd. *La psychiatrie de l'enfant* 50, 571-584. Consulté le 23.01.2012 de : <http://www.injs-paris.fr/documents-du-site/fichiers-a-telecharger/article-GRAL-CAIRN.pdf>
- Conrad, R. (1970). Short-term memory processes in the deaf. *British Journal of Psychology* 61(2), 179-195. Doi: 10.1111/j.2044-8295.1970.tb01236.x
- Coquet, F., Ferrand, P. (2004). *Troubles du langage oral chez l'enfant et l'adolescent. Méthodes et techniques de rééducation*. Isbergues : Ortho Edition.
- Eggenspieler, V. (2002). *MémoVIT*. Châteauroux : ADEPRIO Diffusion.
- Engle, R.W., Cantor, J., Carullo, J.J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension : a test of four hypotheses. *Journal of experimental psychology : learning, memory and cognition*. 18(5), 972-992. Consulté le 23.01.2012 de : [http://www.psychology.gatech.edu/renglelab/Publications/1992/Individual differences in working memory and comprehension A test of four hypotheses.pdf](http://www.psychology.gatech.edu/renglelab/Publications/1992/Individual%20differences%20in%20working%20memory%20and%20comprehension%20A%20test%20of%20four%20hypotheses.pdf)
- Garnier-Lasek, D., Wavreille, F. (2004). La rééducation du langage oral. In C. Billard, M. Touzin, J.M. Albaret, M. Fayol, P. Gillet, O. Revol (Eds.), *Troubles spécifiques des apprentissages, l'état des connaissances. Livret 3 : Le langage oral* (pp. 81-97). Paris : Signes éditions. Consulté le 23.01.2012 de : http://www.signes-ed.com/livret3_2.htm
- Gathercole, S.E., Baddeley, A.D. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children : is there a causal connection ? *Journal of Memory and Language*, 29(3), 336-360. Doi: 10.1016/0749-596X(90)90004-J
- Gatignol, P., Jutteau, S., Oudry, M., Weill-Chounlamountry, A. (2011). De l'intérêt de l'évaluation assistée par ordinateur au bilan informatisé d'aphasie. *Les Entretiens de Bichat*.
- Gillet, P. (2004). La mémoire de travail. In C. Billard, M. Touzin, J.M. Albaret, M. Fayol, P. Gillet, O. Revol (Eds.), *Troubles spécifiques des apprentissages, l'état des connaissances. Livret 6 : Attention Mémoire* (pp. 77-86). Paris : Signes éditions. Consulté le 23.01.2012 de : http://www.signes-ed.com/livret6_2.htm
- Gillet, P., Hommet, C., Billard, C. (2000). *Neuropsychologie de l'enfant : une introduction*. Marseille : Editions Solal.
- Glisky, E.L., Schacter, D.L., Tulving, E. (1986). Computer learning by memory-impaired patients : acquisition and retention of complexe knowledge. *Neuropsychologia*, 24(3), 313-328. Doi: 10.1016/0028-3932(86)90017-5
- Harlin, G. (1996). L'ordinateur, un outil pour la rééducation. *La revue de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*, 84, 61-67. Consulté le 23.01.2012 de : <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/03/08/33/PDF/b84p061.pdf>

Logan, K., Mayberry, M., Fletcher, J. (1996). The short-term memory of profoundly deaf people for words, signs, and abstract spatial stimuli. *Applied Cognitive Psychology* 10(2), 105-119. Doi: 10.1002/(SICI)1099-0720(199604)10:2<105::AID-ACP367>3.0.CO;2-4

Lussier, F., Flessas, J. (2001). *Neuropsychologie de l'enfant. Troubles développementaux et de l'apprentissage*. Paris : Dunod.

Majerus, S. (2010). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme verbale : Implications théoriques et évaluatives. *Développements*, 4, 5-15.

Many, C., Ducasse, M. (2008). *Elaboration d'un protocole d'évaluation de la mémoire de travail verbale pour l'enfant (CP-CMI)*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Pierre et Marie Curie. Académie de Paris.

Mazeau, M. (2003). *Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant*. Paris : Editions Masson.

Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two : some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97. Consulté le 23.01.2012 de : <http://www.musanim.com/miller1956/>

Noël, M.P. (2007). *Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Wavre : Mardaga.

Pagnard, M. (2004). L'apport de l'outil informatique. In C. Billard, M. Touzin, J.M. Albaret, M. Fayol, P. Gillet, O. Revol (Eds.), *Troubles spécifiques des apprentissages, l'état des connaissances. Livret 4 : Le langage écrit* (pp. 116-120). Paris : Signes éditions. Consulté le 23.01.2012 de : http://www.signes-ed.com/livret4_2.htm

Pisoni, D.B., Geers, A.E. (1998). Working memory in deaf children with cochlear implants : correlations between digit span and measures of spoken language processing. *Research on Spoken Language Processing. Progress Report 22*, 335-344. Consulté le 23.01.2012 de : <http://www.indiana.edu/~srlweb/pr/22/DP-AG.pdf>

Piveteau, M., Sausset, A.G. (1995). *La boucle phonologique des enfants dysphasiques : élaboration de deux entraînements visant à améliorer son fonctionnement*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie. Ecole d'orthophonie, Université François Rabelais de Tours.

Plaza, M., Robert-Jahier, A.M. (2006). *DRA : Test Dénomination Rapide Enfants*. Châteauroux : ADEPRIO Diffusion.

Plaza, M., Robert-Jahier, A.M. (2009). *Batterie ALOE CP*. Châteauroux : ADEPRIO Diffusion.

Poncelet, M., Majerus, S., Van der Linden, M. (2001). Mémoire à court terme et pathologies du langage. *Rééducation orthophonique*, 208, 101-120.

Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S., Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia : insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841-865. Doi: 10.1093/brain/awg076

Seron, X., Rossetti, Y., Vallat-Azouvi, C., Pradat-Diehl, P., Azouvi, P. (2008). La rééducation cognitive. *Revue Neurologique*, 164, 154-163. Doi : 10.1016/S0035-3787(08)73307-1

Sprenger-Charolles, L. (2004). Les déficits phonologiques au cœur de la dyslexie. In C. Billard, M. Touzin, J.M. Albaret, M. Fayol, P. Gillet, O. Revol (Eds.), *Troubles spécifiques des apprentissages, l'état des connaissances. Livret 4 : Le langage écrit* (pp. 62-71). Paris : Signes éditions. Consulté le 23.01.2012 de : http://www.signes-ed.com/livret4_2.htm

Vachon, P. (2010). *Réorganisation fonctionnelle et structurale des cortex auditifs, visuels et associatifs chez les sourds profonds congénitaux ou prélinguaux*. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Ph.D. en psychologie. Département de Psychologie, Faculté des Arts et Sciences, Université de Montréal. Consulté le 23.01.2012 de : https://papyrus.bib.umontreal.ca/jspui/bitstream/1866/4990/2/Vachon_Patrick_2010_these.pdf