



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



MEMOIRE présenté pour l'obtention du  
**CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE**

Par

**Gay Jeanne**  
**Gor Anastasia**

**Effets d'un entraînement phonologique et multisensoriel à  
la connaissance des lettres sur l'apprentissage de la  
lecture et l'écriture chez des adolescents déficients  
intellectuels : approche différentielle**

Directeur de Mémoire

**Labat Hélène**  
**Ecalle Jean**

Membres du Jury

**Gorlier Christel**  
**Thérond Béatrice**  
**Witko Agnès**

Date de Soutenance  
**25 Juin 2015**





MEMOIRE présenté pour l'obtention du  
**CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE**

Par

**Gay Jeanne**  
**Gor Anastasia**

**Effets d'un entraînement phonologique et multisensoriel à  
la connaissance des lettres sur l'apprentissage de la  
lecture et l'écriture chez des adolescents déficients  
intellectuels : approche différentielle**

Directeur de Mémoire

**Labat Hélène**  
**Ecalle Jean**

Membres du Jury

**Gorlier Christel**  
**Thérond Béatrice**  
**Witko Agnès**

Date de Soutenance  
**25 Juin 2015**

---

# ORGANIGRAMMES

---

## 1 Université Claude Bernard Lyon1

Président  
**Pr. GILLY François-Noël**

Vice-président CA  
**M. BEN HADID Hamda**

Vice-président CEVU  
**M. LALLE Philippe**

Vice-président CS  
**M. GILLET Germain**

Directeur Général des Services  
**M. HELLEU Alain**

### 1.1 Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
**Directeur Pr. ETIENNE Jérôme**

U.F.R de Médecine et de maïeutique -  
Lyon-Sud Charles Mérieux  
**Directeur Pr. BURILLON Carole**

Comité de Coordination des Etudes  
Médicales (C.C.E.M.)  
**Pr. GILLY François Noël**

U.F.R d'Odontologie  
**Directeur Pr. BOURGEOIS Denis**

Institut des Sciences Pharmaceutiques et  
Biologiques

**Directeur Pr. VINCIGUERRA Christine**

Institut des Sciences et Techniques de la  
Réadaptation

**Directeur Pr. MATILLON Yves**

Département de Formation et Centre de  
Recherche en Biologie Humaine

**Directeur Pr. SCHOTT Anne-Marie**

### 1.2 Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. de Sciences et Technologies  
**Directeur M. DE MARCHI Fabien**

U.F.R. de Sciences et Techniques des  
Activités Physiques et Sportives  
(S.T.A.P.S.)

**Directeur M. COLLIGNON Claude**

Institut des Sciences Financières et  
d'Assurance (I.S.F.A.)

**Directeur M. LEBOISNE Nicolas**

Observatoire Astronomique de Lyon  
**Directeur M. GUIDERDONI Bruno**

Ecole Supérieure du Professorat et de  
l'Éducation

**Directeur M. MOUGNIOTTE Alain**

POLYTECH LYON

**Directeur M. FOURNIER Pascal**

Ecole Supérieure de Chimie Physique  
Electronique de Lyon (ESCPE)

**Directeur M. PIGNAULT Gérard**

IUT LYON 1

**Directeur M. VITON Christophe**

---

## 2 Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE

Directeur ISTR  
**Yves MATILLON**  
Professeur d'épidémiologie clinique

Directeur de la formation  
**Agnès BO, Professeur Associé**

Directeur de la recherche  
**Agnès WITKO**  
M.C.U. en Sciences du Langage

Responsables de la formation clinique  
**Claire GENTIL**  
**Fanny GUILLON**

Chargées de l'évaluation des aptitudes aux études  
en vue du certificat de capacité en orthophonie  
**Anne PEILLON, M.C.U. Associé**  
**Solveig CHAPUIS**

Secrétariat de direction et de scolarité  
**Stéphanie BADIOU**  
**Corinne BONNEL**  
**Emmanuelle PICARD**

---

## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre maître de mémoire Mme Labat Hélène, maître de conférences qui a su nous guider tout au long de ces deux années par son soutien et conseils avisés. Nous remercions aussi notre co-maître de mémoire Mr Ecalte Jean qui nous a permis de mener à bien notre travail.

Nous remercions également tous les enfants et adolescents ainsi que leurs parents qui ont accepté de participer à notre étude et pour le temps qu'ils nous ont accordé à chaque expérimentation.

Un grand merci à tous les professionnels des différents IME de Rhône-Alpes qui nous ont écoutées et qui ont souhaité nous accompagner dans cette recherche. Notamment, nos contacts privilégiés dans chaque structure : Mr Bussy à l'IME Jean-Jacques Rousseau (Vénissieux), Mr Revellin et Dr Mougnot à l'IME Yves Farge (Vaux-en-Velin) et Mr Gross et Mme Boccard à l'IME Perce-Neige (Thizy).

Mais aussi les institutrices et instituteurs des classes de CP et CE1 des écoles de Lyon : Mme Brunelet de l'école Chevreul Sainte-Croix (2<sup>ème</sup> arrondissement), Mme Bartette de l'école Jules Verne (8<sup>ème</sup> arrondissement), et Mme Humbert de l'école Mazonod (3<sup>ème</sup> arrondissement).

Merci, enfin, à l'ensemble de nos proches de nous avoir encouragées et ce, depuis quatre ans.

---

# SOMMAIRE

---

<b>ORGANIGRAMMES</b> .....	<b>4</b>
1    Université Claude Bernard Lyon1 .....	4
2    Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE .....	5
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>6</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>10</b>
<b>PARTIE THEORIQUE</b> .....	<b>11</b>
<b>I    La déficience intellectuelle</b> .....	<b>12</b>
1    Définition et étiologies.....	12
2    Deux théories sur l'évolution .....	13
3    Caractéristiques cognitives .....	14
<b>II    Le développement des procédures d'identification du mot écrit</b> .....	<b>15</b>
1    Les modélisations en identification du mot écrit .....	16
2    Les compétences explicatives des difficultés en identification du mot écrit .....	19
<b>III    Les entraînements phonologiques et multisensoriels à la connaissance des lettres</b> .....	<b>21</b>
1    Les études comportementales .....	22
2    Les études en neuropsychologie.....	25
3    Les études en imagerie cérébrale .....	25
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES</b> .....	<b>27</b>
<b>I    Problématique</b> .....	<b>28</b>
<b>II    Hypothèse générale</b> .....	<b>28</b>
<b>III    Hypothèses opérationnelles</b> .....	<b>28</b>
<b>PARTIE EXPERIMENTATION</b> .....	<b>30</b>
<b>I    Méthodologie</b> .....	<b>31</b>
1    Participants .....	31
2    Matériel .....	33
3    Procédure .....	36
<b>PRESENTATION DES RESULTATS</b> .....	<b>39</b>
<b>I    Analyse de l'effet de l'entraînement</b> .....	<b>40</b>
1    Appariement des groupes à t0.....	40
2    Evaluation de l'effet des entraînements pour chaque épreuve.....	41
<b>II    Analyse de la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience</b> .....	<b>49</b>



---

1	Appariement des groupes à t0.....	49
2	Evaluation de la sensibilité pour chaque épreuve .....	50
	<b>DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>55</b>
<b>I</b>	<b>Effet des entraînements .....</b>	<b>56</b>
1	Reconnaissance de lettres .....	56
2	Lecture de pseudo-mots.....	57
3	Ecriture de pseudo-mots .....	59
<b>II</b>	<b>Sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience .....</b>	<b>60</b>
1	Reconnaissance des lettres.....	60
2	Lecture de pseudo-mots.....	61
3	Ecriture de pseudo-mots .....	61
<b>III</b>	<b>Limites et perspectives.....</b>	<b>62</b>
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERENCES.....</b>	<b>65</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>73</b>
	<b>Annexe I : Matériel NEPSY - Bilan Neuropsychologique de l'Enfant - (Korkman, Kirk, &amp; Kemp, 1997) ....</b>	<b>74</b>
	Subtest précision visuomotrice :.....	75
	<b>Annexe II: Matériel de la BREV - Batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives- (Billard, Livet, Motte, Vallée, Gillet, Galloux, Piller &amp; Vol, 2000).....</b>	<b>76</b>
	<b>Annexe III: Epreuves expérimentales : Matériel de l'épreuve de lecture de pseudo-mots à t0 et à t1 ....</b>	<b>78</b>
	<b>Annexe IV: Epreuves expérimentales : Matériel de l'épreuve d'écriture de pseudo-mots à t0 et à t1 ....</b>	<b>79</b>
	<b>Annexe V: Entraînement : Matériel de l'exploration visuo-haptique, lettres en creux avec indications d'exploration au creux de la lettre.....</b>	<b>80</b>
	<b>Annexe VI: Entraînement : Matériel de l'exploration visuelle, lettres en creux avec indications d'exploration au creux de la lettre.....</b>	<b>81</b>
	<b>Annexe VII : Matériel des explorations visuelle et visuo-haptique : illustration, lettre cible et mot cible</b>	<b>82</b>
	<b>Annexe VIII : Epreuves standardisés : Matériel de l'épreuve de lecture de mots et de pseudo-mots de la BALE (Groupe Cogni-Sciences &amp; CNRS (UMR-5105) de Grenoble, 2010) à t2.....</b>	<b>84</b>
	<b>Annexes IX : Epreuves standardisés: Matériel de l'épreuve d'écriture de mots de la BATELEM-R (Savigny, 2001) à t2.....</b>	<b>85</b>
	<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>86</b>
	<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>87</b>

---

---

## SUMMARY

---

The aim of the study is to determine the effect of a phonological and multisensory training on the letter knowledge about reading and writing with adolescents with mental retardation (MR). A classic paradigm was used: pre-test/training/post-test 1/ post-test 2. Adolescents with MR were matched for mental age to a control group (C) composed of children schooled in first grade. Participants were tested three times : on experimental tasks in pre-test and post-test 1 (letter recognition, reading and writing pseudo-words (PM)) and on standardized tasks in post-test 2 (reading and writing PM). Trainings differ according to the sensory modality requested during the exploration of the letter: audio-visual (visual training (V)) or audio-visual-haptic (visuo-haptic training (VH)). Results reveal, first, that performances in letters recognition are better after VH training than V training for both groups (MR vs C). Second, the VH training had allowed subjects MR to catch up their delay compared to group C in reading and writing PM. Moreover, results indicate that there is no influence of the degree of MR (mild and moderate) on the sensitivity training for PM reading. Nevertheless, at the post-test 2, there was no significant effect of training whatever the group (MR or C). Therefore, these findings show the interest of multisensoriality in the learning of reading and writing in the context of MR. And suggest prospects on the care of MR in speech therapy.

## KEY-WORDS

---

Mental retardation, multisensory training, auditory, visual, haptic, phonological training, letter knowledge

---

---

## INTRODUCTION

---

Pour apprendre à lire, un enfant doit acquérir le principe alphabétique. Des études ont montré l'importance de deux prédicteurs explicatifs de la réussite ou des difficultés en identification du mot écrit (IME) chez les enfants tout-venant : les habiletés phonologiques (Castles, & Coltheart, 2004 pour une méta-analyse) et la connaissance des lettres (Biot-Chevrier, Ecalle, & Magnan, 2009 ; Ecalle, Magnan, & Biot-Chevrier, 2008 ; pour une synthèse voir Foulin, 2007). Chez les sujets porteurs de déficience intellectuelle (DI), les habiletés phonologiques et la mémoire de travail phonologique sont les prédicteurs les plus puissants de l'acquisition de l'IME (Connors, 2003). Les habiletés phonologiques constituent donc un prédicteur commun aux enfants tout-venant et aux DI. Certaines études (Jenkinson, 1992 ; Scanlon, & Vellutino, 1996) ont montré que chez les DI, la connaissance des lettres peut également être un bon prédicteur.

En conséquence, de nombreuses études se sont attachées à proposer un entraînement ciblé sur ces compétences précoces. Il a ainsi été démontré qu'un entraînement phonologique et à la connaissance des lettres (exploration auditive et visuelle des lettres) permettait d'améliorer l'apprentissage des correspondances graphophonologiques chez les enfants tout-venant pré-lecteurs (Hulme et al., 2012, Cardoso-Martins et al., 2011 ; Byrne & Fielding-Barnsley, 1991), les enfants en difficultés (Ecalte, Magnan, & Calmus, 2009, Hatcher, Hulme, & Ellis, 1994) ou les enfants dyslexiques (Magnan, & Ecalle, 2006, Magnan, Ecalle, Veillet, & Collet, 2004). Cependant, l'ajout d'une exploration haptique (i.e., toucher actif de la lettre ; Hatwell, Streri & Gentaz, 2000) au moyen d'un entraînement visuo-haptique (VH) amplifierait l'effet d'un entraînement classique (explorations uniquement auditive et visuelle (V)) sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture chez les enfants pré-lecteurs à risque de difficultés (Labat, Magnan, & Ecalle, 2011 ; Labat, Ecalle, Baldy, & Magnan, 2014; Bara, Gentaz, & Colé, 2007).

En revanche, il existe peu de recherches évaluant les effets d'entraînements multisensoriels de ces compétences précoces sur les capacités d'IME chez les personnes DI. Pourtant, et dans le même sens que les recherches menées auprès d'enfants tout-venant et à risque, une étude de cas suggère un effet positif d'une exploration haptique de la forme sur l'apprentissage des lettres chez un enfant porteur de trisomie 21 (Labat, Ecalle, & Magnan, 2013). Ainsi, en se basant sur ces résultats encourageants, il pourrait être intéressant d'étudier la possibilité d'une généralisation de ces résultats aux personnes DI.

---

# Chapitre I

## PARTIE THEORIQUE

Dans un premier temps, nous définirons la déficience intellectuelle (DI) et présenterons ses caractéristiques cognitives. Nous aborderons dans un second temps les différentes modélisations de l'apprentissage de la lecture ainsi que les prédicteurs nécessaires à la réussite en lecture. Enfin, dans une perspective d'aide à l'apprentissage, nous exposerons les effets de différentes études présentant les entraînements de ces compétences précoces (phonologiques et à la connaissance des lettres) sur la lecture et l'écriture chez des sujets DI. Plus précisément, nous aborderons les entraînements multisensoriels où les lettres sont explorées de manière audio-visuelle et haptique.

## I La déficience intellectuelle

Cette partie présentera des généralités concernant la déficience intellectuelle (DI) et ses caractéristiques cognitives du point de vue développemental.

### 1 Définition et étiologies

Selon la définition du DSM-IV (American Psychiatric Association, 1996), la déficience intellectuelle (DI) se définit par trois critères :

- un fonctionnement intellectuel déficitaire (Quotient intellectuel (QI) inférieur ou égal à 70, correspondant à moins 2 écart-types de la norme, la norme étant située entre 90 et 110 (WISC IV – Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition, D. Wechsler, 2003).
- un comportement adaptatif limité dans au moins deux des domaines suivants : communication, soins personnels, habilités sociales, compétences domestiques, autonomie, sécurité, santé, loisirs et travail.
- Le diagnostic doit être posé avant 18 ans.

La DI constitue la première cause de handicap sévère chez l'enfant. Elle représente 1 à 3 % de la population générale pour la DI légère et 0,3 à 0,5 % de la population générale pour les DI modérée à sévère (Chelly, Khelfaoui, Francis, Chérif, & Bienvenu, 2006).

Le degré de la déficience correspond au niveau du fonctionnement intellectuel, via le calcul du quotient intellectuel (QI ; ou équivalent). Ainsi, le DSM-IV fixe 4 degrés de sévérité de la DI basés sur le QI (Pannetier, 2009) (tableau 1).

Le diagnostic se pose en général chez l'enfant d'âge scolaire avec une certaine augmentation entre 10 et 14 ans pour diminuer ensuite vers 16-18 ans (Lussier, & Flessas, 2009).

Tableau 1. *Degrés de sévérité de la DI en fonction du QI*

	<b>QI</b>	<b>Age mental</b>	<b>Répartition en %</b>
<b>DI légère</b>	[70-55[	9-12 ans	85%
<b>DI modérée</b>	[55-40[	6-9 ans	25%
<b>DI sévère</b>	[40-25[	3-6 ans	3%
<b>DI profonde</b>	< 25	2-3 ans	2%

---

Cependant, malgré ces critères généraux, il existe une hétérogénéité des profils à l'origine de la manifestation des difficultés, en ce qui concerne les apprentissages ou le niveau d'autonomie. Cette variabilité est dépendante de l'étiologie de la DI, du degré de sévérité évoqué précédemment, des troubles cognitifs spécifiques à certains syndromes, ainsi que des troubles associés (troubles psychiatriques, trouble du comportement, etc).

Concernant plus précisément les étiologies des DI, elles sont très diversifiées mais peuvent toutefois être classifiées en deux grands groupes (Pannetier, 2009) : les causes organiques et non organiques.

- Les causes organiques : 10% des causes organiques sont génétiques (syndromiques ou non). Chelly et al., (2006) ont décrit différents types d'anomalies chromosomiques à l'origine d'une déficience (trisomies, atteinte du chromosome X, trisomies partielles, délétions partielles, translocations, etc). De manière générale les hommes sont plus touchés que les femmes (30 à 50% plus d'hommes). Le rôle du chromosome X serait en cause.

- Les causes non-organiques peuvent se répertorier en trois catégories : les causes prénatales, périnatales, postnatales. (1) Les causes prénatales représentent 15% des cas (intoxication maternelle (par l'alcool ou drogues), intoxication fœtale...). (2) Les causes périnatales représentent 10% des cas (prématurité, accident vasculaire, traumatisme) et les causes postnatales représentent 25% des cas (infection, asphyxie, traumatisme,...). (3) Dans les causes postnatales, sont retrouvées des déficiences d'origine environnementale (20% des cas). En effet, la maltraitance, les carences affectives et l'absence de stimulation peuvent également être à l'origine de la DI. L'origine est identifiée seulement dans 50 % des cas pour les DI légères (Chelly et al., 2006).

Concernant les spécificités de certains syndromes, il existe des profils cognitifs généraux établis (Bussy, 2013). Nous donnerons seulement à titre d'exemple quelques particularités retrouvées dans le syndrome du X-fragile (Bussy, & Kientz, 2012): en langage oral, alors que le vocabulaire semble préservé, ces sujets ont des troubles au niveau du rythme et une syntaxe retardé. De plus, ils présentent des troubles des fonctions exécutives, des difficultés visuo-spatiales et sont souvent sujets aux troubles déficitaires de l'attention avec hyperactivité (Sullivan et al., 2006). Cependant, à l'origine de l'hétérogénéité, il est important de préciser qu'il existe des différences interindividuelles selon le profil cognitif, effectivement, les caractéristiques attribuées à certains syndromes sont obtenues à partir d'études basées sur des moyennes, ne reflétant pas la variabilité des caractéristiques individuelles.

## 2 Deux théories sur l'évolution

Deux théories qui se distinguent, rendant compte de l'évolution du fonctionnement cognitif des personnes avec déficience intellectuelle (DI) (Carlier, & Ayoun, 2007). Pour étudier cette évolution, nous pouvons distinguer les notions de développement et apprentissage. Plus précisément, les capacités d'apprentissage sont dépendantes du niveau développemental (i.e., maturation cérébrale). Nous présenterons ci-dessous les deux théories en opposition sur le développement, qui peuvent être recentrées dans le cadre des apprentissages.

La théorie développementale d'une part stipule que le développement des enfants avec DI suit les mêmes étapes que celles d'un enfant au développement typique mais sont retardées. Du point de vue pratique, les courbes de trajectoires développementales sont similaires mais un décalage horizontal, consécutif à une vitesse développementale plus faible, est observé. Les compétences sont donc intégrées plus tardivement. Ainsi, cette théorie postule, qu'à un même âge mental (AM), le niveau de performances relatives aux différents domaines cognitifs entre enfants DI et tout-venant ne diffèrent pas significativement (Zigler, 1969, cité par Inoescu, & Blanchet, 2009). Dans le même sens, et suivant une approche constructiviste, Inhelder (1963, cité par Inoescu, & Blanchet,

---

2009) a démontré que les enfants DI suivaient l'acquisition des stades tout comme les enfants tout-venant malgré une lenteur dans l'acquisition de ces stades. En conséquence, si l'on se réfère à cette conception du développement, l'appariement sur l'AM ainsi que sur les performances entre les DI et les tout-venant est pertinent pour rendre compte du développement des DI. De ce fait, nous proposons dans notre étude ce type d'appariement en comparant des sujets DI à un groupe contrôle composé de sujets tout venant d'âge chronologique (AC) inférieur mais d'AM qui ne diffère pas significativement.

La théorie différentielle d'autre part, défend l'idée selon laquelle les enfants avec DI présentent un développement atypique. En d'autres termes, les étapes de leur développement diffèrent de la norme car ils possèdent un fonctionnement cognitif différent. Cette différenciation serait consécutive à des déficits structuraux, et notamment aux capacités de traitement de l'information limitées. De plus, Zazzo (1979) décrit une hétérochronie développementale entre les sujets DI. En effet, contrairement aux enfants tout-venant qui suivent les étapes classiques de développement, les enfants DI se développent à des rythmes différents (« en dent de scie ») selon certains domaines (par exemple la motricité, l'adaptation sociale, l'organisation spatiale, l'orthographe...). Cela signifie, que dans un domaine donné leurs performances peuvent être supérieures, inférieures ou ne différant pas significativement de celles d'un individu tout-venant (de même AM ou AC). En conséquence, cette hétérochronie, également à l'origine de l'hétérogénéité des DI, pourrait expliquer les particularités des personnes DI. D'après cette théorie, il est intéressant d'apparier les sujets DI à des sujets de même AC afin de rendre compte des fonctionnements cognitifs différents.

### 3 Caractéristiques cognitives

Bien que les enfants DI possèdent des compétences rendant possibles les apprentissages, de nombreuses fonctions cognitives sont atteintes (raisonnement, langage oral, mémoire). Bien qu'une grande hétérogénéité des profils cognitifs soit constatée, nous tâcherons, dans cette partie, de décrire de manière générale les caractéristiques cognitives communes aux sujets DI, impliquées dans les capacités de lecture (attention, mémoire et langage) (Lussier, & Flessas, 2009).

Concernant l'attention, les DI ont globalement des capacités d'attention générales limitées, par conséquent la quantité d'information traitée est plus faible comparée à la norme. De plus, l'orientation de l'attention envers une autre tâche apparaît difficile (capacité de switching). Leur attention divisée est déficitaire, une fois focalisés sur un stimulus, ils ont des difficultés à déplacer leur attention sur une autre information. Il en est de même pour leur attention sélective, les DI ont des difficultés pour déplacer leur attention sur l'information pertinente. Cependant, il est difficile de préciser le type d'attention atteinte chez les DI, en effet, en fonction du profil cognitif, l'attention peut être préservée ou le type d'attention déficitaire varie (par exemple, les sujets porteur du syndrome du X fragile auraient plus de difficultés d'attention divisée et sélective (Munir, Cornish, & Wilding, 2000), alors que les sujets trisomiques 21 ne semblent pas présenter de difficultés particulières).

L'attention est impliquée globalement dans la lecture néanmoins elle ne requiert pas un seul type d'attention. Toutefois, suivant le type d'attention atteint chez le sujet, les répercussions seront différentes. En cas de difficultés d'attention sélective, des inversions de lettres ou saut de lignes peuvent être présentes. Pour un trouble de l'attention soutenue, les difficultés apparaissent dès que le texte est trop long. Et enfin, en cas de difficultés d'attention divisée, le lecteur arrive difficilement à lire et à comprendre simultanément.

De plus, concernant les fonctions mnésiques, les DI présentent également des déficits. Différentes études décrivent une mémoire de travail (MDT) limitée chez les DI (Hulme, &

---

Mackenzie, 1992 ; Jarrod, Baddeley, & Hewes, 1999, cité par Van der Molen, Van Luit, & Van der Molen, 2007). En effet, les DI utilisent moins souvent et moins efficacement la stratégie d'auto-répétition sub-vocale (Bebko, & Luhaorg, 1998) (grâce à la boucle de récupération phonologique et du stock phonologique). Dans le même sens, Van der Molen et al., (2007) ont voulu décrire plus précisément les difficultés en MDT (plus précisément l'administrateur central et la boucle phonologique de sujets DI. Cinquante adolescents (âgés de 13 à 17 ans) atteints de DI légère ont été appariés à la fois avec des enfants tout-venant du même âge mental (AM) et de même âge chronologique (AC). Les résultats montrent qu'aux épreuves évaluant l'administrateur central, les sujets DI ont des scores inférieurs aux enfants de même AC mais ne diffèrent pas significativement de ceux de même AM. Toutefois, pour la boucle phonologique, les scores des sujets DI sont inférieurs à la fois aux enfants du même AC et du même AM. Ainsi, selon les auteurs, les DI présentent des difficultés de MDT mais pour autant son fonctionnement serait le même que celui d'enfants tout-venant. Ces résultats sont donc en faveur de la théorie développementale : les DI peuvent traiter moins d'informations à la fois, ceci s'expliquant notamment par des capacités attentionnelles (soutenue, divisée et sélective) affaiblies et provoquent ainsi des conséquences directes en lecture (stockage et traitement des informations verbales).

La mémoire à long terme est aussi déficitaire. Effectivement les DI présentent des difficultés d'encodage de nouvelles informations mais ont aussi tendance à privilégier les informations anciennes (entravant le stockage et la réactivation de nouvelles informations). En conséquence, leurs difficultés mnésiques brident les apprentissages puisqu'ils ont des difficultés à maintenir les informations apprises, à les transférer et à les généraliser à des contextes différents. En effet, la mémorisation implique d'apprendre et de restituer dans un même contexte (cela correspond au transfert). En revanche, l'apprentissage nécessite (en plus de la mémorisation et du transfert) d'être aussi capable de raisonner sur ce qui a été mémorisé précédemment (correspondant à la généralisation et l'abstraction).

Ces déficits attentionnels et mnésiques expliquent partiellement des difficultés en langage oral. Effectivement, la mémoire à court terme verbale influence le développement du langage oral (acquisition du vocabulaire, apprentissage de nouveaux mots) tandis que la mémoire de travail permet la compréhension des phrases. L'accès au langage oral est plus tardif et déficitaire (voire absent chez les sujets DI profonds) avec un stock lexical faible. Toutes les composantes langagières orales en production peuvent être atteintes (articulation, prononciation, syntaxe et grammaire, communication) (Dumas, 2007). Le langage oral dans ses diverses composantes (phonologie, lexicale en production, etc) est relié au niveau en langage écrit (Mazeau, 2005). En effet, lors de la lecture d'un mot, l'enfant mobilise ses connaissances orales préexistantes.

Après avoir défini la déficience intellectuelle et ses caractéristiques cognitives spécifiques impliquées dans l'identification du mot écrit (IME), nous décrivons les modélisations en IME en relation puis les compétences explicatives des difficultés en IME.

## **II Le développement des procédures d'identification du mot écrit**

Bonnelle (2002) définit la lecture comme « l'opération cognitive consistant à analyser un message écrit, codé en lettres, mots et phrases pour accéder à sa signification ». Elle consiste à extraire de l'information de l'écrit. Elle est le produit de deux composantes : l'identification du mot écrit (IME) et l'extraction de sens (la compréhension) (Gough, & Tunmer, 1986). L'IME est une capacité spécifique et obligatoire afin d'accéder à la compréhension. Dans ce mémoire, nous nous intéresserons uniquement au développement de l'efficacité des processus sous-jacents à l'IME.



---

# 1 Les modélisations en identification du mot écrit

## 1.1 Le modèle en stade de Frith (1985)

Uta Frith (1985) a proposé un modèle d'apprentissage de la lecture, décrivant trois stades de lecture. La notion de stade dans ce modèle fait référence à celle de Piaget. Le premier stade correspond à une procédure de lecture logographique (4-6 ans). Elle est sous-tendue par un traitement non linguistique pour reconnaître le mot (forme, couleur...).

Le deuxième stade est dit alphabétique et repose sur un traitement linguistique et séquentiel. C'est à ce stade (entre 6 et 7 ans) que pour lire, l'enfant recourt à la médiation phonologique. Après avoir compris que le mot peut être segmentée en phonèmes, l'enfant peut ensuite les relier à l'écrit (graphème) et intègre, ainsi, le principe alphabétique, c'est-à-dire le système de règles de correspondance graphème-phonème (CGP). En conséquence, dans une situation de lecture, « Il acquiert les correspondances associant chacun de ces éléments aux phonèmes du langage, et s'entraîne à assembler ces derniers pour former des mots » (Deheane, 2007, p. 267). L'utilisation de ce type de procédure de lecture d'un mot nécessite plusieurs opérations cognitives en mémoire de travail (MDT) : (1) analyse visuelle du mot, (2) segmentation en unités sublexicales écrites, (3) conversion des CGP, (4) maintien en mémoire de la CGP et déplacement de la fenêtre visuo-attentionnelle à l'unité suivante, conversion suivante des CGP (5) fusion des unités phonologiques entre elles en MDT, (6) production en cas de lecture à voix haute.

Enfin, le dernier stade correspond à une procédure de lecture orthographique (fin CP). Progressivement, l'enfant s'est constitué un répertoire lexical lui permettant d'accéder au mot de manière automatisée, sans utiliser la médiation phonologique. Concernant l'utilisation de ces procédures de lecture, Ratz et Lenhard (2013) ont mené une étude auprès de 1629 élèves DI âgés de 6 à 21 ans. Les résultats indiquent que 29,3 % des élèves ne savent pas lire du tout, 6,8 % des élèves DI se situent au stade logographique, 31,9 % ont acquis le stade alphabétique, 32 % ont acquis le stade orthographique.

## 1.2 Le modèle à double voie de Coltheart, Ziegler, Rastle, Perry & Langdon (2001) et aspects développementaux

Une conception plus dynamique du développement de la lecture a été décrite par Coltheart, Ziegler, Rastle, Perry & Langdon (2001) en proposant un modèle à double voie, le « Dual Route Cascade » (DRC). Il correspond à une version implémentée du modèle à double voie chez l'expert (Coltheart, 1978). Ce modèle décrit aussi deux voies de lecture : la voie sublexicale et lexicale. La voie sublexicale (aussi appelée procédure par médiation phonologique, voie indirecte, voie d'assemblage ou voie analytique ; Sprenger-Charolles, & Colé, 2003) permet la lecture des pseudo-mots grâce à la mise en œuvre du principe alphabétique. Tandis que la voie lexicale (aussi appelée procédure orthographique, voie directe, voie d'adressage ou voie globale) permet la lecture des mots irréguliers par l'activation des représentations orthographiques stockées dans le lexique. La lecture d'un mot régulier peut se faire par l'une ou l'autre voie suivant qu'il soit connu ou non du lecteur. Lorsque le mot régulier est inconnu, il va être traité comme un nouveau mot par la voie sublexicale alors que s'il est déjà connu (et donc inscrit dans le lexique orthographique), il va être traité par la voie lexicale. Concernant le fonctionnement du modèle, lorsque l'enfant est confronté à un mot, les différents modules composant le système vont s'activer. Les deux premiers modules vont s'activer (détecteur de traits caractéristiques, puis détecteur de lettres). Ensuite, la modélisation a deux possibilités, elle peut emprunter d'un côté la voie lexicale qui se compose du détecteur de mots (lexique orthographique), du système sémantique et du système phonologique de sortie. D'un autre côté, l'identification peut être effectuée par la voie sublexicale qui se compose d'un système de règles de CGP. Pour finir, les deux voies peuvent activer la dernière

---

unité avant la production, qui est le système phonémique. Lorsqu'un mot est présenté, les deux voies sont activées simultanément et en parallèle. En effet, dès l'activation de la première unité, celle-ci se répercute sur les niveaux suivants par des connexions activatrices ou inhibitrices. Plus précisément, les modules sont interactifs, chaque module peut-être influencé par un autre, supérieur ou inférieur, par des activations inhibitrices ou activatrices. Le modèle est dit « en cascade » car l'information se transmet en cascade d'un module à l'autre.

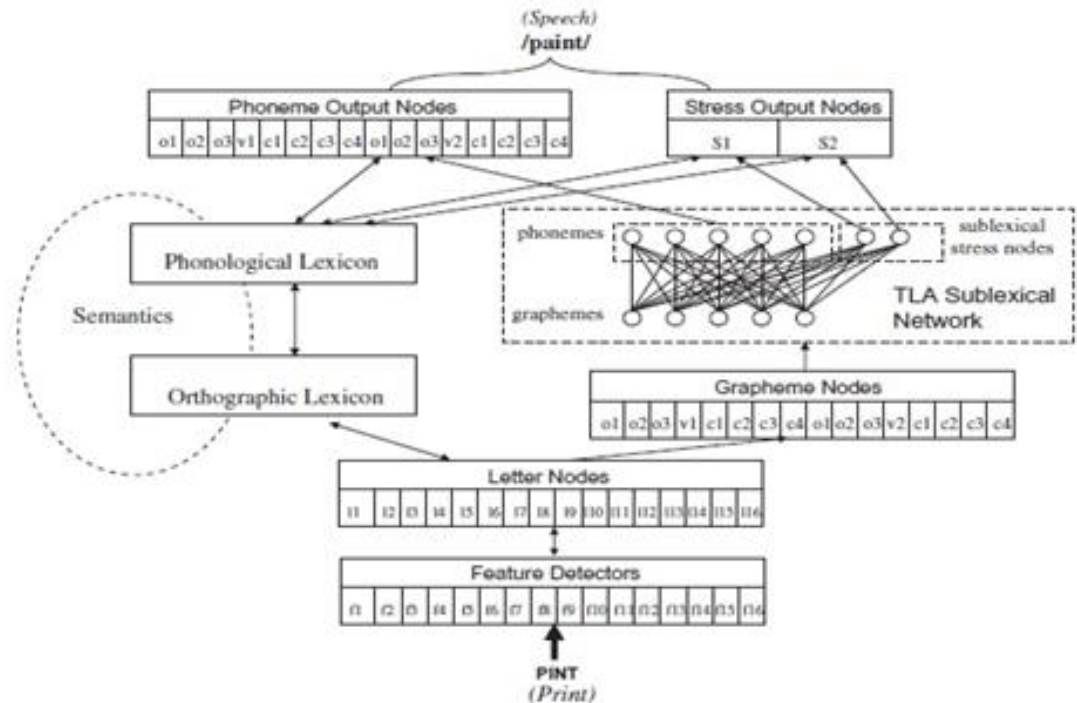
D'un point de vue développemental, ces deux voies de lecture seraient liées. Sprenger-Charolles et Colé (2003) supposent que l'utilisation de la médiation phonologique serait privilégiée durant les premières étapes de l'apprentissage de la lecture et permet ensuite l'automatisation progressive de l'accès au mot (c'est-à-dire le développement de la voie lexicale). Sur une soixantaine d'enfants en milieu de CP, les scores à la lecture de mots réguliers et de pseudo-mots (PM) sont identiques et meilleurs que pour les mots irréguliers (scores pratiquement nuls). Ainsi la mise en œuvre des CGP est appliquée tandis que la construction du lexique orthographique est encore faible (donc peu d'activation de la voie lexicale). Mais dès la fin du CP avec les mêmes enfants, les scores de lecture de mots fréquents sont meilleurs que pour les mots rares. La voie lexicale se met donc en place rapidement par la construction du lexique orthographique sans pour autant remplacer la médiation phonologique. En effet, les scores à la lecture de mots irréguliers étant encore inférieurs à ceux de mots réguliers.

Les travaux de Share (1994) rejoignent l'hypothèse de Sprenger-Charolles et Colé en décrivant le mécanisme d'auto-apprentissage. Plus précisément, en utilisant la médiation phonologique, dès le début de l'apprentissage, l'enfant enrichit son stock lexical et mémorise des informations orthographiques grâce au mécanisme d'apprentissage. Ainsi, ce mécanisme agit sur deux aspects : premièrement, sur le stockage spécifique de l'item orthographique dans le lexique (l'apprentissage aurait lieu dès le premier décodage (Share, 2004)) et, deuxièmement sur l'efficacité du processus de décodage en tant que tel. En effet, plus le décodage est fréquent, plus la gestion des opérations cognitives inhérentes au mécanisme s'automatise, rendant le mécanisme plus performant. Dans le même sens, par la médiation phonologique, l'enfant acquiert la représentation orthographique, par exemple la régularité [ien] du mot « chien » lui permettra de lire les mots « rien » et « bien » de manière autonome, rapide et efficace. De plus, il s'avère que ce mécanisme d'auto-apprentissage est également opérationnel chez les faibles lecteurs et chez les enfants dyslexiques (scolarisés au grade 4 à 6 et le grade 2 pour le groupe contrôle) (Share, & Shalev, 2004). En effet, le nombre de décodage réussi de PM insérés dans un texte lu à haute voix apparaît corrélé à l'apprentissage orthographique de ces PM (plus le décodage des PM cibles était réussi en lecture au préalable, plus le choix orthographique de ces PM cibles était correct).

Sur la base du modèle à double voie, Perry, Ziegler & Zorzi (2010) ont décrit un nouveau modèle, le Connectionist Dual Process (CDP++) correspondant à la nouvelle version du CDP+ (Perry, Ziegler & Zorzi, 2007). Ce modèle donne une vision plus dynamique de l'apprentissage de la lecture en articulant le modèle à double voie et le mécanisme d'auto-apprentissage de Share (figure 1b). Il se modélise en plusieurs couches et contient également deux voies (figure 1a). Après l'activation des deux premières couches (détecteur de traits caractéristiques puis détecteurs de lettres ; communes aux deux voies), le buffer graphémique est activé par la voie sublexicale. Il intervient au niveau de la segmentation des unités graphiques, en permettant le maintien en mémoire de la CGP et va par la suite activer un réseau d'assemblage phonologique (ou réseau TLA (two-layer network of phonological assembly)). Le réseau TLA suggère une identification du graphème permettant de générer les unités phonologiques qui sont maintenues en mémoire à court terme jusqu'à la fin du traitement. En permettant la lecture de nouveaux mots, elle enrichit le lexique orthographique grâce au mécanisme d'auto-apprentissage et rend la voie lexicale plus efficace. La voie lexicale va fonctionner

comme dans le DRC. Les deux voies vont ici entrer en concurrence en activant/inhibant le buffer phonologique jusqu'à la production orale. Cette modélisation rend compte de l'extraction de régularités statistiques pour favoriser le décodage.

(a)



(b)

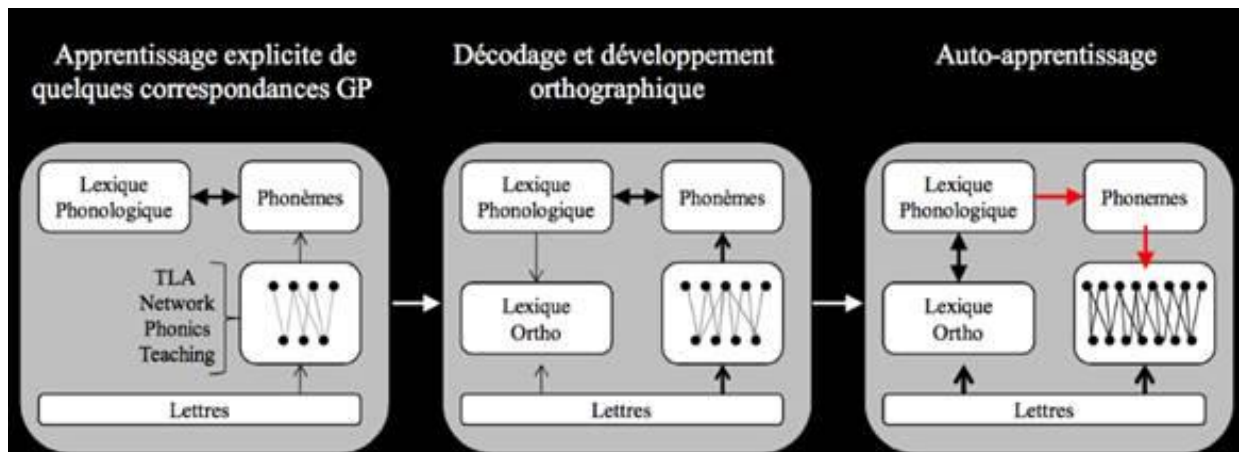


Figure 1. Le modèle Connectionist Dual Process (Perry, Ziegler et Zorzi 2010) : (a) son fonctionnement général et (b) l'intégration du mécanisme d'auto-apprentissage (Share, 1994) dans ce modèle

Les capacités de lecture dépendent de certaines compétences précoces ou antérieures appelées prédicteurs à la lecture.

---

## 2 Les compétences explicatives des difficultés en identification du mot écrit

Certaines compétences précoces sont nécessaires pour être dans des conditions favorables pour apprendre à lire. Ces prédicteurs en IME permettent d'expliquer la variance observée sur les performances ultérieures en IME et rendre compte de la réussite ou des difficultés. Ainsi, les faibles performances dans ces compétences précoces prédisent un niveau faible en IME. Dans cette partie, nous allons décrire et confronter les prédicteurs des enfants tout-venant, dyslexiques et des personnes porteuses de déficience intellectuelle (DI). Les prédicteurs en question sont la connaissance des lettres, les habiletés phonologiques, la mémoire de travail phonologique (capacité à maintenir les sons de la parole en mémoire de travail) et la dénomination rapide de lettres (RAN ou Rapid Automatized Naming). Afin d'être un bon identifieur, il apparaît nécessaire d'avoir des représentations de qualité. D'un part, cela nécessite que la représentation soit précise (accuracy) et que, d'autre part, l'accès à l'information orthographique ou phonologique soit rapide ou automatisé (fluency). Ainsi, certains prédicteurs sont liés la précision, c'est le cas de la connaissance des lettres et des habiletés phonologiques, alors que d'autres comme la RAN sont liés au niveau d'automatisation. Seuls les 3 premiers prédicteurs sont développés ci-dessous.

Chez les enfants tout-venant et les dyslexiques, les recherches (voir les méta-analyses de Scarborough, 1998 ; Puolakanaho et al., 2007) ont démontré que les prédicteurs les plus puissants étaient la connaissance des lettres ( $r = .52$ ), les habiletés phonologiques ( $r = .46$ ) et la RAN ( $r = .38$ ). Les prédicteurs aux pouvoirs explicatifs plus faibles sont la mémoire de travail ( $r = .23$ ), le QI verbal ( $r = .37$ ) et le QI non verbal ( $r = .26$ ). Chez les sujets DI, les prédicteurs les plus puissants et communs aux profils précédents sont : la connaissance des lettres, les habiletés phonologiques et la mémoire de travail phonologique.

### 2.1 La connaissance des lettres

La connaissance des lettres regroupe 3 composantes : la connaissance du nom, du son et de la forme de la lettre. Entre ces différentes composantes, la connaissance du nom de la lettre serait le prédicteur le plus puissant (Foulin, 2007 pour une méta-analyse). En ce sens, Pennington et Lefly (2001) cité par Foulin (2007) ont comparé des enfants à faible et à haut risque de trouble de la lecture et ont décrit que la connaissance du nom des lettres s'avérait être le plus fort prédicteur comparé à la conscience phonologique, la RAN et au QI.

De plus, une relation entre l'apprentissage du nom et du son des lettres est mise en évidence. En effet, d'un point de vue développemental, la connaissance du nom précède celle du son des lettres en Français. Ainsi, la connaissance du nom des lettres favorise la sensibilité phonologique (précurseur de la conscience phonologique), la connaissance du son des lettres et des correspondances lettres/sons (précurseur de l'acquisition du principe alphabétique) (Treiman, Tincoff, Rodriguez, Moucazi & Francis, 1998 ; Biot-Chevrier, Ecalle & Magnan, 2008). En effet, Treiman et al., (1998) montrent qu'en anglais dès l'âge de 4 ans, le son d'une lettre est appris plus aisément d'une part, lorsqu'il est relié au nom de la lettre et davantage lorsque le son est présent en position initiale du nom plutôt que finale (/b/ vs /f/ par exemple). De plus, certaines études ont montré que les enfants utilisent le nom des lettres pour représenter la phonologie dans une tâche d'orthographe inventée. En effet, d'un mot prononcé, ils se réfèrent au nom de la lettre pour écrire le mot (par exemple vlo pour vélo) (Jaffré, 1992 ; Treiman, 1994). En ce sens, Erhi et Wilce (1985) montrent que l'enfant en grande section de maternelle utilise ces correspondances lettre-son pour lire des mots. Par exemple, en connaissant la lettre J et L, un enfant anglophone peut lire le mot /jail/ sans avoir encore acquis la capacité de fusion des phonèmes. Ce stade réfère selon Ehri (1992) à la phase alphabétique partielle.

---

Enfin, concernant la DI, il ne semble pas y avoir de consensus concernant la connaissance des lettres comme difficulté spécifique communes à tous les DI. Jenkinson (1992) a montré, notamment, des résultats contradictoires sur la tâche d'identification de lettres dans deux expériences, chez des DI (âgés de 10 à 12 ans) appariés à un groupe contrôle sur l'âge mental. La première expérience consistait à dire si une lettre cible était présente dans un mot, non-mot ou une chaîne de lettres. La deuxième consistait à une analyse des erreurs d'une lecture à voix haute de mots simples. Les résultats ont montré des performances au subtest identification de lettres plus faibles chez les DI que chez le groupe contrôle mais aussi des performances similaires. Ces résultats peuvent être vus sous l'angle de la théorie différentielle. En effet, un développement atypique des personnes DI pourrait expliquer cette différence d'appariement.

## 2.2 Les habilités phonologiques

Nous définirons dans un premier temps les habiletés phonologiques, puis nous décrirons dans un deuxième temps l'aspect prédictif de ces habiletés (1/ types : épiphonologie et métaphonologie, 2/ taille d'unités : rime, syllabe, unité infra-syllabique (attaque-rime) phonème et 3/ opérations cognitives: segmentation et fusion), et enfin nous développerons l'aspect développemental chez les enfants tout-venant, les dyslexiques et les DI.

Les habiletés phonologiques jouent également un rôle important pour expliquer les performances en décodage phonologique (Castles, & Coltheart, 2004). D'après le modèle développemental de Gombert (2003), ces habiletés phonologiques regroupent deux compétences : épiphonologiques (sensibilité phonologique) et métaphonologiques (conscience phonologique) qui diffèrent sur le type de traitement (implicite vs explicite) et la taille d'unités phonologiques (rime, syllabe, unité infra-syllabique (attaque-rime) phonème). Les habiletés épiphonologiques consistent en une manipulation non-consciente d'unités phonologiques (jugement de rimes par exemple) de l'enfant en maternelle tandis que les habiletés métaphonologiques consistent en une manipulation consciente d'unités phonologiques (extraction de phonèmes par exemple) à partir du CP. Ainsi, les habiletés épiphonologiques sont un pré-requis au bon développement des habiletés métaphonologiques.

Ces manipulations conscientes des différentes unités peuvent prendre deux formes : la segmentation (i.e., couper un mot en unités isolées) et/ou la fusion (i.e., combiner des unités isolées ensemble pour former un mot).

Les habiletés métaphonologiques comparées aux habiletés épiphonologiques d'une part, et le traitement de l'unité la plus petite ciblant le « phonème » comparé aux autres tailles d'unités d'autre part, seraient les facteurs les plus puissants de la réussite en IME (Cardoso-Martins, 1995 ; voir Castles, & Coltheart, 2004 pour une méta-analyse). De plus, des recherches ont montré que les deux opérations (segmentation et fusion) de la métaphonologie sont corrélées à la réussite en IME (voir la méta-analyse de Castles, & Coltheart, 2004) sans toutefois établir clairement un consensus sur l'opération la plus prédictive. Du point de vue développemental, concernant les enfants tout-venant, le développement de la conscience phonémique leur permettrait d'accéder à la compréhension du principe alphabétique. De plus, concernant les dyslexiques, il est démontré que leur conscience phonologique est déficitaire. Effectivement leur trouble d'apprentissage de l'IME se caractérise par des atteintes des traitements phonologiques, consécutifs à des dysfonctionnements phonologiques et langagiers (Scarborough, 2001). Le déficit phonologique des dyslexiques est essentiellement dû à la faiblesse de leur représentation phonologique (Magnan, & Ecalle, 2006). En conséquence, l'ensemble des travaux suggère l'existence d'une relation causale entre les habiletés métaphonologiques et le niveau ultérieur en IME. Un autre type d'argument vient des études sur les entraînements phonologiques et audio-visuels à la connaissance des lettres qui amélioreraient chez ces enfants leurs habiletés phonologiques, et en conséquence les

---

performances en IME (Magnan, & Ecalé, 2006). Concernant la DI, une étude sur des sujets DI d'étiologies mixtes montre que les bons lecteurs DI ont une conscience phonologique plus élevée que les faibles lecteurs DI quel que soit leur QI (Conners, 2003). Ainsi, il existe une forte corrélation entre le niveau de conscience phonologique et le niveau de lecture chez les DI. De plus, en entraînant les habilités phonologiques de sujets DI, (Conners, Rosenquist, Sligh, Atwell & Kiser, 2006) ont montré que ces sujets, par rapport à un groupe contrôle non entraîné, amélioreraient leurs performances sur la conversion graphème-phonème. Enfin, une étude sur des DI d'étiologie spécifique (trisomie 21) montre une conscience phonologique inférieure à celle d'enfants tout-venant (Cardoso-Martins & Frith, 2001). Ainsi, les habilités phonologiques constituent bien un prédicteur à la lecture chez des sujets DI.

### **2.3 Mémoire de travail phonologique**

Enfin, alors que la mémoire de travail phonologique semble être une compétence peu explicative des difficultés chez les enfants tout-venant et dyslexiques (voir méta-analyse de Scarborough, 2001 et Puolakanaho et al., 2007), elle constitue le troisième prédicteur le plus puissant à la réussite en IME chez les DI (Conners, 2003). Plusieurs études citées par Conners (2003) montrent que les DI d'étiologies mixtes ont une mémoire phonologique particulièrement faible (Conners, Atwell, Rosenquist, & Sligh, 2001; Numminen et al., 2000), tout comme les DI d'étiologie spécifique : par exemple les enfants T21 (Kay-Raining Bird, Cleave, & McConnell, 2000; Laws, 1998) et X fragile (Laing et al., 2001). De plus, celle-ci serait particulièrement impliquée dans la phase alphabétique de lecture. Effectivement, après la segmentation du mot en unités et conversion des CGP, elle permet le maintien en mémoire de ces conversions afin de pouvoir les fusionner et les produire à l'oral.

Les habilités phonologiques et la connaissance des lettres sont donc des prédicteurs communs aux difficultés en IME chez différentes populations (enfants tout-venant, dyslexiques et DI). De ce fait, des recherches se sont attachées à entraîner ces compétences préalables nécessaires. Dans sa méta-analyse, Ehri (2001), souligne que l'ajout d'un support visuel à un entraînement phonologique (i.e. entraînement audio-visuel) amplifie l'effet sur les performances en IME, comparé à un entraînement uniquement phonologique. Néanmoins, pour maximiser l'efficacité de ces entraînements, des études ont ajouté une exploration haptique de la forme de la lettre (i.e., entraînement multisensoriel à la connaissance des lettres ; Bara, Gentaz & Colé, 2007; Gentaz, Colé & Bara, 2003).

## **III Les entraînements phonologiques et multisensoriels à la connaissance des lettres**

Des études comportementales et en neuropsychologie plaident en faveur de l'efficacité d'une exploration perceptivo-motrice auprès de sujets tout-venant, dyslexiques, déficients intellectuelles (DI) et alexiques. En ce sens, les entraînements ou les rééducations contenant un ajout d'une exploration visuo-haptique et haptique (i.e., toucher actif) de la lettre favorisent la reconnaissance de lettres et de mots, bien que le geste graphique ne soit pas exécuté pendant la réalisation de ces tâches. Ceci suggère que la représentation de la lettre stockée en mémoire serait multisensorielle. Ainsi, toutes les propriétés (visuelle, auditive et motrice) seraient activées, même si cette propriété n'est pas celle directement nécessaire pour résoudre la tâche (activation d'un réseau). Ces données comportementales sont validées et expliquées par plusieurs études en imagerie cérébrale qui montrent une activation des aires motrices durant une tâche de reconnaissance visuelle.

---

Dans les parties suivantes, nous présenterons tout d'abord les études comportementales décrivant les différents types d'entraînements (1/ phonologiques, 2/ phonologiques et à la connaissance des lettres, et 3/ phonologiques et multisensoriels à la connaissance des lettres). Puis, nous décrirons, dans une deuxième partie, les études en neuropsychologie, et enfin les études en imagerie cérébrale.

## 1 Les études comportementales

Certaines études visent à étudier les effets d'un entraînement phonologique. Concernant les enfants tout-venant, des études ont montré une amélioration en lecture après un entraînement phonologique (e.g., Lundberg, Frost, & Petersen, 1988; Lie, 1991; Olson, Wise, Johnson, & Ring, 1997). De plus, concernant les sujets DI et plus précisément des sujets trisomiques 21 (T21), deux études ont également décrit des effets bénéfiques. Après un entraînement phonologique (détection de rime, isolation et segmentation de phonème) Kennedy et Flynn, (2003) ont montré une amélioration des habilités phonologiques (sur les tâches cibles) de trois enfants T21 âgés de 7 à 9 ans. Van Bysterveldt, Gillon, et Moran, (2006) ont montré une amélioration sur la conscience phonologique et sur le niveau de connaissance des lettres chez des enfants T21 de 4 ans après un entraînement sur la conscience phonologique (technique enseignée aux parents consistant à attirer l'attention de l'enfant sur les lettres cibles et leurs sons dans des mots et sur les phonèmes initiaux en activité de lecture quotidienne).

D'après Ehri, Nunes, Willows Schuster, Yaghoub-Zadeh, & Shanahan (voir la méta-analyse de 2001), l'ajout d'un entraînement graphophonologique (i.e., exploration audiovisuelle) à un entraînement phonologique amplifie l'effet positif en lecture. L'objectif de certaines recherches est donc de tester l'effet d'un entraînement phonologique et à la connaissance des lettres. Par exemple, Byrne & Fielding-Barnsley (1991) ont décrit, chez des enfants de 4 ans et demi, qu'un entraînement phonologique (détection du phonème cible) et à la connaissance des lettres améliorerait les performances en conscience phonologique et en reconnaissance de mots. L'effet positif se maintient d'ailleurs un an après en lecture de pseudo-mots (Byrne & Fielding-Barnsley, 1993) et cinq ans après en lecture de mots irréguliers (Byrne, Fielding-Barnsley & Ashley, 2000). Ce type d'entraînement s'avère également efficace chez les enfants dyslexiques (Magnan & Ecalle, 2006 ; Magnan, Ecalle, Veuillet & Collet, 2004). De plus, Ecalle, Magnan, et Calmus, (2009) ont proposé un entraînement phonologique et à la connaissance des lettres sur une unité plus large (entraînement grapho-syllabique) et ont décrit une amélioration plus importante en lecture et en épellation chez des enfants faibles lecteurs de 6 ans ayant suivi l'entraînement par rapport à un groupe contrôle ne l'ayant pas suivi. Concernant les sujets DI, Connors, Rosenquist, Slight, Atwell et Kiser (2006) ont démontré qu'ils pouvaient bénéficier d'un entraînement phonologique et aux correspondances graphophonologiques. En effet, de meilleures performances à des tâches phonologiques (épellation de phonèmes d'un mot écrit) ont été observées chez des sujets DI d'étiologies mixtes, âgés de 7 à 12 ans comparé à groupe contrôle non entraîné apparié sur l'âge chronologique. Ces effets bénéfiques ont également été identifiés chez des enfants dont la DI est spécifiée. En effet, des sujets porteurs de T21 (âgés de 8 à 14 ans environ) ont également amélioré leurs performances en reconnaissance de sons et de mots après un entraînement en lecture (regroupant plusieurs compétences sollicitant les correspondances lettre/son) et en conscience phonémique, comparé à des sujets T21 qui n'ont pas reçu l'entraînement (Goetz, Hulme, Brigstocke, Carroll, Nasir, & Snowling, 2007).

Bien que les entraînements phonologiques et à la connaissance des lettres montrent leur efficacité, certaines personnes présentent des difficultés persistantes pour apprendre à lire, les chercheurs se sont alors intéressés aux bénéfices d'une exploration tactile sur l'acquisition du principe alphabétique. L'exploration sensori-motrice peut être « tactilo-kinestésique » (le toucher associé à la motricité), ou haptique qui est une notion introduite

---

par Reversz (1950), se définissant par la perception tactilo-kinesthésique lors de l'exploration active de la main sur un objet. L'intérêt de cette exploration est que cette modalité sensorielle permet de percevoir des informations et non pas seulement des sensations (Kennedy, Gabias, & Heller, 1992). Outre son application en milieu scolaire et éducatif, ce procédé est appliqué dans le domaine de la remédiation des troubles du langage écrit ou dans le champ du handicap.

A partir d'une intuition pédagogique, Maria Montessori (1915), médecin et pédagogue italienne, est à l'origine d'activités pédagogiques utilisant la multisensorialité. La méthode Maria Montessori favorise l'autonomie de l'enfant et utilise le matériel multisensoriel pour développer de nombreuses compétences (calcul, géographie, langage,...) et notamment l'apprentissage de la lecture. En effet, l'exploration multisensorielle consiste à découvrir la forme des lettres non seulement de manière visuelle et phonologique mais aussi de manière kinesthésique. Les types d'exercices utilisés peuvent par exemple être des suivis de contour et des traçages au tableau de lettres.

Tout d'abord, des protocoles quasi-expérimentaux, basés sur une approche multisensorielle, ont évalué les effets sur l'apprentissage de la lecture. Ils ont montré un impact positif chez des enfants non-lecteurs (Fernald, & Keller, 1921) ainsi que chez des lecteurs retardés (Hulme, & Bradley, 1984). De plus, Bryant et Bradley (1985) ont montré que l'exploration haptique était bénéfique pour connecter les représentations visuelles et auditives de faibles prélecteurs.

Cependant, un certain nombre de facteurs n'étaient pas contrôlés dans ces protocoles. Par conséquent, plus récemment, des protocoles expérimentaux ont évalué les effets de l'ajout de l'exploration haptique à l'entraînement phonologique et à la connaissance des lettres. Cet ajout semble amplifier la vitesse d'acquisition du principe alphabétique. Ce constat est mis en évidence sur les performances en lecture dans des études chez des enfants pré-lecteurs tout-venant (Gentaz, Colé, & Bara, 2003; Bara, Gentaz, Colé, & Sprenger-Charolles, 2004 ; Bara, & Gentaz, 2011; Labat, Vallet, Ecalle, & Magnan, 2015). Fredembach, Hillairet de Boisferon et Gentaz (2009) font l'hypothèse d'un « bond effect » de l'haptique, facilitant les liens entre les représentations auditives et visuelles. L'exploration haptique s'avère également efficace sur l'écriture chez des enfants faibles connaisseurs de lettres tout venant (Labat, Magnan, & Ecalle, 2011 ; Labat, Ecalle, Baldy, & Magnan, 2014), sur la reconnaissance de lettre chez des DI (Labat, Magnan, & Ecalle 2013), la qualité d'écriture (Bara, Fredembach, & Gentaz, 2010) et la fluence d'écriture auprès d'enfants pré-lecteurs (Palluel-Germain, Bara, Hillairet de Boisferon, Hennion, Gouagout, & Gentaz, 2007).

En ce sens, différentes études décrivent l'efficacité obtenue par l'ajout de la modalité haptique, à un entraînement classique audio-visuel. En effet, Gentaz et al., (2003) ont proposé un entraînement phonologique et à la connaissance des lettres sur l'utilisation du principe alphabétique (épreuves de lecture de pseudo-mots (PM) et de connaissance des lettres de l'alphabet) chez des enfants pré-lecteurs de cinq ans. Les entraînements différaient sur les modalités sensorielles sollicitées : soit haptique-visuel-auditif-métaphonologique (HVAM) soit visuel-auditif-métaphonologique (VAM). Ainsi, les auteurs ont décrit une amélioration en lecture de PM plus importante après l'entraînement HVAM que VAM mais pas de différence à la tâche de reconnaissance de lettres. En outre, de nombreuses études ont cherché à déterminer l'origine de l'efficacité des entraînements : l'haptique, ou les différentes procédures exploratoires de la lettre ? Bara et al., (2004) ont ainsi comparé trois types d'entraînement, un sollicitant une exploration sensorielle haptique (i.e., entraînement HVAM), un autre sollicitant une exploration visuelle (i.e., entraînement VAM) et un dernier sollicitant une exploration visuelle séquentielle de lettres (i.e., entraînement VAM séquentiel (seq)). L'étude a montré que les résultats en lecture de PM étaient meilleurs après l'entraînement HVAM que l'entraînement VAM seq et VAM. Ainsi, une exploration séquentielle seule de la lettre n'est pas suffisante, c'est la modalité haptique qui permet l'amélioration en lecture de PM. Le type d'exploration sensorielle a



---

plus d'impact que le type de procédure activé durant l'exploration (global et analytique). Dans le même sens, Hillairet de Boisferon, Bara, Gentaz et Colé (2007) décrivent que même si l'entraînement contient une procédure séquentiel biologique, par le visionnage d'un véritable mouvement d'écriture d'une lettre (entraînement VAM biologique), l'ajout de l'haptique permet encore de meilleures performances en lecture de PM. Ainsi, quelle que soit le type ou le nombre de procédure exploratoire, c'est l'haptique qui permet l'effet le plus bénéfique. En résumé, les études précédentes, montrent l'efficacité des entraînements phonologiques et multisensoriels à la connaissance des lettres chez les pré-lecteurs tout-venant. Bara et al., (2007) ont montré également une amélioration en lecture de PM après un entraînement HVAM chez des enfants de 5 ans à risque de difficultés en lecture, mais qui contrairement aux études chez les tout-venant, s'avère également efficace en reconnaissance de lettres.

Concernant les compétences associés en écriture, Labat et al., (2014) montraient qu'un entraînement audio-visuo-haptique est efficace sur l'apprentissage des correspondances graphème-phonème en situation « d'écriture » (geste graphique non demandé) chez des enfants de 5 ans faibles connaisseurs de lettres. L'exploration multisensorielle impliquant différents codages : kinesthésique, visuel, auditif faciliterait ainsi l'émergence et la réactivation de connaissances. L'étude de Labat et al., (2015) décrit des résultats similaires sur les compétences de lecture et en production orthographique. Chez des enfants tout-venant âgés de cinq ans, les scores à l'épellation écrite et à la lecture de lettres entraînées étaient meilleurs après l'entraînement VH et VG qu'après les autres types d'entraînements (visuel (V), haptique (H) et graphomoteur (G)). Pour la lecture plus précisément, les performances après l'entraînement VH sont supérieures aux performances après l'entraînement VG. Enfin, Labat et al., (2015) mettent également en évidence un transfert inter-modal via la modalité « motrice ». En effet, les performances après l'entraînement soit H, soit G (la vue des enfants était masquée) sont meilleures qu'après l'entraînement V. Cela montre le pouvoir de la composante motrice (même en tant que seul type d'exploration) dans l'identification visuelle de la forme d'une lettre. Toutefois, l'étude montre que les effets sont maximisés lorsque deux types d'exploration sont réunis (entraînements VH et VG) permettant d'améliorer l'intégration des propriétés des lettres.

Pourtant, certains facteurs supplémentaires à la mise en œuvre d'une exploration haptique au sein des entraînements pourraient contribuer à l'acquisition du principe alphabétique. Tout d'abord, Bara et al., (2010) ont évalué le rôle du nombre de procédures exploratoires au sein même des entraînements multisensoriels. Ils ont montré que l'acquisition du principe alphabétique semble être facilitée lorsque, le type d'exploration implique un double processus (global et analytique) par rapport à un processus unique. Ensuite, concernant des enfants faibles connaisseurs de lettres de 5 ans et dans le but de maximiser l'efficacité de l'haptique, Labat et al., (2011) ont comparé les effets d'un entraînement VH séquentiel libre (VHsl), et d'un entraînement visuo-haptique séquentiel orienté (VHso). L'entraînement VHso consistait à explorer la lettre dans le sens conventionnel de l'écriture en fournissant des indications d'exploration tandis que l'entraînement VHsl était séquentiel mais sans contrainte particulière sur le sens conventionnel de l'écriture. Ils ont ainsi montré que l'exploration VHso entraînait une meilleure progression à la tâche d'écriture de PM, par rapport à l'entraînement VHsl. Présenter les consignes d'exploration favoriseraient donc l'élaboration des connexions lettres-sons.

Concernant les aides à l'apprentissage avec des personnes porteuses de DI, Labat et al., (2013) ont étudié l'effet d'une exploration auditive et haptique dans une étude de cas d'un enfant porteur de T21 sur la reconnaissance visuelle et haptique de lettres et la connaissance de sons, comparativement à un groupe contrôle (enfants tout-venant âgés de trois ans). Une amélioration significative à la tâche de reconnaissance haptique de lettres a pu être observée, mettant en avant les effets bénéfiques de l'exploration haptique

---

sur la connaissance des lettres auprès d'un sujet T21. Cependant, aucune progression n'est identifiée en reconnaissance visuelle de lettre, suggérant des difficultés de transferts intermodaux chez cet enfant DI. En effet, contrairement aux enfants tout-venant, le sujet T21 n'a pas réussi à extraire des informations de l'exploration perceptivo-motrice, à les transférer en modalité visuelle et à la réutiliser de manière efficace. La question réside à déterminer si ces difficultés de transfert sont propres à cet enfant ou si c'est une caractéristique partagée par les personnes DI.

L'ajout de la modalité haptique à un entraînement phonologique et à la connaissance des lettres, constitue donc un apport considérable notamment pour des sujets en difficultés de lecture ou porteurs de DI. En ce sens, des études en neuropsychologie et en neuro-imagerie témoignent également de l'importance de l'exploration tactilo-kinesthésique chez des sujets tout venant et alexiques.

## **2 Les études en neuropsychologie**

Ainsi, Seki, Yajima et Sugishita (1995) ont proposé une rééducation de « lecture kinesthésique » à deux patients, basée sur le traçage de lettres au doigt durant la lecture. Après cela, deux patients alexiques ont pu améliorer leur précision en lecture visuelle de lettres entraînées et de mots simples sans que les patients réalisent les mouvements kinesthésiques simultanément, alors qu'aucune amélioration n'a été visible pour les lettres non entraînées.

A contrario, des performances sur la dénomination de lettres non entraînées ont pu être démontrées par Lott, Carney, Glezer et Friedman (2010) mettant en évidence la possibilité d'un transfert de connaissances entre lettres entraînées et lettres non entraînées. En associant un traitement tactilo-kinesthésique (écrire des lettres avec son propre doigt sur la paume de sa main) et un entraînement de dénomination intensive de lettres, trois patients atteints d'alexie pure ont amélioré leur précision et leur vitesse de dénomination de lettres permettant ainsi d'augmenter la vitesse en lecture « lettre par lettre ».

Ainsi, l'exploration motrice renforcerait d'une part, sur le long terme, la qualité de la représentation mentale des lettres (précision et rapidité d'accès) car elle serait multisensorielle. D'autre part, elle permettrait l'intégration et l'activation de ces connaissances. Les aspects comportementaux peuvent donc s'expliquer par des opérations neuronales sous-jacentes autrement dit la plasticité cérébrale.

## **3 Les études en imagerie cérébrale**

Des auteurs ont mis en évidence l'importance du geste d'écriture pour se représenter les lettres en mémoire. Longcamp, Zerbato-Boutou et Velay (2005) ont évalué deux types d'entraînements visuo-moteurs chez des enfants de trois à cinq ans, le premier consistait à écrire les lettres avec la main, et le deuxième à taper les lettres sur un clavier. L'écriture à la main améliore la reconnaissance visuelle des lettres, via un travail sur l'orientation des lettres (alors que le geste graphique n'est pas réalisé) chez les enfants de 5 ans par rapport à l'écriture au clavier. On retrouve les mêmes effets chez les adultes où des lettres inventées sont apprises (Longcamp, Boucard, Gilhodes, & Velay, 2006). Ces résultats sont confirmés par l'étude de Longcamp et al., 2008, grâce à la technique d'IRMf, les chercheurs ont observé une différence d'activation de l'aire pré-motrice durant une tâche de reconnaissance visuelle de lettre, entre avant et après l'entraînement où les sujets devaient écrire à la main. Cette activation montre bien l'implication des propriétés motrices de la représentation dans la reconnaissance d'une lettre.

De plus, grâce à la technique d'IRMf, Bartolomeo, Bachoud-Lévi, Chokron et Degos (2002) ont décrit le cas d'un patient alexique présentant des déficits d'imagerie visuelle de lettres. Il présentait de grandes difficultés en lecture (grande lenteur) et était devenu incapable d'évoquer mentalement la forme des lettres. L'étude a montré que ses

---

performances en précision se sont considérablement améliorées lorsqu'il traçait la lettre du bout du doigt sur la table au cours de la tâche. Ceci montre qu'il y a donc une dissociation entre l'imagerie mentale visuelle affaiblie chez ce patient et des « programmes » moteurs fonctionnels. Il existe donc deux codages distincts, un basé sur l'aspect visuel, l'autre sur le programme moteur, permettant d'accéder à la connaissance de la forme visuelle des lettres et des mots.

Pour conclure, les études comportementales et issues de la neuropsychologie mettent en évidence l'effet bénéfique d'une exploration multisensorielle auprès de différents sujets (tout-venant, dyslexiques, DI et alexiques). En effet, l'haptique contribue à l'amélioration en reconnaissance de lettres, en lecture et en écriture de PM. De plus, les modifications cérébrales démontrées par l'imagerie cérébrale confirment les modifications comportementales suite à l'entraînement haptique.

---

# Chapitre II

## PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

---

## I Problématique

Le premier objectif de notre mémoire sera d'évaluer les effets d'un entraînement phonologique et multisensoriel à la connaissance des lettres sur les capacités d'identification du mot écrit (IME) et de production écrite chez les adolescents porteurs de déficience intellectuelle (DI). Plus précisément, nous comparerons l'effet de deux entraînements (explorations VH vs V de la forme de la lettre) sur les rythmes d'acquisitions auprès de deux types de populations. Des adolescents DI ont été comparés à un groupe contrôle C composé d'enfants tout-venant scolarisés en cours préparatoire (CP). L'appariement des quatre groupes avant les entraînements repose sur deux critères. Le premier critère correspond à l'âge mental déterminé par le QI chez les DI. Le QI correspondant à la DI légère à modérée équivaut à un âge mental de 6 à 12 ans. Ainsi, en appariant avec des enfants scolarisés en CP, nous cherchons à être le plus proche possible de l'âge mental de ces adolescents. Le second critère repose sur leurs performances à t0 dans les deux compétences cibles de cette étude : l'IME et l'écriture.

Le second objectif sera d'étudier la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience (légère vs modérée) sur les rythmes d'acquisition. Des études sur l'effet de l'apprentissage implicite chez les sujets DI (Vinter & Detable, 2003; Detable & Vinter, 2004) ont montré qu'il existait une indépendance entre le degré de DI et la sensibilité à l'entraînement. En d'autres termes, une progression des performances devrait être observée chez les personnes DI mais sans différence significative en fonction du degré de déficience. Nous souhaitons évaluer cette hypothèse avec un entraînement où l'attention des enfants sera orientée vers l'apprentissage.

## II Hypothèse générale

Nous supposons que l'ajout d'une exploration haptique des lettres à une exploration audio-visuelle (i.e., entraînement multisensoriel) permettrait d'amplifier les effets observés en IME et en production orthographique de mots après un entraînement classique audio-visuel chez les adolescents DI et le groupe C.

## III Hypothèses opérationnelles

Afin de tester les hypothèses opérationnelles présentées ultérieurement, nous avons manipulé :

→ Les périodes d'évaluation (Variable indépendante intra-sujet, 3 modalités: pré-test (t0), post-test 1 (t1) (6 semaines après t0) et post-test 2 (t2), (11 mois après t0).

→ Le type d'entraînement à la connaissance des lettres (Variable indépendante inter-sujet, 2 modalités: VH vs V. De plus, une exploration auditive est proposée dans les deux types d'entraînement.

→ Le type de sujets (Variable indépendante inter-sujet, 2 modalités : Adolescents DI vs groupe C (appariés sur les performances à t0 et correspondant à des enfants scolarisés en CP).

En conséquence, il y a quatre groupes distincts de participants dans cette étude : DI-VH, DI-V, C-VH, C-V.

→ Le degré de DI (variable indépendante inter-sujet, 2 modalités : légère vs modérée).

Nous mesurons le pourcentage de réponses correctes (RC, variable dépendante) dans chaque épreuve expérimentale (reconnaissance de lettres, lecture de pseudo-mots (PM) et écriture de PM) au t0 et au t1, et dans chaque épreuve standardisée au t2 (épreuve de

---

lecture de mots de la BALE (Batterie Analytique du Langage Écrit (Groupe Cogni-Sciences & CNRS de Grenoble 2010), de l'épreuve d'évaluation orthographique de la BATELEM-R (Savigny, 2001).

Nous supposons premièrement une Interaction Entraînement \* Groupe \* Temps d'évaluation sur le pourcentage de RC aux épreuves expérimentales (Hop 1): une progression plus importante entre t0 et t1 serait attendue suite à l'entraînement VH comparé à l'entraînement V, quel que soit le groupe (DI et C) et indépendamment du degré de déficience (légère vs modérée). Aucune différence n'est attendue au t1 entre les progressions des groupes DI et C suite (1) à l'entraînement multi-sensoriel d'une part et (2) à l'entraînement visuel d'autre part. De plus, à t1, les scores seraient significativement meilleurs pour les groupes ayant suivi l'entraînement VH comparés à ceux qui ont suivi l'entraînement V (qu'ils soient DI ou C). Au t2, le même profil de performances qu'à t1 est attendu aux épreuves standardisées (Hop 2).

Deuxièmement, nous supposons une Interaction temps d'évaluation \* degré de déficience sur le pourcentage de RC indépendamment du type d'entraînement (VH vs V) dans les épreuves expérimentales (Hop 3). Une progression entre t0 et t1 est attendue pour tous les sujets DI mais celle-ci ne diffère pas significativement en fonction du degré de DI. A t1, les scores ne diffèrent pas en fonction du degré de DI. A t2, le même profil de performances qu'à t1 est attendu aux épreuves standardisées (Hop 4).

---

# Chapitre III

## PARTIE EXPERIMENTATION

# I Méthodologie

## 1 Participants

Deux profils de sujets participent à l'étude ( $N=44$ ). D'un côté, 22 adolescents ( $AC=16,5$  ;  $ET = 24,17$  ;  $[11,11 ; 19,11]$ ) sont atteints de DI (Déficience intellectuelle ; WISC 4 ; Wechsler, 2005) de déficience légère ou modérée et sans trouble associé. Les adolescents porteurs de DI ont été recrutés dans trois instituts médicaux éducatifs du département du Rhône et le groupe C (contrôle) dans trois écoles primaires de la ville de Lyon (69). D'un autre côté, les DI ont été appariés à 22 enfants tout-venant scolarisés en CP ( $AC$  moyen=  $6,2$  ;  $ET = 3,62$  ;  $[6,0 ; 7,0]$ ) sur les performances à t0 en identification du mot écrit (IME) et en écriture et sur l'âge mental.

Dans le cadre de notre étude, les étiologies des DI des sujets sont mixtes, sans critère d'exclusion particulier (excepté les troubles associés). Cependant, pour une grande partie de notre population, l'étiologie n'a pas été identifiée.

Afin de mieux comprendre la sensibilité à l'entraînement, nous avons effectué plusieurs tests supplémentaires concernant le profil cognitif des participants :

- Pour le groupe DI : il semblerait que certains DI présentent des difficultés motrices (Di Blasi et al., 2007 ; Wuang, Wuang, Huang, & Su, 2008). Ainsi, nous leur avons proposé les subtests « précision visuo-motrice » et « copie de figure » extraits de la NEPSY, bilan neuropsychologique de l'enfant (Korkman, Kirk, & Kemp, 2003). L'objectif de ces subtests est d'évaluer la motricité fine des DI (annexe 1). De plus, et dans la mesure du possible, les QI et les étiologies des sujets DI ont été récupérés auprès des professionnels médicaux et paramédicaux des différentes structures.

- Pour le groupe C : Nous avons proposé l'épreuve de complétion de forme de la BREV, batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives (Billard et al., 2000). L'objectif de ce subtest permet l'examen neuropsychologique de l'enfant (annexe 2).

Les caractéristiques générales des participants sont référencées dans le tableau 2.

Tableau 2. *Caractéristiques générales des participants*

Groupe	DI ( $N=22^*$ )		C ( $N=22$ )	
	VH ( $N=11$ )	V ( $N= 11$ )	VH ( $N= 11$ )	V ( $N= 11$ )
<b>Entraînement</b>				
<b>Caractéristiques cognitives</b>				
<i>Degré de déficience (<math>N=22</math>)</i>				
Légère	4	1		
Modérée	7	4		
Non-renseigné	0	6		
<i>Étiologies (<math>N=22</math>)</i>				
Organique	1	2		



Non organique		4	4	
Inconnue		6	5	
<b>Nepsy</b>				
Copie de figures (max.21)		8.27 (3.69)	8.09 (4.51)	
Précision visuo-motrice moto	Nombre d'erreurs	9.63 (10.31)	16.63 (17.14)	
	Temps (en seconde)	73.91 (36.11)	103.36 (49.95)	
<b>BREV (max. 20)</b>				14.36 (2.25) 13.18 (2.75)

### Épreuves expérimentales

<b>Reconnaissance de lettres (max. 7)</b>	4.5 (1.5)	4.6 (2.2)	5.4 (1.4)	5.8 (1.9)
<b>Lecture PM (max. 14)</b>	8 (2.4)	5 (3.5)	11.5 (1.7)	9.4 (3.7)
<b>Écriture PM (max. 14)</b>	11.7 (2.8)	9.4 (3.0)	13.4 (0.9)	13.3 (1.2)

Notes. DI = Déficient intellectuel, C = contrôle, VH = visuo-haptique, V = visuel, PM = pseudo-mots

\*Dont 5 participants issus d'un mémoire en neuropsychologie (voir Labat, Karakaya, Bussy, Ecalle, & Magnan, 2013 pour une communication sur ces données).

Après les pré-tests, chaque groupe DI ( $N=22$ ) et C ( $N=22$ ) a suivi un entraînement phonologique et à la connaissance des lettres : la moitié des participants de chaque groupe a effectué un entraînement visuo-haptique (VH) ( $N=11$ ) tandis que l'autre moitié a effectué un entraînement visuel (V) ( $N=11$ ). Un paradigme classique : t0/ entraînement / t1 et t2 a été utilisé (voir Figure 2). Les participants sont donc évalués à 3 temps : (1) à t0 (janvier) et à t1 (février) avec des tests expérimentaux (reconnaissance de lettres, lecture et écriture de pseudo-mots (PM)) et (2) à t2 (décembre) avec des tests standardisés (lecture de mots et PM et production orthographique). Nous comparons les performances entre les 3 temps de passation en fonction du groupe (DI vs C) et de l'entraînement (VH vs V) suivi pour chaque épreuve.

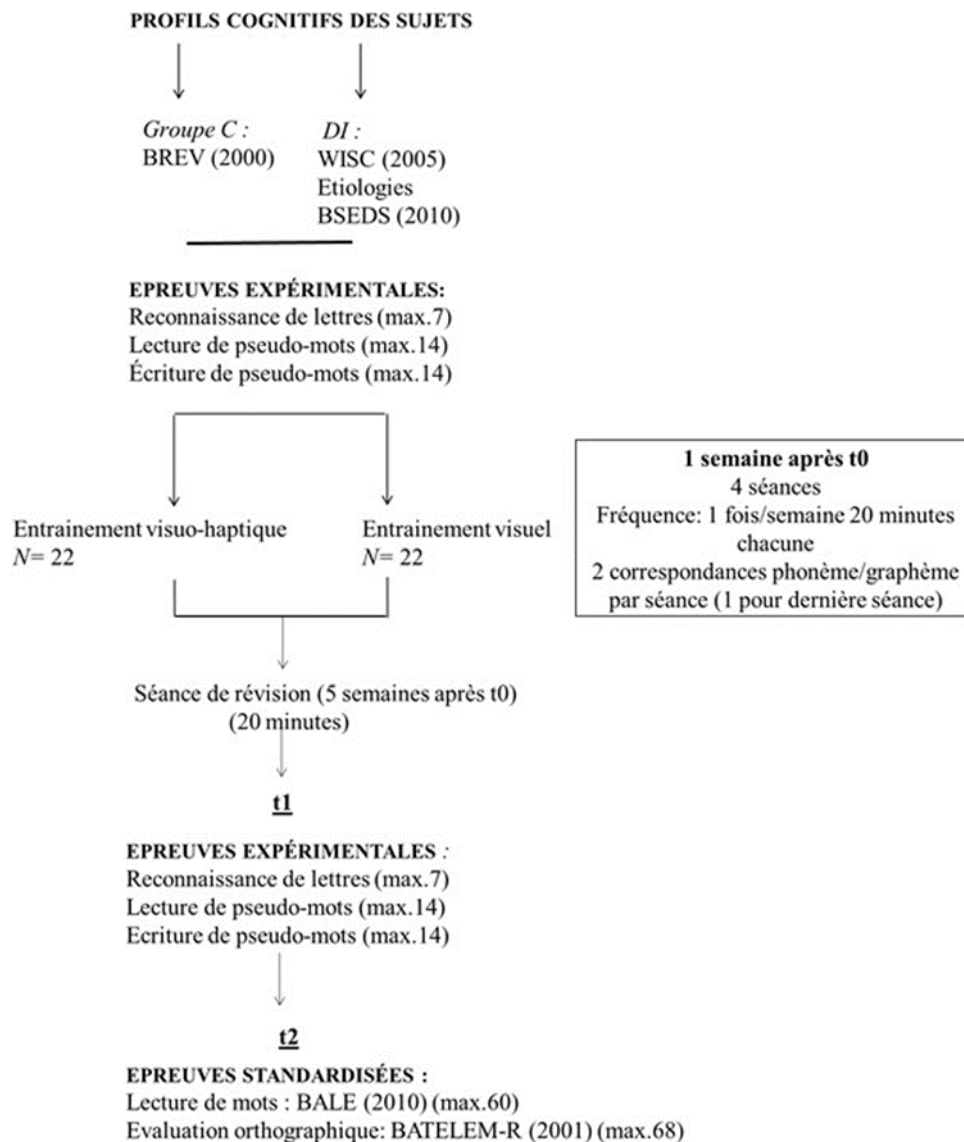


Figure 2. Déroulement de l'étude

## 2 Matériel

Dans cette partie l'ensemble du matériel constituant le protocole sera décrit : le choix des lettres entraînées, le matériel des épreuves expérimentales, des épreuves standardisées et des entraînements.

### 2.1 Sélection des lettres

L'entraînement est destiné à entraîner et à tester (à t0 et t1) 7 lettres cursives : b, l, g, m, v, s, p. Ces lettres ont été sélectionnées sur la base d'une fréquence graphonémique faible (Véronis, 1986). La structure phonologique du nom des lettres a été contrôlée, quatre lettres étaient de structure Consonne-Voyelle (CV) (b,g,v,p) et trois lettres étaient de structure Voyelle-Consonne (VC) (l,m,s). En effet, certains travaux montrent un impact de la structure phonologique du nom de la lettre sur les rythmes d'acquisition du son correspondant, de la sensibilité phonologique et des correspondances lettres-sons (Treiman, 2006 ; Labat et al., 2011 ; Ecalle, Biot-Chevrier & Magnan, 2008). En ce sens,

---

le son des consonnes VC en Français (indice phonologique en position finale du nom de la lettre) est plus rapidement acquis que celui des consonnes CV (indice en position finale). Nous avons ainsi proposé les deux types de structures afin de représenter le plus précisément possible les différentes situations de lecture et d'écriture de notre langue.

## 2.2 Matériel des épreuves expérimentales à t0 et t1

- **Reconnaissance de lettres** : Le matériel était composé de 2 planches (figure 3) sur lesquelles étaient écrites toutes les lettres de l'alphabet en répertoire cursive (crayon L, 1,2 cm pour les lettres « hautes » et 4 mm pour les lettres « petites ») disposées de manière aléatoire (annexe 4).



Figure 3. Support proposé pour l'épreuve expérimentale de reconnaissance de lettres

- **Lecture de pseudo-mots (PM)**: Le matériel se composait de 14 PM trisyllabiques écrits en répertoire cursive (figure 4) contenant la lettre cible dans la première syllabe (typographie crayon L, police : 200) (annexe 3). Chaque item était présenté sur une feuille A4. Pour constituer les PM, nous avons contrôlé l'item contenu dans le PM (nom de lettre (NL) ou phonème de lettre (PL)) ainsi que la structure phonologique du nom de la lettre (Consonne-Voyelle (CV) vs Voyelle/Consonne (VC)). En effet, lorsque le nom et le son sont reliés l'apprentissage de la correspondance lettre/son est facilité (Ehri, 2011 ; Labat et al., 2011). Ainsi, toutes les configurations sont représentées dans la constitution des PM : 4 types de PM sont donc proposés: NLCV (e.g., épélu), NLVC (e.g., émevi), PLCV (e.g., épolu), PLEVC (e.g., imavi).



Figure 4. Exemple d'item de l'épreuve expérimentale de lecture de pseudo-mots

- **Ecriture de PM**: Le matériel se composait de 14 PM bisyllabiques possédant la lettre cible comme première lettre (annexe 4). Suivant le même principe que l'épreuve de lecture de PM, nous avons contrôlé l'item contenu dans le PM (nom de lettre (NL) ou phonème de lettre (PL)) ainsi que la structure phonologique du nom de la lettre (Consonne/Voyelle (CV) vs Voyelle/Consonne (VC)). Ainsi, toutes les configurations sont

---

représentées dans la constitution des PM : 4 types de PM sont testés : NLCV (e.g., bélo), NLVC (e.g., èlda), PLCV (e.g., bilo), PLEV (e.g., ulda).

### 2.3 Matériel des entraînements

- **Les lettres de l'entraînement VH:** Elles se composaient de 7 lettres cursives (typographie crayon L) creusées dans des supports en mousse rose de 6 millimètres d'épaisseur, et de hauteurs différentes selon le type de lettres : 16 cm pour les lettres b, g, l p et 6 cm pour les lettres m, s et v. Les lettres sont partiellement extraites de l'étude de Labat et al., (2011). Les supports en mousse ont été collés sur un carton rigide blanc (figure 5). Au creux de chaque lettre ont été tracées des indications de direction d'exploration de la lettre, correspondant aux règles conventionnelles du code écrit (Simner, 1981), matérialisées par un point bleu pour le départ, un point rouge pour l'arrivée et des flèches de direction (annexe 5). La lettre creusée en mousse implique une procédure exploratoire de « suivi de contour » impliquant un traitement analytique de la forme (Lederman & Klatzky, 1987; Bara, Fredembach, & Gentaz, 2010).

- **Les lettres de l'entraînement V :** Elles se composaient des mêmes lettres mais dactylographiées (typographie crayon L) et imprimées en noir sur une feuille A4 blanche (figure 5). La hauteur et l'épaisseur de chaque lettre est identique à celle du matériel VH (annexe 6).

-**Les illustrations :** Elles étaient extraites du site <http://www.sclera.be/>. Il s'agit d'images simples et courantes qui pour autant n'infantilisent pas les adolescents. L'illustration consistait donc en un support visuel où le mot représenté contient le son cible en position initiale. Ce support référent permettant d'illustrer le phonème auquel le sujet pouvait se référer pour se rappeler le son entraîné.

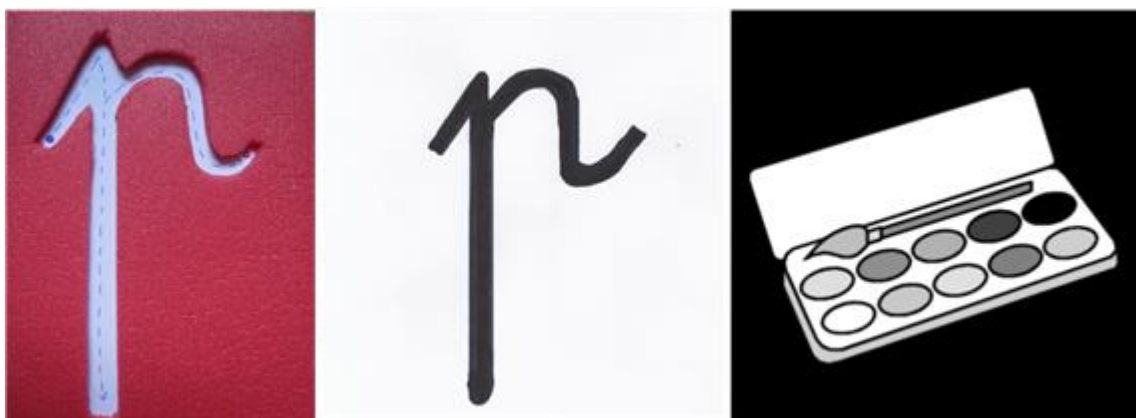


Figure 5. Exemple de matériel de l'entraînement visuel et visuo-haptique: association de la lettre p au mot peinture.

### 2.4 Matériel des épreuves standardisées à t2

- **Lecture de mots de la BALE (Groupe Cogni-Sciences & CNRS de Grenoble, 2010) :** Ce subtest se composait de 3 listes de 40 mots fréquents (réguliers et irréguliers) et de 20 PM présentés en colonne (annexe 8). L'enfant avait une colonne de mots sous les yeux tandis qu'un cache était utilisé pour masquer les autres listes lors de la lecture. Une analyse des résultats au subtest lecture de PM sera effectuée puis une analyse globale des résultats aux 3 listes.

- **Évaluation orthographique de la BATELEM-R (Savigny, 2001):** Il se composait de 5 paragraphes (annexe 9). Nous avons fait passer les quatre premiers paragraphes correspondant aux performances d'élèves d'âge chronologique de 6 et 7 ans (soit les performances normées correspondants à notre groupe C dans la présente étude). Ce test

---

consistait en une dictée de phonèmes, de syllabes et de phrases évaluant la phonétique, le lexique et la syntaxe. Les sujets écrivaient sur une feuille de réponses composée d'un cadre divisé en 4 espaces proportionnels à la taille de chaque paragraphe. Chaque espace possède des lignes et un carré noir signalant l'endroit où le sujet devait commencer à écrire. Une analyse globale des résultats aux 4 paragraphes sera effectuée.

### 3 Procédure

Nous décrivons ici la procédure de passation des épreuves expérimentales, des entraînements (exploration visuo-haptique (VH) de la lettre et visuelle (V) de la lettre) et des épreuves standardisées.

#### 3.1 Épreuves expérimentales à t0 et t1

Les épreuves expérimentales à t0 et t1 se composaient d'une tâche de reconnaissance de lettres, de lecture et d'écriture de pseudo-mots (PM). Pour chaque tâche, nous mesurons le pourcentage de réponses correctes. La passation est individuelle pour tous les sujets.

- **Reconnaissance de lettres:** La tâche consistait à entourer les lettres nommées par l'expérimentateur. Les deux planches ont été successivement présentées au sujet. Après avoir présenté la planche à l'enfant, la consigne était la suivante : « *Sur cette feuille, il y a des lettres. Je vais te dire une lettre et tu l'entoureras* ». Après quatre lettres énoncées par l'expérimentateur, la seconde feuille était présentée au sujet. La même procédure est reprise pour les trois lettres restantes. La présentation des lettres est contrebalancée entre les sujets. Un point a été attribué par lettre correctement entourée (max. 7 points).

- **Lecture de PM :** La tâche consistait à lire à voix haute 14 PM. Chaque item a été présenté successivement à l'enfant. La consigne était la suivante : « *Je vais te montrer des mots écrits, ces mots n'existent pas, tu essaieras de les lire* ». Un point a été attribué lorsque la première syllabe des PM a été correctement lue (max.14 points).

- **Écriture de PM :** la tâche consistait à produire à l'écrit 14 PM. Chaque item a été présenté successivement à l'enfant. La consigne était énoncée comme suit: « *Je vais te dire des mots qui n'existent pas, tu essaieras de les écrire* ». Un point a été attribué dès que la lettre cible était écrite (max.14 points).

#### 3.2 Déroulement de l'entraînement

L'entraînement était composé de quatre séances d'entraînements à raison d'une séance par semaine (mi janvier à mi février) et d'une séance de révision (février). Chaque séance durait 20 minutes approximativement.

A chaque séance, deux correspondances graphème-phonème (CGP) étaient apprises, excepté à la dernière séance où seulement une lettre était entraînée. Les entraînements étaient individuels pour les sujets DI alors qu'ils s'effectuaient par groupes de 4 ou 5 élèves pour le groupe C. Les sujets DI présentent des niveaux hétérogènes, en conséquence la passation individuelle permet un apprentissage différencié. L'ordre de présentation des lettres était contrebalancé entre les participants.

Pour l'apprentissage d'une CGP quel que soit le groupe (DI ou C) ou l'entraînement (V vs VH), il était composé (1) d'un exercice phonologique puis (2) d'une exploration sensori-motrice de la forme de la lettre. Les deux types d'entraînement diffèrent seulement sur l'exploration sensori-motrice de la forme : elle peut être soit VH soit V.

(1) Exercice phonologique :

L'exercice phonologique consistait à présenter la lettre au sujet en lui donnant le nom de la lettre cible. Chaque lettre était associée à une illustration commençant par la lettre cible, par exemple, « *C'est la lettre p que l'on écrit au début du mot peinture* » (annexe 7).

---

A aucun moment le phonème de la lettre est mentionné explicitement (apprentissage implicite). Il était par la suite demandé au sujet de trouver des mots commençant par la lettre cible. Pour le groupe contrôle, l'expérimentateur veillait à ce que chaque enfant propose plusieurs mots. L'expérimentateur corrigeait le participant s'il effectuait une erreur et l'invitait à renouveler une proposition de mot. A la fin de la séance, l'expérimentateur rappelait le nom de chaque lettre entraînée ainsi que son illustration.

## (2) Exploration sensorimotrice

- Exploration VH de l'entraînement : L'expérimentateur présentait la lettre en mousse au participant selon son orientation correcte de lecture. Après avoir guidé une fois l'index du sujet dans la découverte du contour de la lettre, l'expérimentateur demandait au sujet d'explorer activement la lettre avec son index en suivant les indications de direction selon la consigne suivante : « *Fais bien attention à la forme de la lettre et pense fortement à son nom déplaçant plusieurs fois ton doigt en partant du point bleu, pour arriver au point rouge en suivant l'ordre des flèches* ». L'exploration était répétée jusqu'à la réussite de trois traçages consécutifs. L'exploration d'une lettre durait environ 5 minutes.

- Exploration V de l'entraînement: Pour le second type d'entraînement, seule la modalité visuelle était sollicitée pour explorer la forme de la lettre par le sujet. L'expérimentateur présentait la première lettre sur la feuille A4 au sujet en lui montrant son orientation correcte. Dans un premier temps, l'expérimentateur montrait avec son index le sens de traçage de la lettre en demandant au sujet de suivre avec ses yeux tout en commentant la forme de la lettre. Puis l'expérimentateur donnait la consigne suivante : « *Tu vas suivre la lettre des yeux en faisant bien attention à la forme de la lettre et en pensant fortement à son nom* ». L'expérimentateur veillait à ce que le sujet ne touche pas la lettre. L'exploration était répétée trois fois tandis que l'expérimentateur était attentif aux mouvements des yeux du sujet. L'exploration d'une lettre durait environ 5 minutes pour les DI. Pour le groupe C, l'exploration individuelle se faisait chacun son tour afin que l'expérimentateur puisse vérifier que le regard de l'élève suivait correctement l'orientation conventionnelle de la lettre. Afin que les autres enfants restent concentrés, nous leur proposons de suivre avec nous le regard de leur camarade afin de s'assurer qu'il le faisait correctement.

- La séance de révision: toutes les lettres entraînées ont été rappelées (nom et illustration dont le mot commence par le son correspondant). L'ordre de présentation a été contrebalancé selon les groupes. Puis, une seule exploration de la forme de chaque lettre (VH ou V) a été réalisée en fonction du type d'entraînement qui était proposée précédemment aux sujets. La séance de révision était individuelle pour les sujets DI ou en groupe de 4 ou 5 élèves pour le groupe C.

### 3.3 Epreuves standardisées à t2

Le post-test 2 a pour but d'évaluer la généralisation des compétences acquises. Pour cela, nous avons sélectionné des tests étalonnés sur les classes de CP/CE1, correspondant au niveau de nos participants. Ces tests évaluent des performances en lecture de mots et en production orthographique. La passation est individuelle pour tous les sujets.

- **Lecture de mots de la BALE (Groupe Cogni-Sciences & CNRS de Grenoble, 2010)**: La tâche vise à lire à voix haute le mieux possible des mots isolés présentés en colonne pour la liste des mots réguliers et irréguliers. Pour les PM, l'expérimentateur précisait à l'enfant que « *cette liste est composée de mots qui n'existent pas et qui ne veulent rien dire, tu dois lire ce qui est écrit sans chercher à comprendre* ». Nous mesurons le pourcentage de mots lus correctement par une analyse des résultats au subtest lecture de PM puis une analyse globale des résultats aux 3 listes (max.60 points).

---

- **Évaluation orthographique de la BATELEM-R (Savigny, 2001):** La tâche a pour objectif d'écrire des phrases sous dictée. L'expérimentateur disait à l'enfant « *Tu vas faire une dictée. Au début ce sera très facile, puis les phrases deviendront plus compliquées. Il faudra bien écouter. Nous allons commencer dans la case 1 près du petit carré noir (l'expérimentateur fait repérer l'endroit à l'enfant)* ». L'expérimentateur précisait « Si tu ne sais pas écrire un son tu mettras un petit trait à la place ». Nous faisons une analyse globale en mesurant le pourcentage de graphies exactes (max. 68 points).

---

# Chapitre IV

## PRESENTATION DES RESULTATS



---

Deux axes d'analyse sont proposés dans cette partie résultat. Dans un premier temps, l'effet de l'entraînement a été étudié. Le second axe vise à étudier la sensibilité à l'entraînement suivant le degré de DI sur la progression des performances. Uniquement les effets principaux significatifs de chaque VI sur la/les VD ou les interactions entre les VI significatives sont présentés dans les parties suivantes. Dans ces cas, des comparaisons *post-hoc* (Tukey) étaient réalisées afin de déterminer où se situaient les différences significatives entre les conditions expérimentales.

## I Analyse de l'effet de l'entraînement

Pour cet axe d'analyse, l'appariement des quatre groupes (Groupe déficients intellectuels avec entraînement Visuo-Haptique (DI VH,  $N= 11$ ), groupe déficients intellectuels avec entraînement Visuel (DI V,  $N= 11$ ), groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique (C VH,  $N= 11$ ), groupe contrôle avec entraînement Visuel (C V,  $N= 11$ ) à t0 a été vérifié, puis les évolutions des performances entre t0 et t1 ont été évaluées pour chacune des épreuves expérimentales (reconnaissance des lettres, lecture et écriture de pseudo-mots (PM)). Les analyses sont indépendantes du degré de DI. Une seconde analyse a été réalisée à t2 où l'on a comparé les performances des quatre groupes à des épreuves standardisées : lecture de PM, de mots réguliers et irréguliers (BALE) et écriture de mots (BATELEM-R).

### 1 Appariement des groupes à t0

Nous présenterons dans cette partie, les profils des quatre groupes (DI VH, DI V, C VH et C V) sur les caractéristiques générales (âge moyen chronologique (AC ; en mois), âge moyen mental (AM ; en mois), profils cognitifs (NEPSY et BREV), puis leurs performances aux épreuves de reconnaissance de lettres, de lecture et d'écriture PM à t0.

#### 1.1 Caractéristiques générales des groupes

Tout d'abord, une analyse de variance (General Linear Model, GLM) a été conduite en fonction des facteurs inter-sujets Types d'entraînement (Visuo-Haptique (VH) vs Visuel (V)) et Types de sujets (Déficients intellectuels (DI) vs Contrôle (C)) sur l'AC. Un effet principal du groupe sur l'AC,  $F(3, 40) = 171.98$ ,  $p = .0001$ , a été mis en évidence. Les comparaisons *post-hoc* (Tukey) ne révélaient aucune différence significative entre les AC (1) des deux groupes DI et (2) des deux groupes C ( $ps > .10$ ). En revanche, et conformément à nos attentes, une différence significative a été mise en évidence entre l'AC des deux groupes DI, et des deux groupes C, quel que soit le type d'entraînement (VH ou V ;  $p = .002$ ), dans le sens où l'AC moyen des groupes DI ( $M_{VH} = 188.45$  ;  $M_V = 180$ ) est supérieur à celui des groupes C ( $M_{VH} = 79.82$  ;  $M_V = 77.7$ ).

Ensuite, un test *t* de student sur échantillon indépendant a été effectué en fonction du Types d'entraînement (VH vs V) sur l'AM des DI. Les résultats révélaient que l'AM des deux groupes DI (VH vs V) ne différaient pas significativement,  $t(11) > 1.36$ ,  $p < .21$ , ( $M_{DI\ VH} = 80.61$  ;  $M_{DI\ V} = 72.50$ ).

Un test *t* de student sur échantillon indépendant a également été réalisé en fonction du Types d'entraînement (VH vs V) sur les performances aux épreuves de motricité (NEPSY) chez les adolescents DI. Les résultats indiquaient que les performances des deux groupes DI (DI VH et DI V) ne différaient pas significativement sur le nombre de RC en copie de figures,  $t(20) > 0.10$ ,  $p < .92$ , ( $M_{DI\ VH} = 8.27$  ;  $M_{DI\ V} = 8.09$ ), sur le nombre d'erreurs en précision visuo-motrice (test moto),  $t(20) > -1.16$ ,  $p < .03$ , ( $M_{DI\ VH} = 9.64$  ;  $M_{DI\ V} = 16.64$ ), et sur le temps (en secondes) en prévision visuo-motrice (test moto),  $t(20) > -1.59$ ,  $p < .13$ , ( $M_{DI\ VH} = 74$  ;  $M_{DI\ V} = 103.36$ ).

---

Enfin, un test *t* de student sur échantillon indépendant a été mené en fonction du Types d'entraînement (VH vs V) sur les performances à une épreuve d'intelligence non verbale (BREV) pour les enfants contrôles (C). Les résultats indiquaient que le nombre moyen de RC des deux groupes C (VH vs V) ne différaient pas significativement,  $t(20) > 1.10$ ,  $p < .28$ , ( $M_{C\text{VH}} = 14.36$  ;  $M_{C\text{V}} = 13.18$ ).

Pour résumer, l'ensemble de ces analyses ne révélait aucune différence significative concernant les caractéristiques générales des groupes (AM, AC, profils cognitifs (BREV, NEPSY), les appariements avant l'entraînement apparaissent cohérents.

## 1.2 Reconnaissance de lettres

A t0, l'analyse de variance GLM a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction des facteurs inter-sujets Types d'entraînement (VH vs V) et Types de sujets (DI vs C). Aucun effet principal de groupe n'est mis en évidence,  $F(3, 40) = 1.34$ ,  $p = .28$  ( $M_{DI\text{VH}} = 64.94$ ,  $M_{DI\text{V}} = 66.23$  ;  $M_{C\text{VH}} = 77.92$  ;  $M_{C\text{V}} = 83.12$ ).

## 1.3 Lecture de pseudo-mots

A t0, l'analyse de variance GLM a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction des facteurs inter-sujets Types d'entraînement (VH vs V) et Types de sujets (DI vs C). Un effet principal de groupe est mis en évidence,  $F(3, 40) = 9.35$ ,  $p = .0001$ . Les analyses *post-hoc* (Tukey) ne révélait pas de différence significative entre : (1) les deux groupes de sujets DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ) et (2) les deux groupes de sujets C (C VH et C V ; ( $p > .10$ ). En revanche, les scores des groupes C sont supérieurs à ceux des DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 57.14$  ;  $M_C = 82.47$  ;  $p = .04$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 35.10$  ;  $M_C = 66.88$  ;  $p = .007$ ).

## 1.4 Ecriture de pseudo-mots

A t0, l'analyse de variance GLM a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction des facteurs inter-sujets Types d'entraînement (VH vs V) et Types de sujets (DI vs C).

Un effet principal de groupe est mis en évidence,  $F(3, 40) = 11.120$ ,  $p = .001$ . Les analyses *post-hoc* (Tukey) ne révélait pas de différence significative entre (1) les deux groupes DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ) et (2) les deux groupes de sujets C (C VH et C V ;  $p > .10$ ). En revanche, les scores des groupes C sont supérieurs à ceux des DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 57.78$  ;  $M_C = 89.61$  ;  $p = .003$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 46.75$  ;  $M_C = 82.47$  ;  $p = .001$ ).

Pour résumer, les appariements, avant l'entraînement, sont donc cohérents en reconnaissance de lettres et partiellement cohérents en lecture et écriture de PM. En effet, les performances ne différaient pas significativement entre les deux groupes d'entraînement DI (DI VH et DI V) et entre les deux groupes d'entraînement C (C VH et C V) aux épreuves de reconnaissance de lettres, de lecture et d'écriture de PM. Toutefois, les performances des sujets C étaient supérieures à celles des sujets DI pour les épreuves de lecture et d'écriture de PM, quel que soit le type d'entraînement.

## 2 Evaluation de l'effet des entraînements pour chaque épreuve

Une première analyse GLM a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Groupes d'entraînement (DI VH, DI V, C VH et C V), et du facteur intra-sujet Temps d'évaluation (t0 vs t1) dans les épreuves expérimentales de reconnaissance de lettres, de lecture et d'écriture de PM.

La seconde analyse concerne uniquement deux épreuves standardisées à t2 : une épreuve standardisée de (1) lecture de PM, (2) lecture de mots réguliers, irréguliers et de PM (BALE) et une épreuve standardisée d'écriture de mots (BATELEM-R). Cette analyse

de variance (GLM) a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Groupe d'entraînement (DI VH, DI V, C VH, et C V).

Nous avons analysé les comparaisons a posteriori afin de répondre à notre hypothèse principale (voir Howell, 2012 pour des justifications en ce sens).

## 2.1 Reconnaissance de lettres

Les moyennes (et les erreurs standards) ont été présentées dans le tableau 3. L'analyse descriptive indiquait un bon niveau de reconnaissance de lettres dès t0 pour les quatre groupes (scores compris entre 60 et 99 %). A t1, les scores sont compris entre 71 et 99 %.

Tableau 3

*Pourcentages moyens de réponses correctes (et erreurs standards) dans l'épreuve de reconnaissance de lettres en fonction du temps d'évaluation (t0 et t1) et du groupe d'entraînement (DI VH, DI V, C VH, et C V)*

	Groupes d'entraînement			
	DI VH (N=11)	DI V (N=11)	C VH (N=11)	C V (N=11)
Temps d'évaluation				
<b>t0</b>	64.9 (7.7)	66.2 (7.7)	77.9 (7.7)	83.1 (7.7)
<b>t1</b>	84.4 (4.9)	71.4 (4.9)	98.7 (4.9)	92.2 (4.9)

*Notes :* Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V.

L'analyse GLM montrait les effets principaux suivants :

- Un effet principal de groupe,  $F(3, 40) = 2.92$ ,  $p = .05$ . La différence entre les groupes DI V ( $M = 68.83$ ) et C VH ( $M = 88.31$ ) tendait vers la non-significativité ( $p = .09$ ). Les autres comparaisons n'étaient pas significatives ( $ps > .10$ ).

-Un effet principal de temps,  $F(1, 40) = 19.01$ ,  $p = .001$  : les performances s'amélioraient significativement entre t0 ( $M = 73.05$ ) et t1 ( $M = 86.68$ ).

L'interaction groupe \* temps d'évaluation apparaît non significative,  $F(3, 40) = 1.51$ ,  $p = .23$ , (Figure 6). Conformément à ce qui a été annoncé dans la partie « appariement », les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des quatre groupes à t0 ( $p > .10$ ). Entre t0 et t1, les analyses révélaient des progrès tendanciellement significatifs pour le groupe DI VH ( $M_{t0} = 64.94$  ;  $M_{t1} = 84.42$  ;  $p = .06$ ) et le groupe C VH ( $M_{t0} = 77.92$  ;  $M_{t1} = 98.70$  ;  $p = .04$ ), tandis que les performances n'augmentaient pas significativement pour les entraînements V, quel que soient les types de sujets, (pour le groupe DI :  $M_{t0} = 66.25$  ;  $M_{t1} = 71.43$  ;  $ps > .10$  ; pour le groupe C :  $M_{t0} = 83.12$  ;  $M_{t1} = 92.21$  ;  $ps > .10$ ). A t1, les analyses ne révélaient pas de différence significative entre (1) les deux groupes DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ) et (2) les deux groupes de sujets C (C VH et C V ;  $p > .10$ ). Les analyses ne révélaient pas non plus de différence significative entre les deux groupes VH (DI VH et C VH ;  $p > .10$ ) et les deux groupes V (DI V et C V ;  $p > .10$ ).

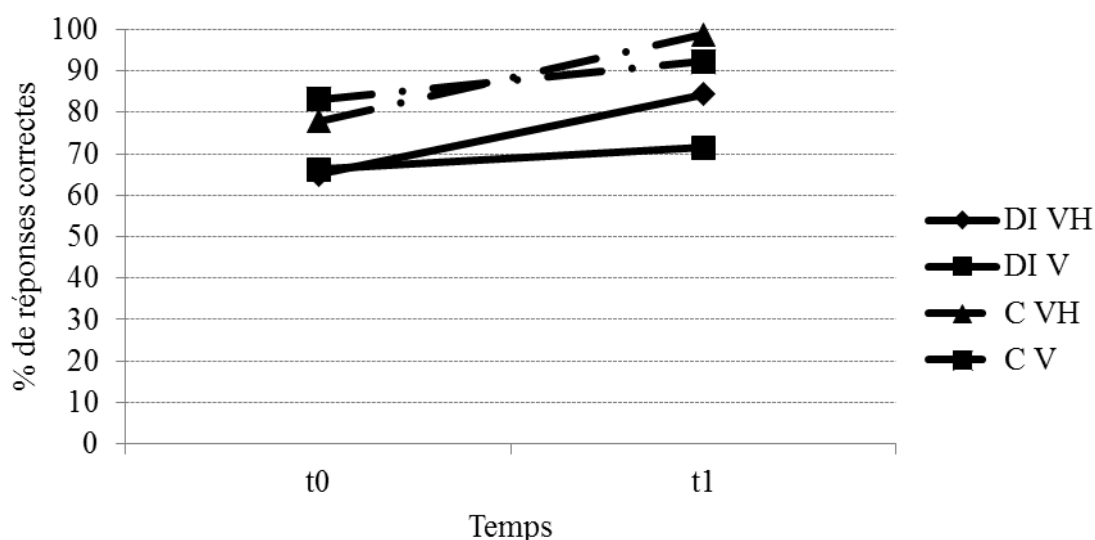


Figure 6. Evolution du pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de reconnaissance de lettres au cours du temps (à t0 et à t1) en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).

## 2.2 Lecture de pseudo-mots

Les moyennes (et les erreurs standards) ont été présentées dans le tableau 4. L'analyse descriptive indiquait dans l'ensemble un bon niveau de lecture de PM pour les 4 groupes à t0 (scores compris entre 45 % et 95%). A t1, les scores sont compris entre 66 et 96 %. A t2, les scores pour l'épreuve standardisée lecture de PM sont compris entre 10 et 74% et entre 12 et 77% pour l'épreuve standardisée lecture globale.

Tableau 4

Pourcentages moyens de réponses correctes (et erreurs standards) dans l'épreuve de lecture de pseudo-mots en fonction du temps d'évaluation (à t0, t1 et t2) et du groupe d'entraînement (DI VH, DI V, C VH, et C V)

	Groupes d'entraînement			
	DI VH (N=11)	DI V (N=11)	C VH (N=11)	C V (N=11)
Temps d'évaluation				
Lecture de PM				
<b>t0</b>	57.1 (6.4)	35.7 (6.4)	82.5 (6.4)	66.9 (6.4)
<b>t1</b>	85.1 (5.7)	58.4 (5.7)	95.4 (5.7)	91.5 (5.7)
<b>t2</b>				
Lecture de PM (BALE)	23.6 (4.7)	10.9 (4.7)	73.6 (4.7)	70 (4.7)
Lecture (score global ; BALE)	28.2 (4.9)	12 (4.9)	76.8 (4.9)	69.4 (4.9)

---

Notes : Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V.

La première analyse GLM montrait les effets principaux suivants :

-Un effet principal de groupe,  $F(3, 40) = 10.80$ ,  $p = .002$ . Les performances du groupe DI VH étaient significativement supérieures à celles du groupe DI V ( $M_{DI\ VH} = 71.10$ ,  $M_{DI\ V} = 47.08$  ;  $p = .02$ ) alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre les groupes C ( $M_{C\ VH} = 88.96$  ;  $M_{C\ V} = 79.22$  ;  $p > .10$ ). Pour l'entraînement visuel, les performances du groupe C étaient significativement supérieures à celles du groupe DI ;  $p = .001$ . Les différences entre les groupes VH (DI VH et C VH) n'étaient pas significatives ( $p > .10$ ).

-Un effet principal de temps,  $F(1, 40) = 66.49$ ,  $p = .001$  : les performances s'amélioraient significativement entre t0 ( $M = 60.55$ ) et t1 ( $M = 82.63$ ).

L'interaction groupe \* temps d'évaluation apparaissait non significative,  $F(3, 40) = 1.41$ ,  $p = .25$ , (Figure 7). Conformément à ce qui a été annoncé dans la partie « appariement », les analyses ont montré une différence significative entre les performances des groupes à t0 : les sujets C ont des performances supérieures aux sujets DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 57.14$  ;  $M_C = 82.47$  ;  $p = .04$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 35.10$  ;  $M_C = 66.88$  ;  $p = .007$ ). Il n'y avait pas de différence significative : (1) entre les groupes DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ), (2) entre les groupes C (C VH et C V ;  $p > .10$ ). Entre t0 et t1, les analyses révélèrent une progression significative pour le groupe DI VH ( $M_{t0} = 57.14$  ;  $M_{t1} = 85.06$  ;  $p = .002$ ), pour le groupe DI V ( $M_{t0} = 35.71$  ;  $M_{t1} = 58.44$  ;  $p = .001$ ), pour le groupe C V ( $M_{t0} = 66.88$  ;  $M_{t1} = 91.55$  ;  $p = .001$ ). En revanche, cette différence t0-t1 est non significative pour le groupe C VH ( $M_{t0} = 82.47$  ;  $M_{t1} = 95.45$  ;  $p > .10$ ). A t1, les performances des sujets DI VH sont tendanciellement supérieures à celles des DI V ( $p = .06$ ) alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre les groupes C (C VH et C V ;  $p > .10$ ). De plus, les résultats montraient que les performances du groupe C étaient supérieures à celles du groupe DI, après l'entraînement V ( $M_{DI} = 58.44$  ;  $M_C = 91.55$  ;  $p = .007$ ) alors que les performances après l'entraînement VH ne différaient plus significativement entre les deux groupes ( $M_{DI} = 85.06$  ;  $M_C = 95.45$  ;  $p = .93$ ). En d'autres termes, alors qu'il y avait une différence significative entre les groupes à t0, cet écart disparaît à t1 après l'entraînement VH, ce qui n'est pas le cas après l'entraînement V, la progression semble donc plus importante après l'entraînement VH qu'après l'entraînement V. Alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre les groupes C VH et C V, ni à t0 ni à t1.

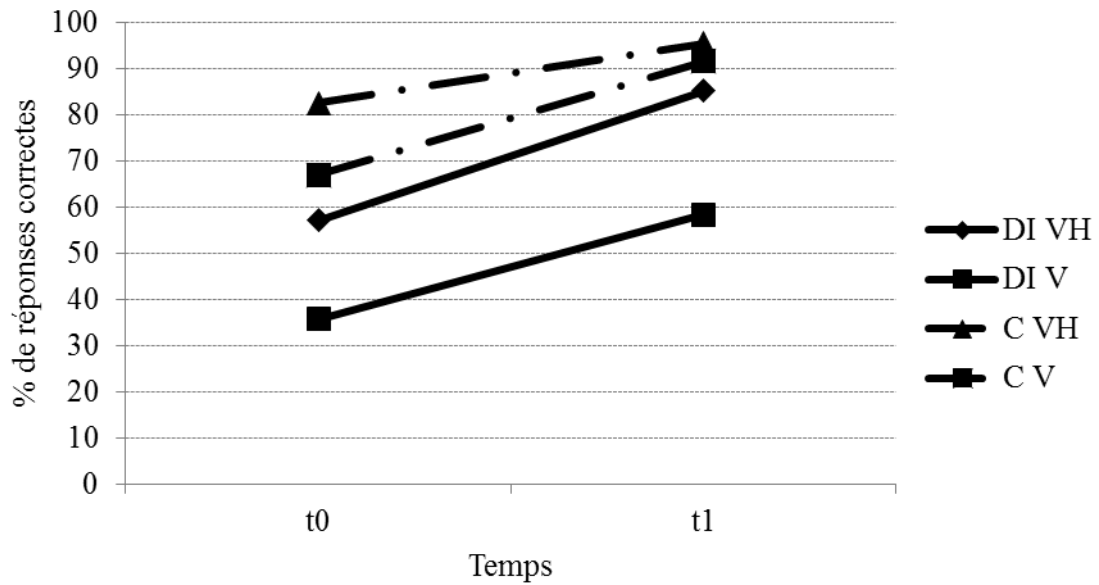


Figure 7. Evolution du pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de lecture de pseudo-mots au cours du temps (à t0 et à t1) en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).

Puis, à t2, la seconde analyse GLM avait tout d'abord montré, à l'épreuve de lecture de PM (figure 8), un effet principal de groupe,  $F(3,40) = 46.07$   $p = .01$ . Les comparaisons a posteriori n'ont indiqué aucune différence significative entre les deux entraînements (VH vs V), quel que soit le groupe (pour les sujets DI :  $M_{VH} = 23.64$  ;  $M_V = 10.90$  ;  $p > .10$  ; pour les sujets C :  $M_{VH} = 73.63$  ;  $M_V = 70$  ;  $p > .10$ ). En revanche, les scores des groupes C sont supérieurs à ceux des DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 23.64$  ;  $M_C = 73.63$  ;  $p = .002$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 10.90$  ;  $M_C = 70$  ;  $p = .002$ ).

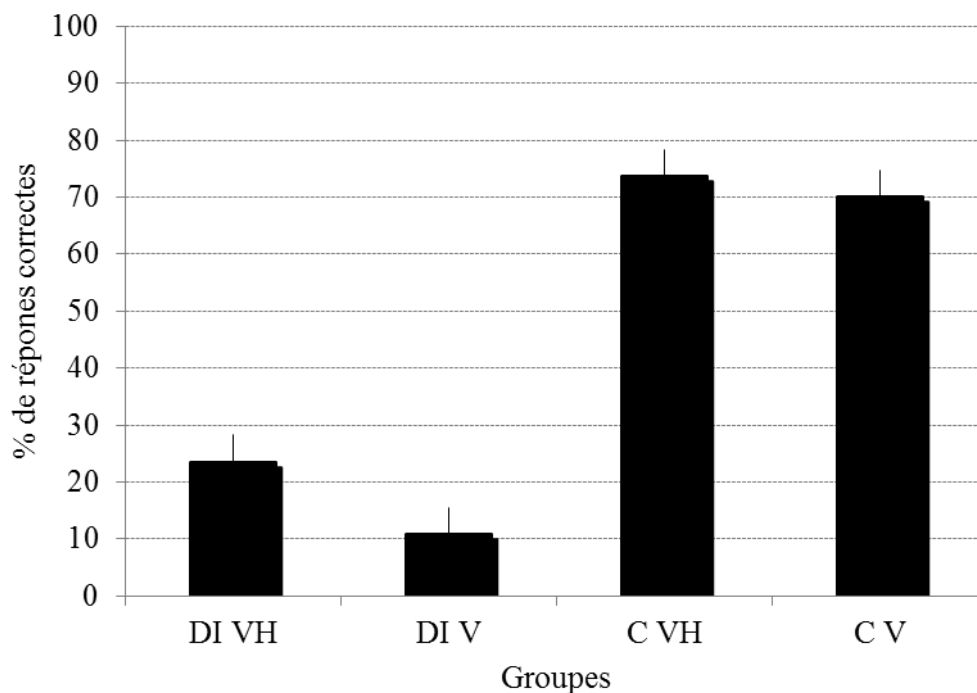


Figure 8. Pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de lecture de pseudo-mots en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V) à t2.

Ensuite, l'analyse de variance GLM à t2 a montré, à l'épreuve de lecture globale de mots (réguliers, irréguliers et de pseudo-mots) (figure 9), un effet principal de groupe,  $F(3,40) = 41.83$ ,  $p = .01$ . Les comparaisons a posteriori n'ont indiqué aucune différence significative entre les entraînements (VH vs V), quel que soit le groupe (pour les sujets DI :  $M_{VH} = 28.18$  ;  $M_V = 11.96$  ;  $p > .10$  ; pour les sujets C :  $M_{VH} = 76.81$  ;  $M_V = 69.39$  ;  $p > .10$ ). En revanche, les scores des groupes C sont supérieurs à ceux des DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 28.18$  ;  $M_C = 76.81$  ;  $p = .0002$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 11.96$  ;  $M_C = 69.39$  ;  $p = .0002$ ).

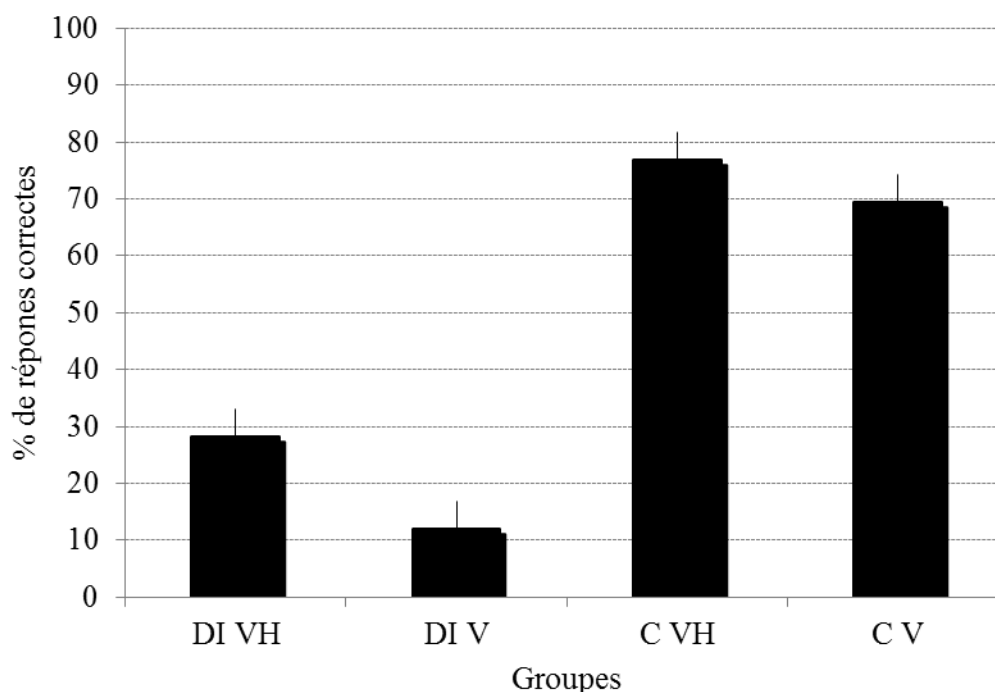


Figure 9. Pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V) à t2.

### 2.3 Ecriture de pseudo-mots

Les moyennes (et les erreurs standards) ont été présentées dans le tableau 5. L'analyse descriptive indiquait des scores compris entre 35 % et 83% à t0. A t1, les scores sont compris entre 58 et 96 %. A t2, les scores pour l'épreuve standardisée écriture de mots sont compris entre 8 et 50%.

Tableau 5.

*Pourcentages moyens de réponses correctes (et erreurs standards) dans l'épreuve d'écriture de pseudo-mots en fonction du temps d'évaluation (à t0, t1 et t2) et du groupe d'entraînement (DI VH, DI V, C VH et C V).*

	Groupes d'entraînement			
	DI VH (N=11)	DI V (N=11)	C VH (N=11)	C V (N=11)
Temps d'évaluation				
Écriture de PM				
<b>t0</b>	57.8 (6.1)	46.8 (6.1)	89.6 (6.1)	82.5 (6.1)
<b>t1</b>	83.4 (4.7)	66.9 (4.7)	95.4 (4.7)	94.8 (4.7)
<b>t2</b>				
Écriture de mots (BATELEM-R)	16 (3.6)	8.5 (3.6)	49.9 (3.6)	43.7 (3.6)

Notes : Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V.

La première analyse GLM montrait les effets principaux suivants :

-Un effet principal de groupe  $F(3, 40) = 12.27, p = .001$ . Les performances du groupe C étaient significativement supérieures à celles du groupe DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 70.78, M_C = 92.53; p = .01$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 56.82; M_C = 88.64; p = .001$ ). Il n'y avait pas de différence significative (1) entre les groupes DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ), (2) entre les groupes C (C VH et C V ;  $p > .10$ ).

-Un effet principal de temps,  $F(1, 40) = 35.64, p = .001$  : les performances s'amélioraient significativement entre t0 ( $M = 69.15$ ) et t1 ( $M = 85.23$ ).

L'interaction groupe \* temps d'évaluation apparaissait tendanciellement significative,  $F(3, 40) = 2.68, p = .06$ , (Figure 10). Conformément à ce qui a été annoncé dans la partie « appariement » les performances des sujets C sont supérieures à ceux des DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 57.78; M_C = 89.61; p = .003$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 46.75; M_C = 82.47; p = .001$ ). Il n'y avait pas de différence significative : (1) entre les groupes DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ), (2) entre les groupes C (C VH et C V ;  $p > .10$ ). Entre t0 et t1, les analyses révélaient des progressions significatives pour le groupe DI VH ( $M_{t0} = 57.79; M_{t1} = 83.77; p = .001$ ) et pour le groupe DI V ( $M_{t0} = 46.75; M_{t1} = 66.88; p = .01$ ). En revanche, cette différence t0-t1 est non significative pour les groupe C (pour le groupe C VH :  $M_{t0} = 89.61; M_{t1} = 95.45; p > .10$  ; pour le groupe C V :  $M_{t0} = 82.47; M_{t1} = 94.81; p > .10$ ). A t1, il n'y avait pas de différence entre les groupes DI (DI VH et DI V ;  $p > .10$ ), ni entre les groupes C (C VH et C V ;  $p > .10$ ). De plus, les résultats montraient que les performances du groupe C étaient supérieures à celles du groupe DI après l'entraînement V ( $M_{DI} = 66.88; M_C = 94.81; p = .01$ ) alors que les performances après l'entraînement VH ne différaient pas significativement entre les deux groupes de sujets ( $M_{DI} = 83.77; M_C = 95.45; p > .10$ ). En d'autres termes, alors qu'il y avait une différence significative entre les groupes à t0, cet écart disparaît à t1 après



l'entraînement VH et non après l'entraînement V, la progression semble donc plus importante après l'entraînement VH qu'après l'entraînement V. Alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre les groupes C VH et C V, ni à t0 ni à t1.

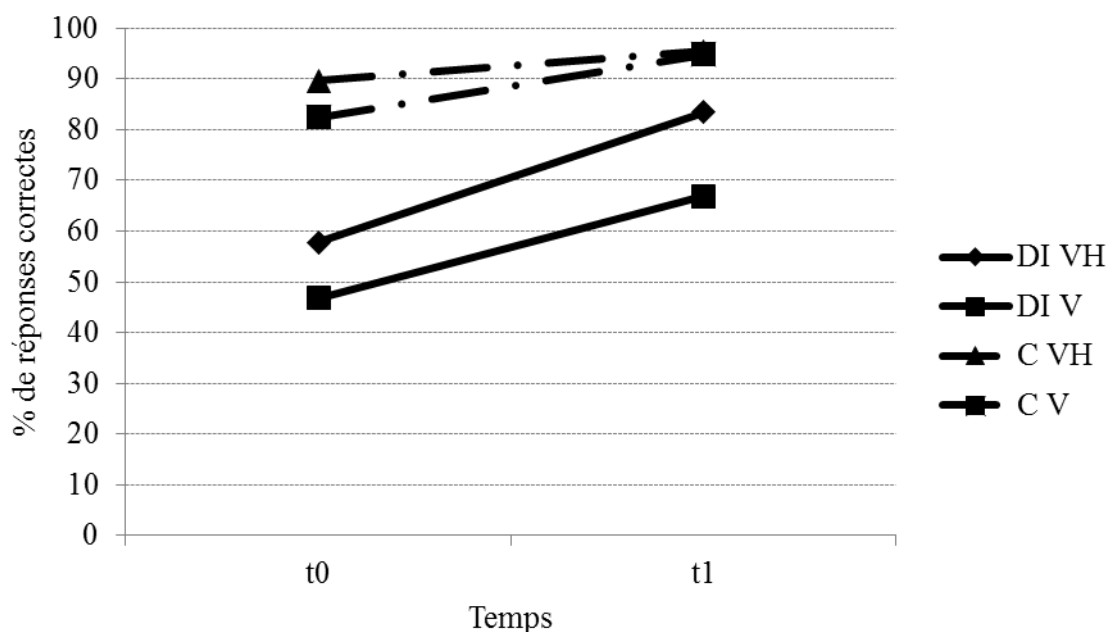


Figure 10. Evolution du pourcentage de réponses correctes à l'épreuve d'écriture de pseudo-mots au cours du temps (à t0 et à t1) en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).

A t2, à la tâche d'écriture de mot, l'analyse de variance GLM a montré (figure 11), un effet principal de groupe,  $F(3,40) = 32.33$ ,  $p = .01$ . Les comparaisons a posteriori n'ont indiqué aucune différence significative entre les entraînements (VH vs V), quel que soit le groupe (pour les sujets DI :  $M_{VH} = 16.03$  ;  $M_V = 18.49$  ;  $p > .10$  ; pour les sujets C :  $M_{VH} = 49.99$  ;  $M_V = 43.66$  ;  $p > .10$ ). En revanche, les scores des groupes C sont supérieurs à ceux des DI, quel que soit l'entraînement (pour l'entraînement VH :  $M_{DI} = 16.03$  ;  $M_C = 49.99$  ;  $p = .001$  ; pour l'entraînement V :  $M_{DI} = 8.49$  ;  $M_C = 43.66$  ;  $p = .001$ ).

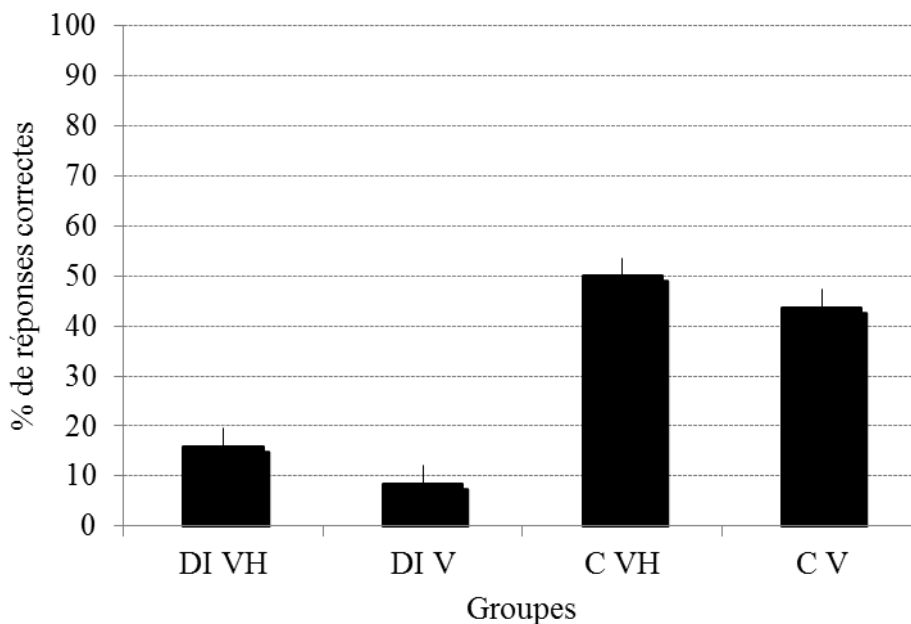


Figure 11. Pourcentage de réponses correctes à l'épreuve d'écriture de mots en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V)

## II Analyse de la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience

Pour ce deuxième axe d'analyse, l'analyse a été menée uniquement sur les sujets DI pour lesquels le QI était renseigné ( $N= 16$ ) quel que soit le type d'entraînement que ces adolescents ont suivi (VH ou V). Deux groupes qui se distinguent sur le degré de DI sont donc constitués : DI légère ( $N= 5$ ) vs DI modérée ( $N= 11$ ). L'appariement des deux groupes (DI légère vs modérée) à  $t_0$  a été vérifié, puis les évolutions des performances entre  $t_0$  et  $t_1$  ont été évaluées pour chacune des épreuves (reconnaissance des lettres, lecture et écriture de pseudo-mots (PM)). Une seconde analyse a été réalisée à  $t_2$  où les performances des deux groupes ont été comparées sur le pourcentage de RC à deux épreuves standardisées de 1/ lecture de PM, et 2/ lecture de mots réguliers et irréguliers (BALE) puis d'écriture de mots (BATELEM-R).

### 1 Appariement des groupes à $t_0$

Nous présenterons dans cette partie, les caractéristiques générales (âge moyen chronologique (AC ; en mois), âge moyen mental (AM ; en mois) et profils cognitifs (NEPSY) des deux groupes (DI légère vs DI modérée), puis leurs performances aux épreuves de reconnaissance de lettres, de lecture et d'écriture de pseudo-mots (PM) à  $t_0$ .

#### 1.1 Caractéristiques générales des groupes

Tout d'abord, un  $t$  de student sur échantillon indépendant a été conduit en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée) sur l'AC des DI. Les résultats révélèrent que l'AC des deux groupes DI (DI légère vs modérée) ne différait pas significativement,  $t(14) > -0.4$ ,  $p < .69$ , ( $M_{MODEREE} = 189.82$  ;  $M_{LEGERE} = 185.60$ ).

---

Ensuite, un test  $t$  de student sur échantillon indépendant a été effectué en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée) sur l'AM. Conformément aux résultats au test standardisé du QI, les résultats indiquaient que l'AM,  $t(14) > 3.95$ ,  $p = .001$ , des DI modérés ( $M = 176$ ) est significativement inférieur à celui des DI légers ( $M = 104$ ).

De plus, un test  $t$  de student sur échantillon indépendant a également été réalisé en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée) sur les performances aux épreuves de motricité (NEPSY) chez les adolescents DI. Les résultats indiquaient que les performances sur le nombre de RC en copie de figures,  $t(14) > 3.34$ ,  $p = .02$ , du groupe DI modérée ( $M = 6$ ) sont significativement inférieures à ceux du groupe DI légère ( $M = 11.2$ ). Toutefois, les performances ne différaient pas significativement sur le nombre d'erreurs en précision visuo-motrice (test moto),  $t(14) > -1.07$ ,  $p < .06$ , ( $M_{\text{MODEREE}} = 17.64$  ;  $M_{\text{LEGERE}} = 3$ ) et sur le temps (en secondes) en prévision visuo-motrice (test moto),  $t(14) > 0.59$ ,  $p < .56$  ( $M_{\text{MODEREE}} = 81$  ;  $M_{\text{LEGERE}} = 94.4$ ).

Pour résumer, les appariements sur l'AM, l'AC et le profil cognitif (3 subtests NEPSY) avant l'entraînement apparaissent cohérents. Néanmoins, l'appariement sur le profil cognitif (NEPSY) révélait que les performances à l'épreuve de copie de figures du groupe DI légère sont significativement supérieures au groupe DI modérée.

## 1.2 Reconnaissance de lettres

A t0, un test  $t$  de student sur échantillon indépendant a été conduit sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée). Aucun effet principal de degré de DI n'a été mis en évidence,  $t(14) > -0.59$ ,  $p < .56$  ( $M_{\text{MODEREE}} = 62.34$  ;  $M_{\text{LEGERE}} = 54.29$ ).

## 1.3 Lecture de pseudo-mots

A t0, un test  $t$  de student sur échantillon indépendant a été conduit sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée).

Aucun effet principal de degré de DI n'a été mis en évidence,  $t(14) > 0.35$ ,  $p < .73$  ( $M_{\text{MODEREE}} = 43.5$  ;  $M_{\text{LEGERE}} = 48.57$ ).

## 1.4 Ecriture de pseudo-mots

A t0, un test  $t$  de student sur échantillon indépendant a été conduit sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée).

Aucun effet principal de degré de DI n'a été mis en évidence,  $t(14) > -0.01$ ,  $p < .99$  ( $M_{\text{MODEREE}} = 55.84$  ;  $M_{\text{LEGERE}} = 55.71$ ).

Les appariements, avant l'entraînement, sont donc cohérents dans les trois épreuves expérimentales.

## 2 Evaluation de la sensibilité pour chaque épreuve

Une première analyse (General Linear Model, GLM) a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée) et du facteur intra-sujet Temps d'évaluation (t0 vs t1) pour les épreuves de reconnaissance de lettres, de lecture et d'écriture de pseudo-mots (PM).

La seconde analyse concerne uniquement les deux épreuves standardisées de 1/ lecture de PM, et 2/ lecture de mots réguliers et irréguliers puis d'écriture de mots à t2. Cette analyse  $t$  de student a été conduite sur le pourcentage de RC en fonction du facteur inter-sujet Degré de DI (légère vs modérée).

Nous avons analysé les comparaisons a posteriori afin de répondre à notre seconde hypothèse (voir Howell, 2012 pour des justifications en ce sens).

---

## 2.1 Reconnaissance de lettres

Les moyennes (et les erreurs standards) ont été présentées dans le tableau 6. L'analyse descriptive indique un bon niveau de reconnaissance de lettres dès t0 pour les deux groupes (scores compris entre 54 et 63 %). A t1, les scores sont compris entre 74 et 80%.

Tableau 6

*Pourcentages moyens de réponses correctes (et erreurs standards) dans l'épreuve de reconnaissance de lettres en fonction du Temps d'évaluation (t0 et t1) et du Degré de déficience intellectuelle (DI légère vs modérée).*

	Degré de DI	
	DI légère (N=5)	DI modérée (N=11)
Temps d'évaluation		
t0	54.29 (15.7)	62.37 (28.1)
t1	74.29 (21.2)	79.22 (24.2)

*Notes : Déficiant intellectuel (DI) avec degré de déficience légère, Déficiant intellectuel (DI) avec degré de déficience modérée.*

L'analyse GLM montrait les effets principaux suivants :

-Aucun effet principal de degré de DI,  $F(1, 14) = 0.31, p = .58$ .

-Un effet principal de temps,  $F(1, 40) = 9.21, p = .009$  : les performances s'amélioraient de façon significative entre t0 ( $M = 58.31$ ) et t1 ( $M = 76.75$ ).

L'interaction degré de DI \* temps d'évaluation apparaissait non significative,  $F(1, 14) = 0.07, p = .80$ . Conformément à ce qui a été annoncé dans la partie « appariement », les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des deux groupes à t0 ( $M_{\text{MODEREE}} = 62.34$  ;  $M_{\text{LEGERE}} = 54.29$  ;  $p > .10$ ). Entre t0 et t1, les analyses ne révélaient aucune différence significative entre les 2 groupes quel que soit le degré de la DI (pour le groupe DI légère :  $M_{t0} = 54.29$  ;  $M_{t1} =$  ;  $p > .10$  ; pour le groupe DI modérée :  $M_{t0} = 62.34$  ;  $M_{t1} = 79.22$  ;  $p > .10$ ). A t1, les différences entre les groupes DI légère vs DI modérée tendaient vers la non significativité ( $p = .09$ ) mais nous pouvons observer que les performances du groupe DI modéré étant supérieures à celles du groupe DI léger.

## 2.2 Lecture de pseudo-mots

Les moyennes (et les erreurs standards) ont été présentées dans le tableau 7. L'analyse descriptive indiquait des scores en lecture de PM compris entre 43 % et 48 % à t0. A t1, les scores se situaient entre 68 et 79%. A t2, les scores pour l'épreuve standardisée lecture de PM sont compris entre 14 et 25% et entre 17 et 28% pour l'épreuve standardisée lecture globale.

Tableau 7 :

*Pourcentages moyens de réponses correctes (et erreurs standards) dans l'épreuve de lecture de pseudo-mots en fonction du Temps d'évaluation (t0, t1 et t2) et du Degré de déficience intellectuelle (DI légère vs modérée).*

Temps d'évaluation	Degré de DI	
	DI légère (N=5)	DI modérée (N=11)
Lecture de PM		
<b>t0</b>	48.57 (24.4)	43.51 (28)
<b>t1</b>	78.58 (30.3)	68.19 (34.8)
<b>t2</b>		
Lecture de PM (BALE)	25 (23.45)	14.55 (15.40)
Lecture (score global ; 27.67 (22.99) BALE)		17.88 (19.25)

Notes : Déficiant intellectuel (DI) avec degré de déficience légère, Déficiant intellectuel (DI) avec degré de déficience modérée

La première analyse GLM montrait les effets principaux suivants :

- Aucun effet principal du degré de DI,  $F(1, 14) = 0.24$ ,  $p = .63$ .
- Un effet principal de temps,  $F(1, 40) = 41.76$ ,  $p = .001$ , les performances s'amélioraient significativement entre t0 ( $M = 46.04$ ) et t1 ( $M = 73.38$ ).

L'interaction degré de DI \* temps d'évaluation apparaissait non significative,  $F(1, 14) = 0.40$ ,  $p = .54$ , (Figure 12). Conformément à ce qui a été annoncé dans la partie « appariement », les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des deux groupes à t0 ( $M_{MODEREE} = 43.5$  ;  $M_{LEGERE} = 48.57$  ;  $p > .10$ ). Entre t0 et t1, la progression des deux groupes étaient significatives, quel que soit le degré de DI (pour le groupe DI légère :  $M_{t0} = 48.57$  ;  $M_{t1} = 78.57$  ;  $p = .004$  ; pour le groupe DI modérée :  $M_{t0} = 43.51$  ;  $M_{t1} = 68.18$  ;  $p = .001$ ). A t1, les performances obtenues entre les groupes DI légère vs DI modérée ne différaient pas significativement ( $p > .10$ ).

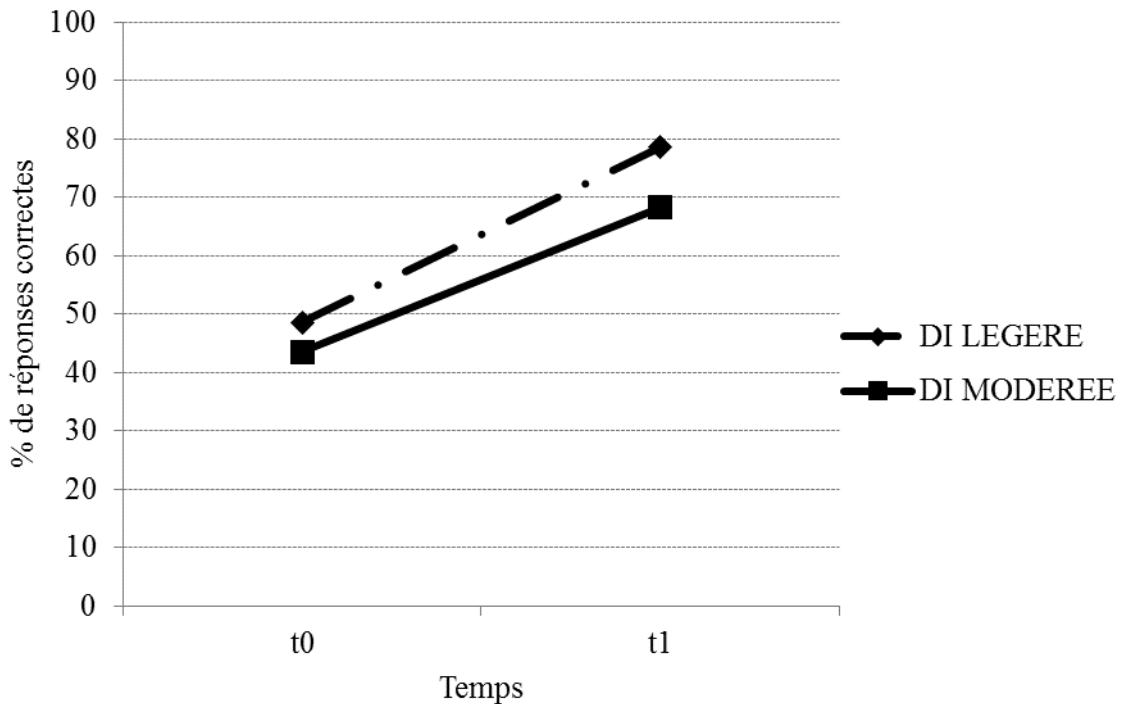


Figure 12. Evolution du pourcentage de réponses correctes en lecture de pseudo-mots au cours du Temps (à t0 et à t1) en fonction du Degré de déficience intellectuelle (DI légère vs modérée).

La seconde analyse *t* de student sur échantillon indépendant au test standardisé en lecture de PM à t2 n'indiquait aucun effet principal de degré de DI,  $t(14) > 1.07$ ,  $p < .30$ . Les performances ne différaient pas entre les deux groupes ( $M_{MODEREE} = 14.54$  ;  $M_{LEGERE} = 25$ ).

Ensuite, le test *t* de student sur échantillon indépendant au test standardisé en lecture globale de mots (réguliers, irréguliers et de PM) à t2 n'a révélait aucun effet principal de degré de DI,  $t(14) > 0.89$ ,  $p < .39$ . Les performances ne différaient pas entre les deux groupes ( $M_{MODEREE} = 17.88$  ;  $M_{LEGERE} = 27.66$ ).

### 2.3 Ecriture de pseudo-mots

Les moyennes (et les erreurs standards) ont été présentées dans le tableau 8. L'analyse descriptive indiquait des scores en écriture de PM compris entre 55 % et 56 % à t0. Les scores à t1 étaient compris entre 70% et 79%. A t2, les scores pour l'épreuve standardisée écriture de mots sont compris entre 9 et 17%.

Tableau 8.

*Pourcentages moyens de réponses correctes (et erreurs standards) dans l'épreuve d'écriture de pseudo-mots en fonction du Temps d'évaluation (t0, t1 et t2) et du Degré de déficience intellectuelle (DI légère vs modérée).*

	Degré de DI	
	DI légère (N=5)	DI modérée (N=11)
Temps d'évaluation		
Écriture de PM		
<b>t0</b>	55.71 (15.5)	55.85 (25.3)
<b>t1</b>	70 (22.2)	78.57 (26)
<b>t2</b>		
Écriture de mots (BATELEM-R)	16.64 (12.85)	9.89 (9.50)

*Notes : Déficient intellectuel (DI) avec degré de déficience légère, Déficient intellectuel (DI) avec degré de déficience modérée*

La première analyse GLM montrait les effets principaux suivants :

- Aucun effet principal de degré de DI,  $F(1, 14) = 0.16$ ,  $p = .70$ .

- Un effet principal de temps  $F(1, 14) = 7.61$ ,  $p = .02$  : les performances s'amélioraient significativement entre t0 ( $M = 55.77$ ) et t1 ( $M = 74.29$ ).

L'interaction degré de DI \* temps d'évaluation apparaissait non significative,  $F(1, 14) = .40$ ,  $p = .54$ . Conformément à ce qui a été annoncé dans la partie « appariement », les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des deux groupes à t0 ( $M_{MODEREE} = 55.84$  ;  $M_{LEGERE} = 55.71$  ;  $p > .10$ ). Entre t0 et t1, les analyses révélèrent une progression significative pour le groupe DI modérée ( $M_{t0} = 55.84$  ;  $M_{t1} = 78.57$  ;  $p = .04$ ) mais non significative pour le groupe DI légère ( $M_{t0} = 55.71$  ;  $M_{t1} = 70.00$  ;  $p > .10$ ). À t1, les analyses n'indiquaient pas de différence significative sur les performances des deux groupes de niveaux de déficience ( $M_{LEGERE} = 70.00$  ;  $M_{MODEREE} = 78.57$  ;  $p > .10$ ).

La seconde analyse *t* de student sur échantillon indépendant au test standardisé écriture de mots n'indiquait aucun effet principal de degré de DI,  $t(14) > 1.17$ ,  $p < .26$  ( $M_{MODEREE} = 9.89$  ;  $M_{LEGERE} = 16.64$ ).

Les résultats de la première l'analyse ont montré que les performances après l'entraînement VH étaient supérieures en reconnaissance de lettres et en lecture de PM, comparées à l'entraînement V. De plus, l'entraînement VH a permis aux sujets DI de rattraper leur retard en lecture et en écriture de PM par rapport au groupe contrôle. De même, à t2, les résultats n'ont montré aucune différence entre les deux entraînements.

La seconde analyse a montré que les deux groupes avaient progressé en lecture de PM après les deux entraînements et qu'il n'y avait pas de différence de sensibilité en fonction du degré de la DI. En revanche, il n'y a pas eu d'effet des entraînements en reconnaissance de lettres alors que les DI modérée ont bénéficié davantage des entraînements que les DI légère en écriture de PM. À t2, il n'y a pas de différence d'effet des entraînements, quel que soit le degré de la DI.

---

# Chapitre V

## DISCUSSION DES RESULTATS



---

L'objectif principal de notre mémoire était d'évaluer les effets d'un entraînement phonologique et multisensoriel à la connaissance des lettres sur les capacités d'identification de mots écrits (IME) et de production écrite chez les adolescents déficients intellectuels (DI). Cet effet est testé indépendamment du degré de DI (légère vs modérée). Plus précisément, nous avons comparé l'effet de deux entraînements, qui diffèrent sur l'exploration de la forme de la lettre (visuo-haptique (VH) vs visuel (V)), sur les rythmes d'acquisitions auprès d'un groupe d'adolescents DI, comparé à un groupe contrôle C (i.e., enfants tout-venant scolarisés en CP appariés en âge mental). L'évolution des performances (en pourcentage de réponses correctes (RC)) a été étudié sur chaque épreuve expérimentale (reconnaissance de lettres, lecture de pseudo-mots (PM) et écriture de PM) entre t0 et t1. De plus, les performances (en pourcentage de RC) ont été comparées dans chaque épreuve standardisée à t2 (épreuve de lecture de mots de la BALE (Batterie Analytique du Langage Écrit (Groupe Cogni-Sciences & CNRS de Grenoble 2010), de l'épreuve d'évaluation orthographique de la BATELEM-R (Savigny, 2001)). Par conséquent, notre première hypothèse supposait une progression plus importante suite à l'entraînement VH comparé à l'entraînement V, quel que soit le groupe (DI ou C). A t1, les performances devaient donc être supérieures pour les groupes ayant suivi l'entraînement VH comparés à ceux qui ont suivi l'entraînement V (qu'ils soient DI ou C) (Hop1). A t2, le même profil de performances qu'à t1 était attendu aux épreuves standardisées (Hop2).

Le second objectif était d'étudier la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience (légère vs modérée) et indépendamment du type d'entraînement suivi (VH vs V) sur les rythmes d'acquisition. En seconde hypothèse, une progression entre t0 et t1 était donc attendue pour tous les sujets DI mais celle-ci ne devait pas différer significativement en fonction du degré de DI. A t1, les scores aux épreuves expérimentales ne différaient pas en fonction du degré de DI (Hop 3). A t2, le même profil de performances qu'à t1 est attendu aux épreuves standardisées (Hop4).

Dans une première partie, nous discuterons des effets des entraînements, puis dans une seconde partie nous analyserons la sensibilité à l'entraînement selon le degré de la DI.

## **I Effet des entraînements**

### **1 Reconnaissance de lettres**

Dans l'épreuve de reconnaissance de lettres, à t0 il n'y'avait aucune différence de performances entre les quatre groupes. Entre t0 et t1 les résultats indiquent que les groupes (DI et C) améliorent leurs connaissances des lettres avec l'entraînement VH alors que ce n'est pas le cas avec après l'entraînement V. En revanche, la différence à t1 entre les deux groupes n'apparaît pas significative avec l'entraînement VH. Ainsi, notre hypothèse est partiellement validée (Hop 1). L'entraînement VH s'avère donc efficace pour améliorer la reconnaissance visuelle de lettre chez les adolescents DI (i.e., association forme-nom de la lettre. Ces résultats rejoignent ceux de Bara et al., (2007) chez des enfants à risque de difficultés en lecture, qui montraient que les performances étaient meilleures en reconnaissance de lettres après un entraînement phonologique et visuo-haptique à la connaissance des lettres, contrairement aux études de Gentaz et al., (2003), où les enfants tout-venant avaient un niveau de reconnaissance de lettres assez important. Ces données décrivent l'importance de l'ajout d'une exploration motrice lors de l'apprentissage des lettres et sont confirmées par l'étude de Longcamp et al., (2008) qui met en évidence une activation des aires prémotrices lors d'une tâche de reconnaissance visuelle après un entraînement visuo-moteur (i.e., écriture manuscrite).

---

Une explication possible de l'absence de différence significative à t1 entre les deux groupes (DI vs C) est que les scores des groupes à t0 sont déjà élevés (à partir de 60 % de RC), laissant donc peu de marge de progression, pour faire apparaître une différence significative entre les deux groupes. Un effet différencié entre VH et V peut éventuellement être mis en évidence lorsqu'une marge de progression est possible, ce qui est potentiellement le cas avec les enfants à risque (Bara et al., 2007) mais pas avec les enfants tout-venant (Gentaz et al., 2003).

## 2 Lecture de pseudo-mots

Dans l'épreuve de lecture de PM, à t0 les performances des sujets C sont significativement supérieures à celles des sujets DI quel que soit l'entraînement (VH et V). Pourtant les groupes étaient appariés sur l'âge mental et les performances en reconnaissance de lettres. Cette différence de performance plaide en faveur de la théorie différentielle, qui prétend que les DI auraient un développement atypique, c'est à dire différent de la norme. Celle-ci s'oppose à la théorie développementale qui postule que les sujets DI suivent les mêmes étapes de développement que les enfants tout-venant mais de façon retardées (Zigler, 1969, cité par Inoescu, & Blanchet, 2009). Entre t0 et t1, les sujets DI progressent grâce aux deux entraînements, alors que, pour le groupe C, seul l'entraînement V entraîne une progression. En conséquence, à t1 les performances des sujets DI VH sont supérieures à celles des DI V. De plus, les performances du groupe C sont supérieures à celles du groupe DI, comme à t0, après l'entraînement V alors qu'il n'y a plus de différence entre les groupes DI et C après l'entraînement VH.

Notre hypothèse est donc partiellement validée (Hop 1). La progression est plus importante après l'entraînement VH, ce qui a permis aux sujets DI de rattraper leur retard comparé au groupe C. Concernant l'entraînement VH, nos résultats, corroborent ceux de Gentaz et al., (2003), Bara et al., (2004), Bara et al., (2007) qui montraient que les performances d'enfants tout-venant de 5 ans étaient meilleures en lecture de PM après un entraînement phonologique et visuo-haptique à la connaissance des lettres. L'ajout d'une exploration haptique semble favoriser la maîtrise du principe alphabétique auprès des jeunes enfants, tout-venant ou à risque de difficultés, et des personnes porteuses de DI. L'importance de la motricité pour reconnaître les mots est aussi démontrée chez des patients alexiques (Seki et al., 1995) qui ont amélioré leur précision en lecture de mots simples après une rééducation kinesthésique. De plus, une étude en IRMf (Bartolomeo et al., 2002) a montré auprès de sujets alexiques qu'ils amélioraient leurs performances en reconnaissance de lettres lorsqu'ils traçaient la lettre avec le bout des doigts, alors qu'ils ne parvenaient pas à évoquer mentalement la lettre. Cette étude a montré l'existence de deux codages permettant d'accéder à la connaissance de la forme visuelle des mots : un codage visuel et un codage moteur qui permet la reconnaissance même si le codage visuel est lésé. Dans le même sens, l'étude en IRMf (Longcamp et al., 2008) a montré une activation des aires prémotrices lors d'une tâche de reconnaissance visuelle (de lettres). Ces résultats sont donc cohérents avec l'épreuve de reconnaissance de lettres, bien que la taille de l'unité traitée soit plus importante (mot).

Concernant l'entraînement V, les résultats montrent également une amélioration pour les groupes DI et C. Ces résultats confirment ceux de Goetz et al., (2007) qui montraient que les performances en reconnaissance de mots de sujets porteurs de T21 s'amélioraient après un entraînement phonémique et grapho-phonologique. Par ailleurs, l'absence de progression du groupe C VH peut s'expliquer par des scores déjà très élevés à t0 (80% de RC environ) laissant peu de marge de progression, alors que les autres groupes ont des scores plus faibles (entre 35% et 67% de RC).

L'effet amplifié de l'exploration haptique s'explique car cette perception favorise l'intégration et leur synthèse, pour aboutir à une représentation unifiée de l'objet (Gentaz,

---

2009). De plus, la perception haptique possède des caractéristiques identiques à la fois avec le traitement visuel (analyse globale) et auditif (analyse séquentielle), mais elle est plus active et plus intentionnelle, et jouerait le rôle de « bond effect » entre les représentations auditives et visuelles (Fredembach et al., 2009). De plus, comme l'a montré l'étude de Wijntjes, Volvic, Pont, Koenderink, et Kappers (2009), l'haptique a une influence sur la perception visuelle de la forme 3D. Effectivement, en utilisant seulement la vue, des sujets ont fait de nombreuses erreurs de description globale d'un sphéroïde. Dans une deuxième session, l'entrée visuelle était identique, mais les sujets pouvaient toucher le sphéroïde sans voir leur main. Les résultats étaient différents par rapport à la première session et montraient une perception globale beaucoup plus proche de la vérité. L'haptique a donc permis de lever l'ambiguïté et de réinterpréter l'entrée visuelle. De plus, pour expliquer les différences d'effets des entraînements entre les groupes C et DI (entraînement VH et V efficaces pour les DI et entraînement V efficace pour le groupe C seulement), on peut se référer au développement sensoriel expliqué par Gentaz, 2009. En effet, l'âge chronologique de notre groupe contrôle est de 6 ans alors qu'à cette épreuve le niveau de développement des sujets DI serait supposé antérieur à 6 ans. Or, à partir de 6 ans, le traitement visuel est prioritaire sur l'haptique, alors que c'est l'inverse avant 6 ans.

A t2, le profil à l'épreuve de lecture de PM uniquement et à l'épreuve globale de lecture (mots réguliers, irréguliers et PM), est similaire. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les entraînements (VH vs V). En revanche le groupe C (C VH et C V) a des performances significativement supérieures à celles des groupes DI (DI VH et DI V). L'hypothèse n'est donc pas validée (Hop 2). En outre, les sujets du groupe C ont des performances supérieures à celles des DI à t2, ces résultats suggèrent que les DI auraient des trajectoires développementales distinctes des enfants tout-venants, où les rythmes d'acquisition seraient différents, comme le défend la théorie différentielle (Carlier, & Ayoun, 2007).

De plus, bien qu'analyser les performances à t2 au regard des performances à t1, soit arbitraire, nous comparerons les performances entre t1 et t2 de manière à se faire une idée de l'évolution développementale de cette habileté et tester les compétences de transfert. Le profil de résultats est différent par rapport à t1 puisque les performances du groupe C sont supérieures à celles du groupe DI après l'entraînement V alors qu'il n'y pas de différence entre les groupes (DI et C) après l'entraînement VH. Cette différence de profil peut s'expliquer par deux raisons : d'une part que ce soit pour l'épreuve de lecture de PM uniquement, ou pour l'épreuve de lecture globale, il ne s'agit pas des mêmes items puisque notre entraînement (VH ou V) cible uniquement l'apprentissage des CGP alors que ce n'est pas le cas dans l'épreuve standardisée. Ainsi, l'effet spécifique de notre entraînement pourrait être « masqué ». D'autre part, les sujets DI pourraient avoir des difficultés de transfert et de généralisation de connaissances (Lussier & Flessas, 2009). Effectivement, au vu des résultats, les sujets DI ont été capables d'intégrer ce qu'ils ont appris et de l'activer sur la tâche évaluant une compétence cible entraînée au travers d'un matériel précis (épreuves expérimentales). Ils présentent donc des capacités de transfert préservées lorsque le contexte d'activation est identique à celui de l'apprentissage mais ont des difficultés pour généraliser ses acquis à des tâches nouvelles (épreuves standardisées). La personne DI ayant des difficultés attentionnelles et mnésiques, a des capacités limitées pour utiliser dans des contextes différents ce qu'elle maîtrise par ailleurs dans un contexte donné, limitant donc ses apprentissages (Lussier, & Flessas, 2009). De plus, il est aussi possible que les DI aient aussi des difficultés plus globales à intégrer des connaissances. Cependant, ceci reste une supposition étant donné que nos résultats montrent que les sujets DI sont parvenus à assimiler des connaissances à t1 en progressant en lecture de PM.

---

### 3 Ecriture de pseudo-mots

Dans l'épreuve d'écriture de PM, à t0 les performances des sujets C sont significativement supérieures à celles des sujets DI, quel que soit l'entraînement (VH vs V). Entre t0 et t1, seules les performances du groupe DI progressent significativement grâce aux deux entraînements. A t1, les performances du groupe C sont supérieures à celles du groupe DI comme à t0, après l'entraînement V alors qu'il n'y a plus de différence entre les groupes DI et C après l'entraînement VH. Notre hypothèse est donc partiellement validée (Hop 1). Comme pour la lecture de PM, la progression est plus importante après l'entraînement VH, ce qui a permis aux sujets DI de compenser leur retard, comparée au groupe C. Les résultats confirment ceux des études de Labat et al., (2011), Labat et al., (2014) qui montraient que les performances d'enfants de 5 ans en difficultés de lecture étaient meilleures en écriture de PM et ceux de Labat et al., (2015) en épellation écrite après ce type d'entraînement multisensoriel. L'ajout d'une exploration haptique semble donc favoriser la maîtrise du principe alphabétique. En revanche, l'absence de progression des groupes C entre t0 et t1 peut s'expliquer par des scores déjà élevés à t0 (plus de 80% de RC) laissant peu de marge de progression. Ces données peuvent être expliquées par le développement sensoriel décrit par Gentaz (2009), où le traitement visuel deviendrait prioritaire à l'haptique à partir de 6 ans, ceci correspondant aux âges des enfants des groupes C.

A t2, les résultats à l'épreuve d'écriture de mots (BATELEM-R) montrent le même profil qu'à l'épreuve standardisée de lecture : il n'y a pas de différence significative entre les entraînements (VH vs V) pour les deux groupes et le groupe C a des performances significativement supérieures à celles des groupes DI pour chaque entraînement. L'hypothèse n'est donc pas validée (Hop 2). Ainsi, comme pour les épreuves de lecture à t2, le profil de résultats en écriture de mots à t2 diffère de t1. Les DI auraient donc des trajectoires développementales distinctes des enfants tout-venants, où les rythmes et les étapes d'acquisition du principe alphabétique pourraient être différents (pour des idées similaires, voir la théorie différentielle) (Carlier, & Ayoun, 2007). Les explications des résultats avec t1, sont similaires à ceux de l'épreuve de lecture à t2. Les différences de profil peuvent être dues d'une part, aux items différents entre l'épreuve de t1 et l'épreuve à t2, et d'autre part, dues aux difficultés de généralisation des connaissances des sujets DI.

Pour résumer, les trajectoires d'acquisition nous indiquent que l'exploration haptique favorise l'intégration et l'activation des connaissances alphabétiques chez différents types de profils : enfants tout-venant (Gentaz et al., 2003 ; Bara et al., 2004, Bara & Gentaz., 2011 ; Labat et al., 2015), en difficultés (Labat et al., 2011 ; Labat et al., 2014 ; Labat et al., 2015), mais aussi porteurs de DI (Labat et al., 2013). Ainsi, le « bond-effect » décrit par Fredembach et al., (2009), facilitant la connexion entre les représentations phonologiques et visuelles serait également efficace chez des sujets porteurs de DI. De plus, nos résultats rejoignent ceux des protocoles quasi-expérimentaux de Hulme et Bradley (1984), dont l'approche était multisensorielle chez des sujets retardés. L'efficacité de l'exploration motrice a également été mise en évidence par des études en neuropsychologie (Seki, et al., 1995) et en imagerie cérébrale (Bartolomeo et al., 2002). Ces données ont montré l'impact d'une rééducation tactilo-kinesthésique chez des sujets alexiques sur la reconnaissance visuelle des lettres. En effet, des patients qui ne reconnaissaient plus les lettres visuellement ont amélioré la précision et la vitesse de la reconnaissance (i.e., sans que le geste moteur soit produit) suite à cette rééducation. Ainsi, l'exploration motrice, en modifiant les substrats neuronaux (plasticité cérébrale), améliore l'intégration des propriétés des lettres (Longcamp et al., 2008).

---

De plus, l'exploration haptique serait une voie efficace d'apprentissage et adaptée aux difficultés notamment motrices des sujets DI. En effet, elle leur permet de compenser leur retard en lecture et en production écrite, puisque la différence significative à t0 entre les groupes DI et C n'apparaît plus après l'entraînement VH (ce qui n'est pas le cas pour l'entraînement V). De plus, certaines personnes DI présentant des difficultés motrices (Di Blasi et al., 2007 ; Wuang, Wuang, Huang, & Su, 2008) nous avons choisi de proposer l'entraînement VH sur des lettres en creux car nous supposons qu'une procédure exploratoire de suivi de contour qui facilite le geste avec « rail » au creux de la lettre serait plus sécurisant par rapport aux lettres en relief.

Nos résultats plaident donc en faveur d'une relation de cause à effet entre les compétences prédictives et l'IME et la production écrite, et rejoignent le point de vue de nombreux travaux (voir Puolakanaho et al., 2007 pour une méta-analyse). En effet, les prédicteurs explicatifs de la réussite ou des difficultés en IME chez les DI sont la connaissance des lettres, les habiletés phonologiques et la mémoire de travail phonologique (Conners 2003). Plusieurs études (Conners, 2003 ; Conners et al., 2006, Chanell, Loveall & Conners.,2013) ont démontré d'une part, que les DI avaient des difficultés de décodage phonologique, d'où l'importance de travailler ce mécanisme, et d'autre part, qu'un entraînement phonologique leur était bénéfique. Ainsi, notre recherche a décrit l'effet positif d'un entraînement phonologique et visuo-haptique à la connaissance des lettres sur les performances en lecture et production écrite de PM.

En outre, d'un point de vue développemental (Perry et al., 2010), la voie non lexicale contribue au développement de la voie lexicale grâce au mécanisme d'auto-apprentissage. Ce mécanisme d'auto-apprentissage serait fonctionnel dès 8 ans chez les enfants tout-venant (Cunningham, Perry, Stanovich, & Share, 2002), les faibles lecteurs (dyslexiques ou non ; Share, & Shalev, 2004) et les personnes porteuses de DI (Channell, Loveall, & Conners, 2013). De plus, Ratz et Lenhard (2013) ont décrit que sur 1929 élèves DI 31,9 % avaient acquis le stade alphabétique (stade correspondant à nos compétences testées en lecture de PM). Au vu des profils de résultats différents entre t1 et t2, nous pouvons nous demander, si ces performances sont dues à un déficit de généralisation des connaissances (Lussier, & Flessas, 2009), caractéristique observée des sujets porteurs de DI, ou à un développement atypique (Carlier, & Ayoun, 2007).

Après avoir discuté les résultats du premier axe de notre recherche concernant les effets des entraînements, nous allons discuter les résultats de notre deuxième axe sur la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience.

## **II Sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience**

### **1 Reconnaissance des lettres**

Dans l'épreuve de reconnaissance de lettres, les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des deux groupes à t0. Entre t0 et t1 les performances ne diffèrent pas significativement pour les deux groupes (DI légère vs modérée). A t1, il n'y a pas de différence de performances quel que soit le degré de la DI. L'hypothèse n'est donc pas validée (Hop 3). Il n'y a donc pas d'effet différencié de l'entraînement si l'on distingue DI légère et modérée. Cependant, l'entraînement phonologique et à la connaissance des lettres (qu'il soit VH ou V) favorise la reconnaissance des lettres entre t0 et t1, conformément à l'effet identifié dans la partie précédente. Comme pour les premières analyses, l'absence de progression différenciée des groupes DI modéré et DI légère peut s'expliquer par le fait que les sujets ont des performances relativement importantes à t0, avec au moins 60% de RC, laissant peu de marge de progression.

---

## 2 Lecture de pseudo-mots

Dans l'épreuve de lecture de PM, les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des deux groupes à t0. Entre t0 et t1, les performances progressent significativement pour les deux groupes. A t1, il n'y a pas de différence de performances, quel que soit le degré de la DI. L'hypothèse est donc validée (Hop 3). A t2, que ce soit pour l'épreuve de lecture de PM ou l'épreuve de lecture globale de mots (réguliers et irréguliers et de PM) il n'y a pas de différence significative quel que soit le degré de DI. L'hypothèse est donc également validée (Hop 4). Les résultats dans la première partie en lecture de PM à t1 ont montré que les scores des DI VH étaient supérieurs aux scores des DI V. Dans la deuxième partie, il n'y a pas de différence entre les DI légères et les DI modérées, on peut donc dire que les effets de l'entraînement ne diffèrent pas, quel que soit le degré de la DI. A t2, le profil de résultats est le même qu'à t1. Ainsi, les connaissances intégrées à t1 sont activées à t2 de la même façon, quel que soit le degré de DI.

## 3 Ecriture de pseudo-mots

Dans l'épreuve d'écriture de PM, les analyses n'ont montré aucune différence significative entre les performances des deux groupes à t0. Entre t0 et t1, les performances du groupe DI modérée progressent significativement, mais pas celles du groupe DI légère. Cependant, les entraînements (qu'ils soient VH ou V) favorisent l'écriture de PM, comme on peut la voir dans la première partie où il y avait un effet de temps. A t1, il n'y a pas de différence significative quel que soit le degré de la DI. L'hypothèse est partiellement validée (Hop 3). Effectivement, nous nous attendions à ce qu'il n'y ait pas de différence de sensibilité en fonction du degré de la DI comme dans les épreuves de reconnaissance de lettres et de lecture de PM. Toutefois, le groupe DI modéré a bénéficié de l'entraînement alors que ce n'est pas le cas pour le groupe DI léger. Ces résultats peuvent être dus aux difficultés motrices présentées par les DI. En effet, les résultats à l'appariement à la tâche motrice « copie de figures » avaient révélé que les performances des DI modérés étaient plus faibles que celle des DI légers.

A t2, en écriture de mots (BATELEM-R), il n'y a pas de différence significative quel que soit le degré de DI. L'hypothèse est donc validée (Hop 4). A t2, le profil de résultats est le même qu'à t1. Ainsi, les connaissances intégrées à t1 sont activées à t2 de la même façon quel que soit le degré de DI.

On peut donc conclure qu'à l'épreuve de lecture de PM, les sujets DI progressent tous quel que soit le degré de DI (légère vs modérée). Ces résultats appuient ceux de l'étude de Vinter et Detable (2003). En effet, les chercheurs ont montré que les performances d'enfants et adolescents DI légers et modérés (cinquante-deux sujets) à un apprentissage implicite moteur étaient similaires quel que soit le degré de DI et l'étiologie de celle-ci. L'effet était observé sur la modification d'un comportement graphique structuré. Un apprentissage implicite consiste à un apprentissage non intentionnel et donc non conscient du sujet. En 2004, Detable et Vinter confirmaient ces données et ajoutaient que les performances des sujets DI étaient aussi stables dans un temps différé (1 heure après), quel que soit le degré de DI et l'étiologie. Ces données mettent en évidence l'efficacité de l'intégration de connaissances puis l'activation de ces dernières dans un même contexte chez des sujets DI. Ainsi, comme le confirment nos résultats, même si notre recherche diffère de celles de Vinter et Detable (2003) puisque notre recherche concerne un enseignement explicite, il n'y a pas d'effet de la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de DI.

---

### III Limites et perspectives

Néanmoins, notre recherche comporte certaines limites : population, matériel, procédure, statistique.

Concernant l'appariement de nos groupes à t0 en lecture et en écriture de PM, selon la théorie développementale, les sujets DI devraient présenter des performances qui ne diffèrent pas des sujets C car ils sont bien appariés sur l'AM et en reconnaissance de lettres. Cependant, les performances supérieures des sujets C par rapport au sujet DI à ces deux épreuves peuvent être marqueur d'un développement atypique (Carlier, & Ayoun, 2007), au regard de la théorie différentielle. Ce développement atypique pourrait expliquer les différences de performances non attendues à t0 en lecture et en écriture de PM, et nous imposait ce profil développemental. Nos hypothèses opérationnelles restaient donc purement théoriques étant donné qu'elles se construisaient, comme dans nombreuses études, sur des données théoriques. Malgré ce profil non attendu, nos résultats valident notre hypothèse générale selon laquelle l'ajout d'une exploration haptique des lettres à une exploration audio-visuelle améliorerait les performances en IME et en production orthographique chez des sujets porteurs de DI. Se pose donc la question des choix méthodologiques pour la pathologie (dont la DI). Ainsi, il apparaît nécessaire de mieux déterminer les points de références les plus pertinents sur lesquels se baser pour élaborer le protocole expérimental. Une des solutions serait d'apparier les sujets pathologiques à plusieurs groupes contrôles, correspondant au moins à chaque théorie. Une étude ultérieure pourrait intégrer un groupe contrôle apparié en âge chronologique.

En outre, une autre limite de notre recherche concerne les conditions de scolarisation. En effet, le groupe C a bénéficié d'une scolarité classique contrairement aux sujets DI qui, scolarisés en IME, ont des heures scolaires nettement inférieures. Cependant, il s'agit de critères d'appariements méthodologiques classiques dans ce genre de recherche avec ce type de population. Cela limite effectivement l'interprétation de la comparaison entre les groupes DI VH et C VH et entre les groupes DI V et C V, mais cela ne remet pas en question la comparaison entre les deux groupes DI et les deux types d'entraînements.

Concernant le second axe évaluant la sensibilité à l'entraînement, il y a plus de DI modérée ( $N= 11$ ) que de DI légère ( $N= 5$ ), la cohorte n'est donc malheureusement pas équivalente en nombre, la comparaison n'est donc pas vraiment représentative. Afin de préciser les résultats, il serait donc intéressant d'homogénéiser les groupes. De plus, il aurait été pertinent de faire une analyse de la sensibilité à l'entraînement en fonction des étiologies des déficiences. Cependant, cela n'a pas été possible dans notre étude car certaines structures ne nous ont pas fourni ces informations concernant certains sujets DI.

De plus, en ce qui concerne notre matériel utilisé pour l'entraînement VH, les lettres creusées en mousse nécessitent une exploration de « suivi de contours ». Or, l'étude de Bara et al., (2010), montre que l'exploration de lettres en relief, mobilise une procédure exploratoire supplémentaire « d'enveloppement », qui favoriserait plus un traitement global et l'élaboration de la représentation des lettres chez des enfants pré-lecteurs. L'utilisation des lettres en relief pourrait optimiser les effets de notre entraînement. Néanmoins, nous pouvons nous demander si l'apport obtenu grâce à ce matériel peut être transposable chez les sujets DI, notamment à cause de certaines difficultés motrices des sujets DI (Di Blasi et al., 2007 ; Wuang, Wuang, Huang, & Su, 2008). Mais il serait intéressant d'intégrer dans des travaux à venir ce type de matériel afin de les tester chez des sujets DI.

Par ailleurs, nous pouvons également mentionner une limite concernant le matériel de l'entraînement V. Effectivement, les indications d'exploration étaient présentes, grâce aux consignes orales mais pas tout à fait identiques entre l'entraînement VH et V. Pour l'entraînement VH, les indications d'exploration consistaient en un point bleu pour le

---

départ, des flèches d'indication et un point rouge pour l'arrivée et l'expérimentateur guidait l'index du sujet avant qu'il explore seul la lettre. Pour l'entraînement V, l'expérimentateur montrait avec son index le sens de traçage de la lettre en demandant au sujet de suivre avec ses yeux mais il n'y avait pas d'indication d'exploration inscrite sur la lettre. L'étude de Labat et al., (2011) a montré l'importance des consignes d'exploration en confrontant un entraînement VH séquentiel aux explorations libre à un entraînement VH séquentiel aux explorations orientées. Les résultats ont montré que les performances étaient meilleures après l'entraînement VH seq orienté. De plus, afin de s'assurer que les sujets suivaient bien les indications d'exploration avec les yeux, le protocole indiquait d'être attentives aux mouvements des yeux des sujets. Pour le groupe C, comme les entraînements étaient collectifs, l'exploration individuelle se faisait chacun son tour.

En outre, il aurait été intéressant de faire des analyses de régression supplémentaires afin de pouvoir expliquer les profils de performances des DI et des C à t1 et à t2 pour chaque épreuve (indépendamment du type d'entraînement (VH vs V). En effet, les analyses actuelles ne nous permettent pas d'analyser le poids des prédicteurs pour chaque compétence testée à t1 et t2.

Enfin, l'interface d'un apprentissage implicite pourrait être une voie plus efficace que l'apprentissage explicite, comme l'ont montré les données de Vinter & Detable (2003 ; 2004). D'autant que la mémoire implicite serait préservée chez les DI alors que la mémoire explicite serait déficitaire (Vicari, Belluci, & Carlesino, 2000). Ainsi, bien qu'il ne s'agisse pas du même type de matériel que l'étude citée, il serait intéressant de tester l'apprentissage des CGP dans un apprentissage implicite.



---

## CONCLUSION

---

En conclusion, pour apprendre à lire et à écrire l'enfant doit acquérir le principe alphabétique. Il existe des prédicteurs explicatifs de la réussite ou de difficultés en identification de mots écrits (IME) : pour les tout-venant, il s'agit de la connaissance des lettres et des habiletés phonologiques ; pour les personnes porteur de déficience intellectuelle (DI) il s'agit des deux prédicteurs communs aux tout-venant : les habiletés phonologiques et la connaissance des lettres mais également la mémoire de travail phonologique. Différentes études ont montré que l'entraînement phonologique et à la connaissance des lettres améliorerait les performances en IME chez les enfants tout-venant, les enfants en difficulté et les dyslexiques.

. Cependant, les difficultés en IME persistant, l'ajout de la modalité haptique a été évalué et a montré des effets bénéfiques en lecture chez des enfants tout-venant, en reconnaissance de lettres chez des DI et en écriture chez des enfants faibles connaisseurs de lettres tout-venant. De plus, des études en neuropsychologie et en imagerie cérébrale ont confirmé l'effet bénéfique du geste moteur chez des patients tout-venant et alexiques.

Etant donné qu'il existe peu d'études chez les DI, nous avons voulu évaluer premièrement les effets d'un entraînement phonologique et multisensoriel à la connaissance des lettres sur les capacités d'IME et de production écrite chez des adolescents DI comparés à un groupe contrôle. Notre second objectif était d'évaluer la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience (légère ou modérée). Nos résultats ont montré que l'entraînement VH entraînait une progression entre t0 et t1 supérieure à l'entraînement V en reconnaissance de lettres et en lecture de pseudo-mots (PM). De plus, l'entraînement VH a permis aux sujets DI de compenser leur retard par rapport au groupe C en lecture de PM et en écriture de PM. En outre, les entraînements sont bénéfiques quel que soit le degré de la DI en lecture de PM, alors qu'il n'y a pas eu d'effet en reconnaissance de lettres, et que les DI modéré ont plus bénéficié de l'entraînement que les DI léger en écriture de PM. Toutefois, il n'y a pas eu de progression à t2 quel que soit le type d'entraînement.

En montrant l'efficacité de l'ajout d'un entraînement multisensoriel à la connaissance des lettres sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture à la scolarité, cette recherche peut nous apporter de nouvelles connaissances et pourrait faire partie intégrante de nos prises en charge orthophoniques. Effectivement, face aux difficultés d'acquisition du principe alphabétique, que ce soit pour les enfants en difficultés, dyslexiques et porteurs de DI, l'utilisation du multisensoriel pourrait être une modalité supplémentaire dans la rééducation afin d'aider au mieux les patients. L'approfondissement de cette recherche à des échantillons plus conséquents permettrait d'éclaircir et de préciser les tendances observées et ainsi apporter d'autres outils dans les prises en charge.

Enfin, pour les recherches ultérieures, il serait intéressant de mener une étude où les sujets DI seraient appariés à plusieurs groupes contrôles afin de comparer les résultats selon les différentes théories du fonctionnement cognitif des sujets DI. De plus, il serait intéressant de proposer un autre type de matériel haptique, c'est-à-dire des lettres en relief afin d'évaluer si l'effet est optimisé par rapport aux lettres en creux, comme chez les tout-venant.

---

## REFERENCES

---

- American Association on Mental Retardation (1996). *Retard mental : définition, classification et systèmes de soutien*. Paris: Maloine.
- Bara, F., Fredembach, B., & Gentaz, E. (2010). Rôle des procédures exploratoires manuelles dans la perception haptique et visuelle de formes chez des enfants scolarisés en cycle 1. *L'année Psychologique*, 110, 197-225.
- Bara, F., Gentaz, E., & Colé, P. (2007). Haptics in learning to read with children from low socio-economic status families. *British Journal of Developmental Psychology*, 25, 643-663.
- Bara, F., Gentaz, E., Colé, P., & Sprenger-Charolles, L. (2004). The visuo-haptic and haptic exploration of letters increases the kindergarten-children's understanding of the alphabetic principle. *Child Development*, 19, 433-449.
- Bara, F., & Gentaz, E. (2011). Haptics in teaching hand writing : the rôle of perceptual hand visuo-motor skills. *Human Movement Science*, 30, 745-759.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Levi, A.C., Chokron, S., & Degos, J.D. (2002). Visually and motor-based knowledge of letters: Evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia*, 40, 1363-1371.
- Bebko, J.M., & Luhaorg, H. (1998). The Development of Strategy Use and Metacognitive Processing in Mental Retardation: Some Sources of Difficulty. In Burack, J.A., Hodapp, R.M. & Zigler, E. (Eds.), *Handbook of Mental Retardation and Development*. (pp 382-407).Cambridge: Cambridge University Press.
- Billard,C., Livet, M.O., Motte, J.,Vallée, L., Gillet, P.,Galloux, A., Piller, A.G., & Vol, S. (2000). BREV : Une batterie clinique d'évaluation des fonctions cognitives. Résultats chez 500 enfants normaux. *Archives Françaises de Pédiatrie* ,7,128-130.
- Biot-Chevrier, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2008). Pourquoi la connaissance du nom des lettres est-elle si importante dans l'apprentissage de la langue écrite ? *Revue Française de Pédagogie*, 162, 15-27.
- Biot-Chevrier, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2009). Poids des connaissances alphabétiques précoces dans l'acquisition de l'écrit : une étude longitudinale auprès d'enfants de 5 à 10 ans. *Archives de Psychologie*, 74, 204-226.
- Bonnelle, M. (2002). *La dyslexie en médecine de l'enfant*. Marseille : Solal.
- Bosse, ML., Jacquier Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., & Zorman, M. (2010). Batterie Analytique du Langage Ecrit. Groupe Cogni-Sciences & CNRS (UMR-5105) de Grenoble.
- Bryant, P., Bradley, L. (1985). *Children's reading problems*. Oxford : Blackwell.
- Bussy, G. (2013). Déficients intellectuels : comment les aider à apprendre ? In La Déficience Intellectuelle : actualités et perspectives, N°Spécial. (mai 2013). *Revue CREA I ORS*, 248.

---

Bussy, G., Kientz, C. (2012). *Syndrome de l'X-Fragile. Guide Ressource pour comprendre et accompagner*. Veauche : Remediagog Editions.

Byrne, B., & Fielding-Barnsley, R. (1991). Evaluation of a program to teach phonemic awareness to young children. *Journal of Educational Psychology, 83*, 451-455.

Byrne, B., & Fielding-Barnsley, R. (1993). Evaluation of a program to teach phonemic awareness to young children: A 1-year follow-up. *Journal of Educational Psychology, 85*, 104-111.

Byrne, B., Fielding-Barnsley, R., & Ashley, L. (2000). Effects of preschool phoneme identity training after six years: Outcome level distinguished from rate of response. *Journal of Educational Psychology, 87*, 488-503.

Cardoso-Martins, C. (1995). Sensitive to rhymes, syllables and phonemes in literacy acquisition in Portuguese. *Reading Research Quarterly, 30*, 808-828.

Cardoso-Martins, C., Frith, U. (2001). Can individuals with Down syndrome acquire alphabetic literacy skills in the absence of phoneme awareness? *Reading and Writing, 14*, 361-375.

Cardoso-Martins, C., Mesquita, T.C.L., & Ehri, L. (2011). Letter names and phonological awareness help children to learn letter-sound relations. *Journal of Experimental Child Psychology, 109*, 25-38.

Carlier, M., & Ayoun, C. (2007). *Déficiences intellectuelles et intégration sociale*. Wavre : Mardaga.

Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition, 91*, 77-111.

Chelly, J., Khelfaoui, M., Francis, F., Chérif, B., Bienvenu, T. (2006). Genetics and pathophysiology of mental retardation. *European Journal of Human Genetics 14*, 701-713.

Conners, F. A. (2003). Reading skills and cognitive abilities of individuals with mental retardation. *International review of research in mental retardation, 27*, 191-229.

Conners, F.A., Atwell, J.A., Rosenquist, C. J., & Sligh, A.C. (2001). Abilities underlying decoding differences in children with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research, 45*, 292-299.

Conners, F A., Rosenquist, C J., Sligh, A C., Atwell, J A., Kyser T. (2006). Phonological reading skills by children with mental retardation. *Research in Developmental Disabilities, 27*, 121-137

Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), *Strategies of information processing* (pp. 151-216). London: Academic Press.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review, 108*, 204-256.

---

Cunningham, A. E., Perry, K., Stanovich, K. E., & Share, D. L. (2002). Orthographic learning during reading: Examining the role of self-teaching. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 185-199.

Deheane, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.

Detable, C., & Vinter. (2004). Le maintien dans le temps des effets d'un apprentissage implicite chez des enfants et adolescents avec retard mental. *L'Année Psychologique*, 104, 751-770.

Di Blasi, F.D Elia, F., Buono, S., & Ramakers, G.J.A. (2007). Relationships between visual-motor and cognitive abilities in intellectual disabilities. *Perceptual and motor skills*, 104, 763-772.

Dumas, J. E. (2007). *Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent*, 3ème édition. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.

Ecalte, J., Magnan, A., & Biot-Chevrier, C. (2008). Alphabet knowledge and early literacy skills in French beginning readers. *European Journal Of Developmental Psychology*, 5, 303-325.

Ecalte, J., Magnan, A., & Calmus, C. (2009). Lasting effects on literacy skills with a computer-assisted learning using syllabic units in low-progress readers. *Computers & Education*, 52, 554-561.

Ehri, L.C. (1992). Reconceptualizing the development of sight word reading and its relationship to recoding. In P. Gough, L. Ehri & R. Treiman (Eds.), *Reading acquisition* (pp. 107–143). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Ehri, L.C., Nunes, S.R., Willows, D.M., Schuster, D.M., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read : Evidence from the national reading panel's meta-analysis. *Reading research Quarterly*, 36, 250-287.

Ehri, L.C., Wilce, L.S. (1985). Movement into reading : is the first stage of printed word learning visual or phonetic? *Reading Research Quarterly* 20, 163–179.

Fernald, G.M., & Keller, H. (1921). The effect of kinaesthetic factors in the development of word recognition in the case of non-readers. *The Journal of Educational Research*, 4, 355–377.

Foulin, J.-N. (2007). La connaissance des lettres chez les prélecteurs: aspects pronostiques, fonctionnels et diagnostiques. *Psychologie Française*, 52, 431–444.

Fredembach, B., Hillairet de Boisferon, A., & Gentaz, E. (2009). Learning of arbitrary association between visual and auditory novel stimuli in adults: The “bond effect” of haptic exploration. *PLoS One*, 4, e4844.

Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. Patterson, J. Marshall, & M. Coltheart (Eds), *Surface dyslexia* (pp. 301-330). Londres : Erlbaum.

Gentaz, E. (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris : Dunod.

- 
- Gentaz, E., Colé, P., & Bara, F. (2003). Évaluation d'entraînements multisensoriels de préparation à la lecture pour les enfants en grande section de maternelle : Une étude sur la contribution du système haptique manuel. *L'Année psychologique*, 104, 561-584.
- Goetz, K., Hulme, C., Brigstocke, S., Carroll, J. M., Nasir, L., & Snowling, M. (2007). Training reading and phoneme awareness skills in children with Down syndrome. *Reading and writing*, 21, 395-412.
- Gombert, J.E. (2003). Implicit and Explicit Learning to Read: Implication as for Subtypes of Dyslexia. *Current Psychology Letters*, 10, Vol. 1
- Gough, P.B., & Tunmer, W.E. (1986). Decoding, reading, and reading disability. *Remedial and Special Education*, 7, 6-10.
- Hatcher, J., Hulme, C., & Ellis, A.W. (1994). Ameliorating early reading failure by integrating the teaching of reading and phonological skills: The phonological linkage hypothesis. *Child Development*, 65, 338-358.
- Hatwell, Y., Streri, A., & Gentaz, E. (2000). *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*. Paris : PUF.
- Hillairet de Boisferon, A., Bara, F., Gentaz, E., & Colé, P. (2007). Préparation à la lecture des jeunes enfants: Effets de l'exploration visuo-haptique des lettres et de la perception visuelle de mouvements d'écriture, *L'Année Psychologique*, 107, 537-564.
- Hulme, C., Bradley, L. (1984). An experimental study of multi-sensory teaching with normal and retarded readers. *Dyslexia: A Global Issue*, 18, 431-444.
- Hulme, C., Goetz, K., Brigstoncke, S., Nash, H., Lervag, A., & Snowling, M.G. (2012). The growth of reading skills and children with Down syndrom. *Developmental science*, 15, 320-329.
- Howell, D. (2012). *Statistical methods for psychology*. Wadsworth: Cengage Learning.
- Ionescu, S., & Blanchet, A. (2009). *Méthodologie de la recherche en psychologie cognitive*. Paris : PUF
- Jaffré, J.P. (1992). Le traitement élémentaire de l'orthographe. *Langue Française* 95, 27-48.
- Jenkinson, J. C. (1992). The use of letter position cues in the visual processing of words by children with an intellectual disability and nondisabled children. *International Journal of Disability, Development, and Education*, 39, 61-76.
- Karakaya, G. (2013). Effet d'un entraînement phonologique et multi-sensoriel à la connaissance des lettres chez des adolescents porteurs de déficience intellectuelle. (Mémoire de deuxième année de master sciences humaines et sociales, Université Lumière Lyon 2).
- Kay-Raining Bird, E., Cleave, P. L., & McConnell, L. (2000). Reading and phonological awareness in children with Down syndrome: a longitudinal study. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 9, 319-330.

---

Kennedy, J.M., Gabias, P., Heller M.A. (1992). Space, haptics and the blind. *Geoforum*, 23, 175-189.

Kennedy, J-M., & Flynn, M-C. (2003). Training phonological awareness skills in children with down syndrom. *Research in Developmental Disabilities*, 24, 44-57.

Korkman, M., U. Kirk, S., & Kemp, S. (1997). Adapt. Française : 2003. *NEPSY Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

Labat, H., Ecalle, J., Baldy, R., & Magnan, A. (2014). How can low-skilled 5-year old children benefit from multisensory training on the acquisition of the alphabetic principle? *Learning and Individual Difference*, 29, 106-113.

Labat, H., Karabaya, G., Bussy, G., Ecalle, J., & Magnan, A. (2013). Comment aider les adolescents porteurs de retard mental à apprendre à lire et à écrire ? Communication orale présentée au symposium « Entraînement aux apprentissages scolaires » au 55ème congrès de la Société Française de Psychologie (SFP). Lyon, 11-13 sep.

Labat, H., Magnan, A., & Ecalle, J. (2011). Effet d'une exploration "multisensorielle séquentielle orientée" sur le développement de la compréhension du principe alphabétique chez les enfants de 5 ans faibles connaisseurs de lettres. *L'Année Psychologique*, 111, 641-671.

Labat, H., Magnan, A., & Ecalle, J. (2013) Etude de l'effet d'une exploration auditive et haptique et des capacités de transfert inter-modal sur l'apprentissage des lettres auprès d'enfant porteur de trisomie 21 : Approche comparative avec un groupe d'enfants « tout-venant » *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant ANAE*, 25, II, (123), 212-218.

Labat, H., Vallet., Ecalle, J., & Magnan, A. (in press). Facilitating effect of multisensory letter encoding on reading and spelling in 5-years-old children. *Applied Cognitive Psychology*.

Laing, E., Hulme, C., Grant, J., & Karmiloff-Smith, A. (2001). Learning to read in Williams syndrome : looking beneath the surface of atypical reading development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42, 729–739.

Laws, G. (1998). The use of nonword repetition as a test of phonological memory in children with Down syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 1119–1130.

Lederman, S.J., & Klatzky, R.L. (1987). Hand movements: a window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19, 342-368.

Lie, A. (1991). Effects of a training program for stimulating skills in word analysis in first grade children. *Reading Research Quarterly*, 26, 234-250.

Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J. C., Anton, J.L., Roth, M., Nazarian, B., et al. (2008). Learning through hand or type-writing influences visual recognition of new graphic shapes: Behavioral and functional imaging evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 802-815.

Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J.C., & Velay, J.L. (2006). Remembering the orientation of newly learned characters depends on the associated writing knowledge : A comparison between handwriting and typing. *Human Movement Science*, 25, 646-656.

---

Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.T., & Velay, J.L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. *Acta Psychologica*, 119, 67-79.

Lott, S.N., Carney, A.S., Glezer, L.S., & Friedman, R.B. (2010). Overt use of a tactile/kinaesthetic strategy shifts to covert processing in rehabilitation of letter-by letter reading. *Aphasiology*, 24, 1424-1442.

Lundberg, I., Frost, J., & Peterson, O. (1988). Effects of an extensive program for stimulating phonological awareness in pre-school children. *Reading Research Quarterly*, 23, 263-284.

Lussier, F., & Flessas, J.(2009). *Neuropsychologie de l'enfant : troubles développementaux et de l'apprentissage*. Paris : Dunod.

Magnan, A., & Ecalle, J. (2006). Audio-visual training in children with reading disabilities. *Computer & Education*, 46, 407-425.

Magnan, A., & Ecalle, J., Veillet, E., & Collet, L. (2004). The effects of an audio-visual training program in dyslexic children. *Dyslexia*, 10, 131-140.

Mazeau, M., (2005). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages. Du symptôme à la rééducation*. Paris : Masson.

Montessori, M. (1915). *The Montessori Method*. London : Heinemann.

Munir, E., Cornish, K.M., Wilding, J. (2000). A neuropsychological profile of attention deficits in young males with fragile X syndrome. *Neuropsychologia*, 38, 1261-1270.

Numminen, H., Service, E., Ahonen, T., Korhonen, T., Tolvanen, A., Patja, K., & Ruoppila, I. (2000). Working memory structure and intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44, 579-590.

Olson, R-K., Wise, B.W., Ring, J., & Johnson, M. (1997). Computer-based remedial training in phoneme awareness and phonological decoding :Effects on the post-training development on word recognition. *Scientific Studies of Reading*, 1, 235-253.

Palluel-Germain, R., Bara, F., Hillairet de Boisferon, A., Hennion, B., Gouagout, P., & Gentaz, E. (2007). A visuo-haptic device –telemaque- increases kindergarten children's handwriting acquisition. *IEEE WorldHaptics*, 72-77.

Pannetier, E. (2009). *Comprendre et prévenir la déficience intellectuelle*. Québec: Multimondes éditions.

Pennington, B.F., Lefly, D.L. (2001). Early reading development in children at family risk for dyslexia. *Child Development* 72, 816-833.

Perry, C., Ziegler, J.C., & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 114, 273-315.

Perry, C., Ziegler, J., & Zorzi, M. (2010). Beyond single syllables: large-scale modeling of reading aloud with the Connectionist Dual Process (CDP++) model. *Cognitive psychology*, 61, 106-15.

- 
- Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P.H.T., Poikkeus, A.M., et al. (2007). Very early phonological and language skills: Estimating individual risk of reading disability, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 923-93.
- Ratz, C., & Lenhard, W. (2013). Reading skills among students with intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 1740–1748.
- Revesz, G. (1950). *The psychology and art of blind*. London: Longmans Green.
- Savigny, M. (2001). *Batelem-R, batterie d'épreuves pour l'école élémentaire*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Scanlon, D. M., & Vellutino, F. R. (1996). Prerequisite skills, early instruction, and success in first-grade reading: Selected results from a longitudinal study. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 2, 54–63.
- Scarborough, H.S. (1998). Predicting the future achievement of second graders with reading disabilities: Contributions of phonemic awareness, verbal memory, rapid naming, and IQ. *Annals of Dyslexia*, 48, 115-136.
- Scarborough, H.S. (2001). Connecting early language and literacy to later reading (dis)abilities: evidence, theory, and practice. In: Neuman, S., Dickinson, D.K. (Eds.), *Handbook of early literacy research* (pp. 110–997). New York: Guilford Pres.
- Seki, K., Yajima, M., & Sugishita, M. (1995). The efficacy of kinesthetic reading treatment for pure alexia. *Neuropsychologia*, 33, 595–609.
- Share, D.L. (1994). Phonological reading and self-teaching: sine qua none of reading acquisition. *Cognition*, 55, 151-218.
- Share, D. L. (2004). Knowing letter names and learning letter sounds : A causal connection. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 213-233.
- Share, D., & Shalev, C. (2004). Self-teaching in normal and disabled readers. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 17, 769-800.
- Simner, M. L. (1981). The grammar of action in children's printing. *Developmental Psychology*, 17, 866-871.
- Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2003). *Lecture et dyslexie, approche cognitive*. Paris: Dunod.
- Sullivan K., Hatton, D., Hammer, J., Sideris, J., Hooper, S., Ornstein, P., Bailey, D. (2006). *ADHD symptoms in children with FXS. American Journal of Medical Genetics Part B*, 144, 517-532.
- Treiman, R., & Kessler, B. (2006). Spelling as statistical learning: Using consonantal context to spell vowels. *Journal of Educational Psychology*, 98, 642–652.
- Treiman, R., Tincoff, R., Rodriguez, K., Mouzaki, A., Francis, D.J. (1998). The foundations of literacy: learning the sounds of letters. *Child Development* 69, 1524–1540.



---

Treiman, R., Weatherston, S., & Berch, D. (1994). The role of letter names in children's learning of phoneme-grapheme relations. *Applied Psycholinguistics*, 15, 97-122.

Van Bysterveldt, A.K., Gillon, G.T., & Moran, C. (2006). Enhancing phonological awareness and letter knowledge in preschool children with down syndrom. *Internayional Journal of Disability, Development and Education*, 53, 301-329.

Van der Molen M-J., Van Luit JEH., Jongmans M.J., & Van Der Molen M.W. (2007). Verbal working memory in children with mild intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research* 51, 162-169.

Véronis, J. (1986). Etude quantitative sur le système graphique et phono-graphique du français. *Cahiers de psychologie cognitive*, 6, 501-531.

Vicari, S., Bellucci, S. & Carlesimo, G.A. (2000). Implicit and explicit memory: a functional dissociation in persons with Down syndrome. *Neuropsychologia*, 38, 240-251.

Vinter, A., & Detable, C. (2003). Implicit learning in children and adolescents with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 108, 94-107.

Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition (WISC-IV®)*. San Antonio, TX: Harcourt Assesment.

Wijntjes, M.W., Volvic, R., Pont, S.C., Koenderink, J.J., & Kappers, A.M.(2009). Haptics perception disambiguates visual perception of 3D shape. *Experimental Brain Research*, 193, 639-644.

Wuang, Y.P., Wang,C.C., Huang, M.H., & Su, C.Y. (2008). Profiles and cognitive predictors of motor functions among early school-age children with mild intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 52, 1048–1060.

Zazzo, R. (1979). *Les défibilités mentales*. Paris : Armand Colin.

---

# ANNEXES



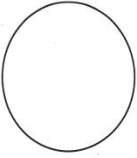



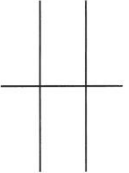
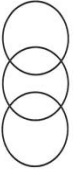


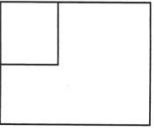

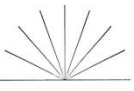

# Annexe I : Matériel NEPSY - Bilan Neuropsychologique de l'Enfant - (Korkman, Kirk, & Kemp, 1997)

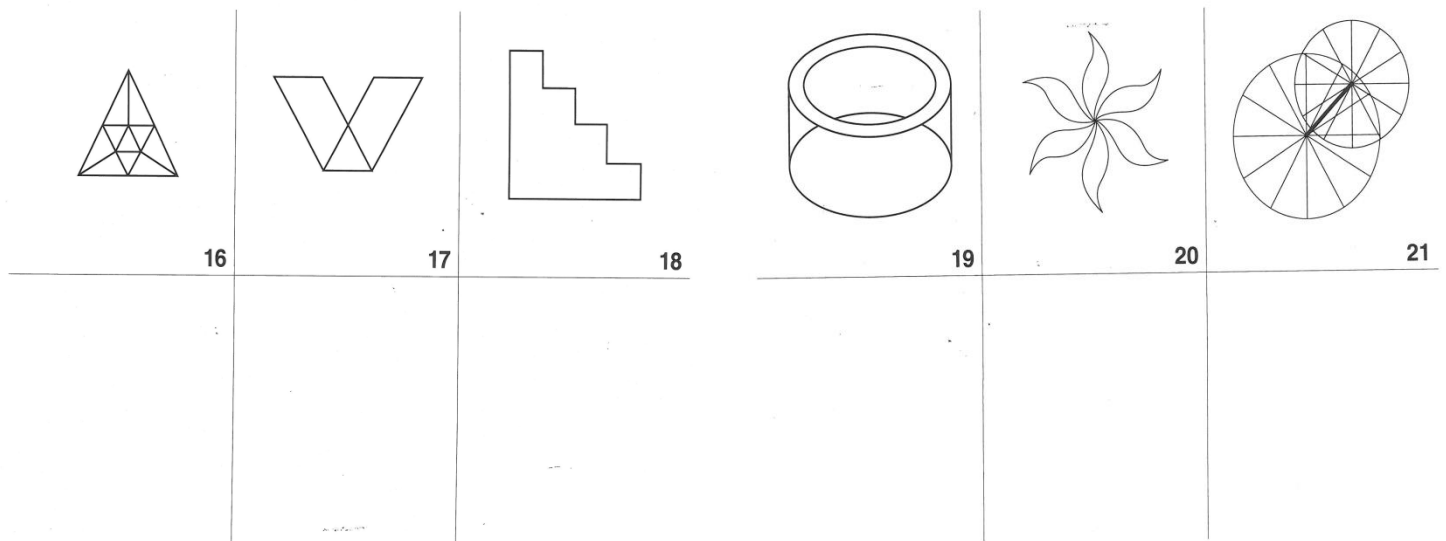
Ce test a été proposé aux sujets DI (Déficient Intellectuel).

## Subtest copie de figures :

Consignes : *Tu vois cette ligne, je vais en tracer une ici* (tracer une ligne entre l'item et le trait vertical). *A toi d'en tracer une ici* (montrer la case vierge en dessous). En montrant l'item 2, dire : *recopie ça ici* (en montrant la case vierge en-dessous). *Une fois que tu as commencé à recopier, continue. Ne recommence pas.* Donner la même consigne pour les items suivants.

Notation: Plusieurs critères sont décrits pour chaque item (un point est attribué quand tous ces critères sont respectés), aboutissant à une note sur 20 appelée « copie de figures général note totale» .

 1	 2	 3	NEPSY-II SECONDE EDITION  Cahier de réponses	 4	 5	 6	 7
 8	 9	 10		 11	 12	 13	 14



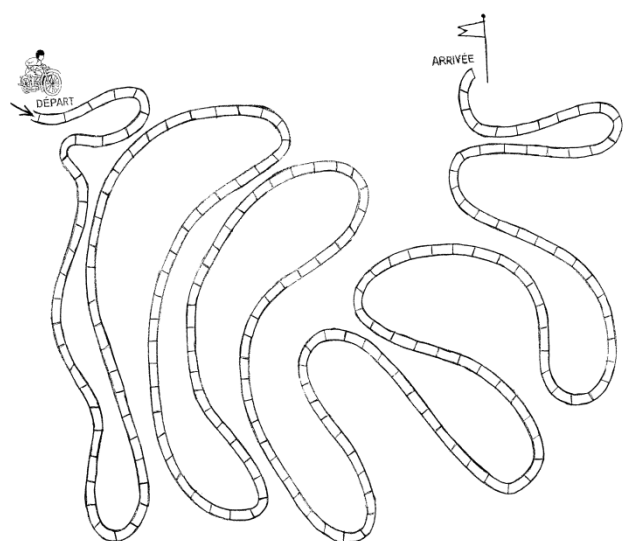
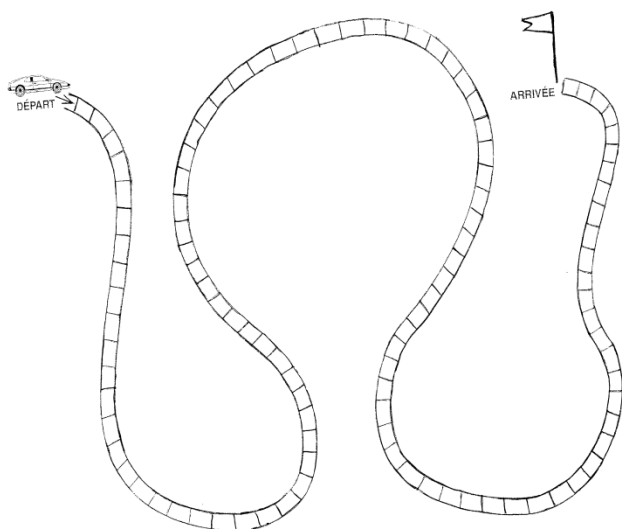
Subtest précision visuomotrice :

Consignes :

-item voiture : *Tu vois ce parcours ? Trace un trait dessus sans toucher les bords et sans faire tourner la feuille. Regarde mon doigt. Trace ton trait sur ce parcours (faire la démonstration). Maintenant, voyons à quelle vitesse tu peux le faire sans toucher les bords. Es-tu prêt ? Vas-y. Déclencher le chronomètre. Arrêter au bout de 180 secondes s'il n'a pas terminé.*

- Item moto : *Maintenant, voyons à quelle vitesse tu peux faire celui-ci et sans toucher les bords. Souviens-toi qu'il ne faut pas tourner la feuille. Prêt ? Vas-y. Déclencher le chronomètre. Arrêter au bout de 180 secondes s'il n'a pas terminé.*

Notation : Tous les segments où le trait franchit les limites extérieures du parcours ainsi que tous les segments non complétés avant 180 secondes sont cotés comme des erreurs. On accorde donc une note pour la durée d'exécution, pour le nombre total d'erreurs et une note étalonnée composite intégrant les deux notes précédentes.



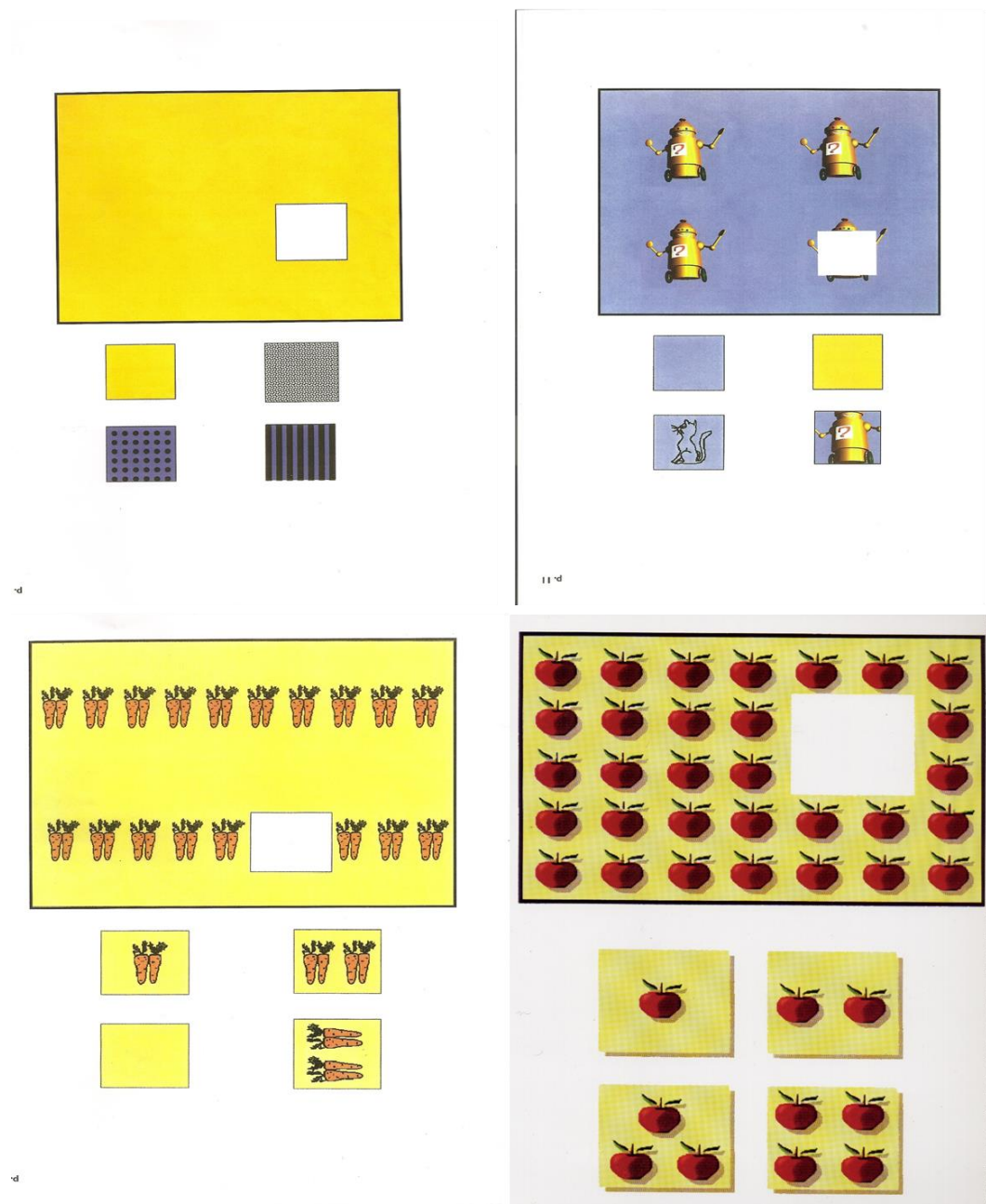
## Annexe II: Matériel de la BREV - Batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives- (Billard, Livet, Motte, Vallée, Gillet, Galloux, Piller & Vol, 2000)

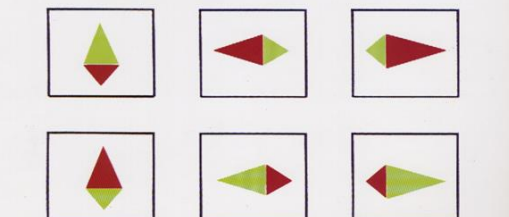
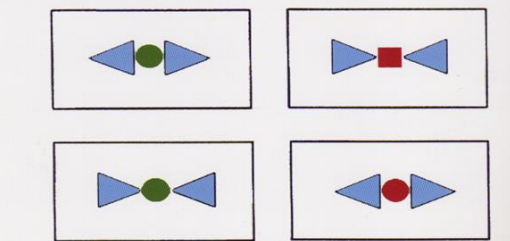
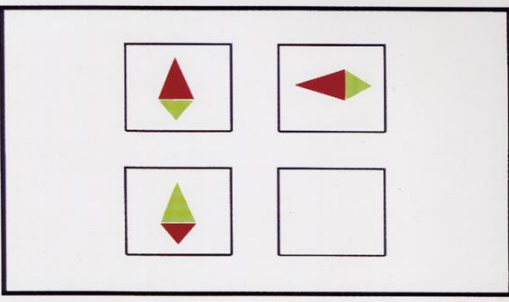
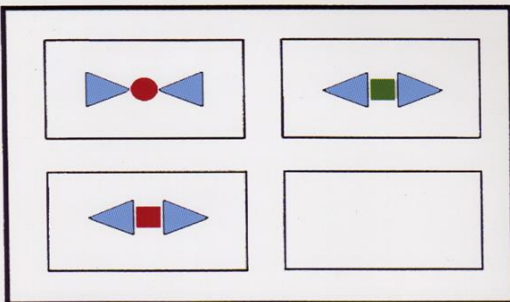
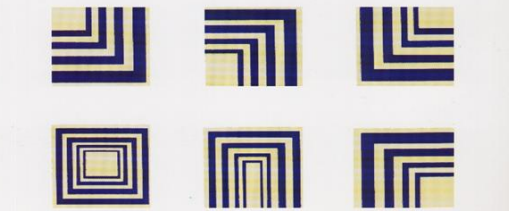
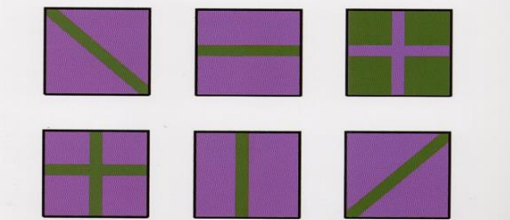
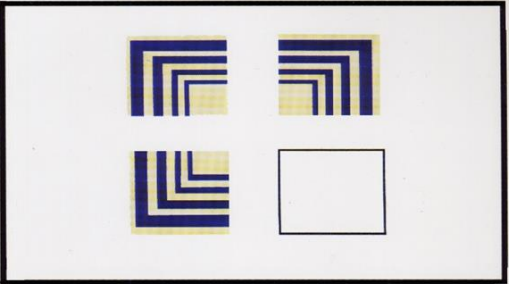
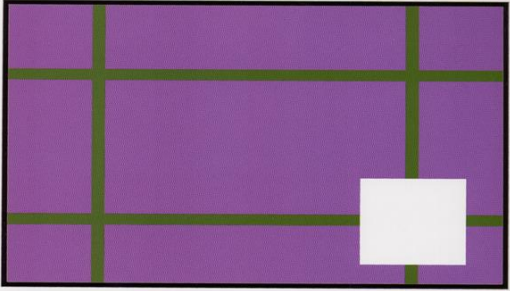
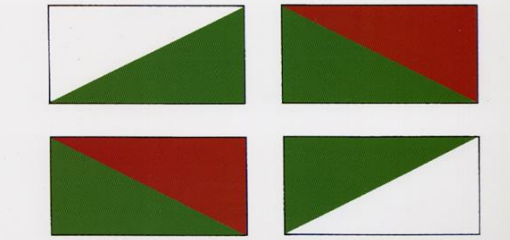
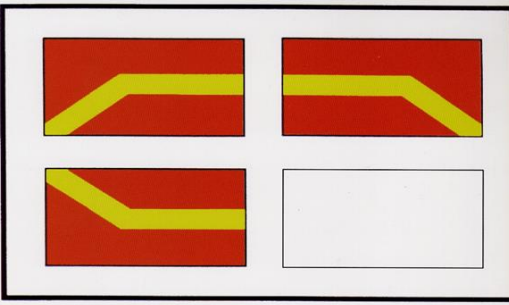
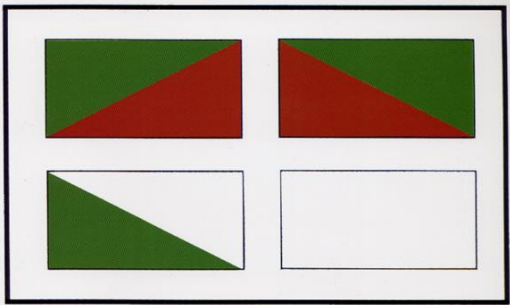
Ce test a été proposé aux sujets contrôles.

### Subtest : Complétion de forme

Consignes : *Tu vois le dessin du haut, il y a un trou (en lui montrant du doigt), tu me dis la carte du bas (en lui montrant les cartes) qui va le mieux dans le trou ».*

Notation : On accorde deux points si l'enfant trouve la solution du premier coup sans erreur ou erreur auto-correctée. On accorde un point si l'enfant s'est trompé puis a trouvé la solution au 2<sup>ème</sup> essai après notre relance « *non ce n'est pas ça, tu t'es trompé, choisis en un autre* ». Zéro point si l'enfant ne trouve la réponse ni au premier ni au second essai. Arrêt du test si échec à deux essais sur trois planches consécutives.





---

## Annexe III: Epreuves expérimentales : Matériel de l'épreuve de lecture de pseudo-mots à t0 et à t1

Le matériel a été proposé aux sujets DI et contrôles.

Matériel partiellement extrait de Labat, H., Magnan, A., & Ecalle, J. (2011).

*Pseudo-mots trisyllabiques contenant les consonnes de structures Consonne-Voyelle (CV) ou Voyelle-Consonne (VC) en position de Nom de la lettre (NL) ou Phonème de la lettre (PL) dans le pseudo-mot.*

Structure	Lettres	Item cible NL	Item cible PL
CV	b	ébelo	ébilo
	g	égéto	égeto
	p	épélu	épolu
	v	évéma	évoma
VC	l	éleda	iluda
	m	éméri	imari
	s	ésépo	isapo

---

## Annexe IV: Epreuves expérimentales : Matériel de l'épreuve d'écriture de pseudo-mots à t0 et à t1

Le matériel a été proposé aux sujets DI et contrôles.

Matériel partiellement extrait de Labat, H., Magnan, A., & Ecalle, J. (2011).

*Pseudo-mots bi-syllabiques contenant les consonnes de structures Consonne-Voyelle (CV) ou Voyelle-Consonne (VC) en position de Nom de la lettre (NL) ou Phonème de la lettre (PL) dans le pseudo-mot.*

Structure	Lettres	Item cible NL	Item cible PL
CV	b	bélo	bilo
	g	gétô	geto
	p	pélu	polu
	v	véma	voma
VC	l	élda	ulda
	m	émvi	amvi
	s	éspo	aspo

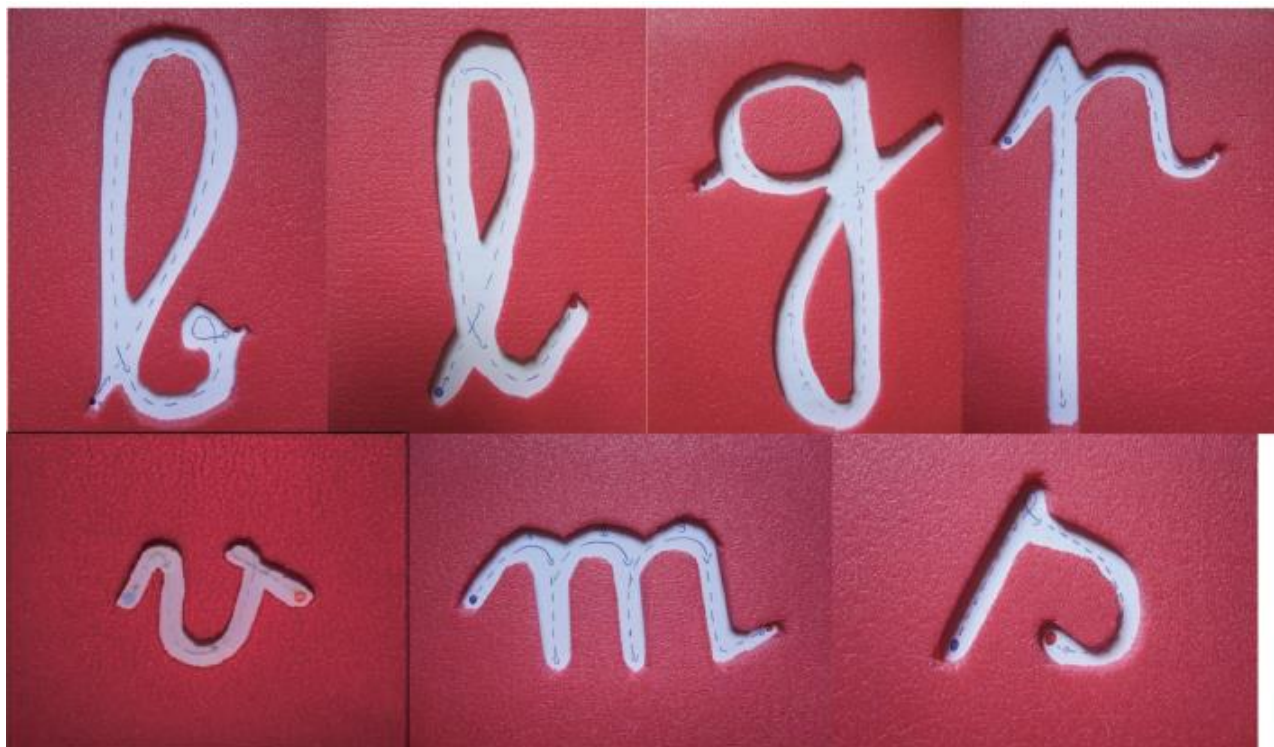


---

## Annexe V: Entraînement : Matériel de l'exploration visuo-haptique, lettres en creux avec indications d'exploration au creux de la lettre

Le matériel a été proposé aux sujets DI et contrôles.

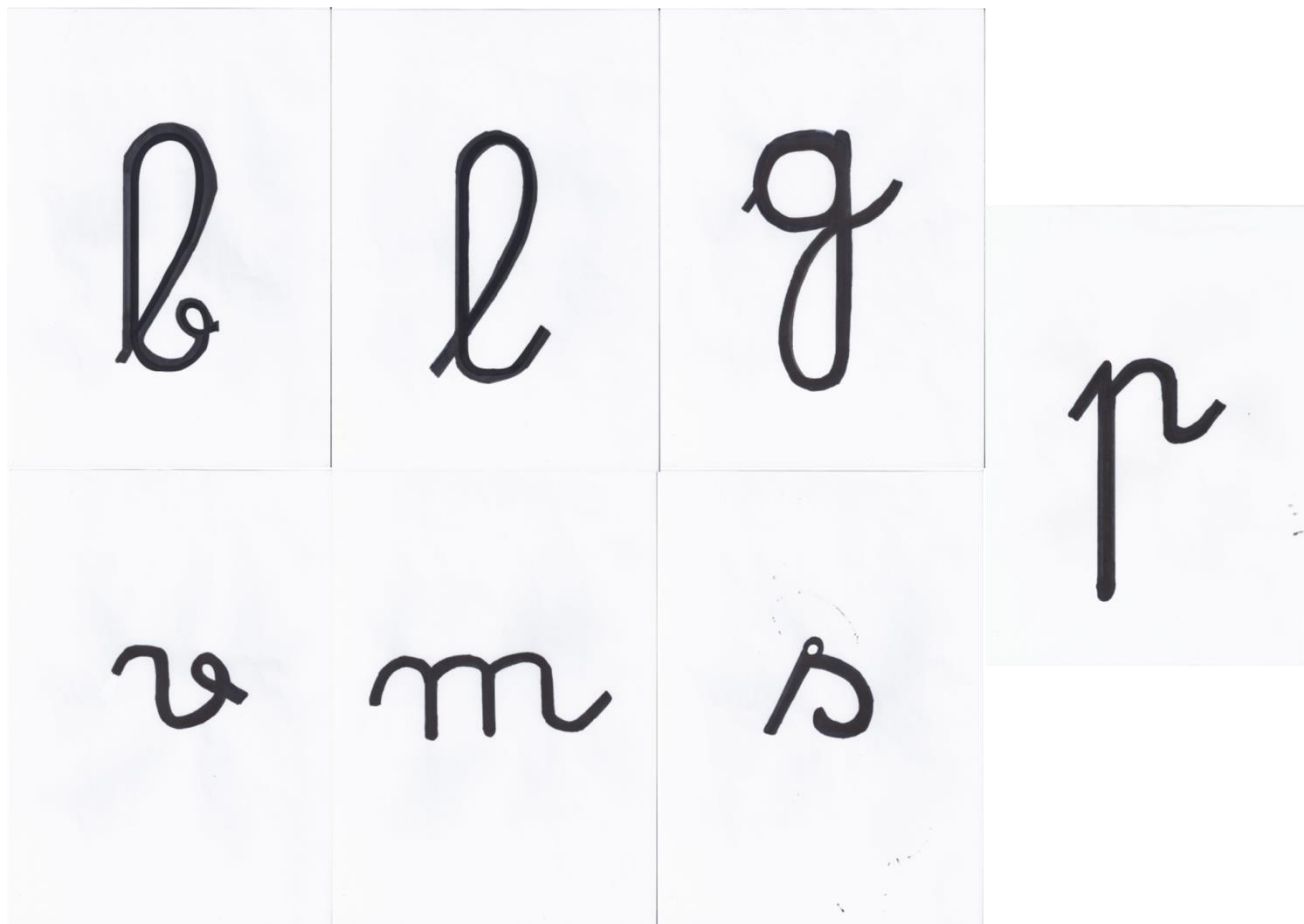
Matériel partiellement extrait de Labat, H., Magnan, A., & Ecalle, J. (2011).



---

**Annexe VI: Entraînement : Matériel de l'exploration visuelle, lettres en creux avec indications d'exploration au creux de la lettre**

Le matériel a été proposé aux sujets DI et contrôles.






---





## Annexe VII : Matériel des explorations visuelle et visuo-haptique : illustration, lettre cible et mot cible

*Illustrations extraites de <http://www.sclera.be>*

Le matériel a été proposé aux sujets DI et contrôles.

La lettre cible à l'écrit et l'image étaient présentées à l'enfant tandis que le mot cible était proposé à l'oral.

Lettre cible	Mot cible	Illustration
p	/Peinture/	
b	/Ballon/	
g	/Gel/	

s	/Sac/	
m	/Moto/	
l	/Lunettes/	
v	/Vélo/	

## Annexe VIII : Epreuves standardisés : Matériel de l'épreuve de lecture de mots et de pseudo-mots de la BALE (Groupe Cogni-Sciences & CNRS (UMR-5105) de Grenoble, 2010) à t2

Le test a été proposé aux sujets DI et contrôles.

Subtest mots fréquents CE1 :

Mots irréguliers		Mots réguliers		Non-mots	
Femme	Faute	Sande			
Hier	Nuit	Chon			
Ville	Vague	Givor			
Monsieur	Montagne	Bondeuse			
Sept	Soin	Sule			
Août	Soif	Toir			
Dix	Mal	Mic			
Seconde	Sauvage	Taubage			
Million	Mission	Mardion			
Fusil	Fuite	Fudin			
Echo	Elan	Esan			
Tronc	Animé	Trane			
Tabac	Talon	Tagin			
Orchestre	Splendeur	Splindron			
Moyen	Maman	Modan			
Parfum	Pardon	Tandir			
Caca huète	Caravelle	Taparelle			
Equateur	Electron	Abindeur			
Gentil	Jaloux	Gental			
Examen	Envoyé	Ontage			
Score/20	Score/20	Score/20			
Temps	Temps	Temps			

## Annexes IX : Epreuves standardisés: Matériel de l'épreuve d'écriture de mots de la BATELEM-R (Savigny, 2001) à t2

Le test a été proposé aux sujets DI et contrôles.

Subtest dictée des 4 premiers paragraphes :

### Batelem R Evaluation du niveau orthographique de la connaissance du Code Grapho-phonétique et de l'écriture des nombres

Répartition par cours	ÉLÉMENTS et TEXTES A DICTER	Appréciation : points		
		Ph.	Us.	Gr.
1	u - i - é - co - ti - ga - sou - mon - pin - dul	10		
2	sa bi ne a vu le chat noir	8	3	2
	elle a joué avec lui			
3	au mois de mai nous partiron <sup>s</sup> au cirque	7	8	2
	dans le car du centre aéré .			
	Total CP	25	11	4
4	maman travaille dans un magasin	9	8	11
	d'articles pour les sportifs .			
	Elle sort tous les jours à midi moins cinq	34	19	15
	La rue est déjà très animée .			
	Total CE1	34	19	15
5	Les voitures partent alors	9	12	11
	dans toutes les directions .			
	C'est le moment, de bien observer	33	31	26
	les feux tricolores qui régulent la circulation, en protégeant les nombreux piétons .			
	Total CE2	33	31	26
	Total général	100 (90 en CE2)		

→ point d'orthographe phonétique (Ph.)

→ point d'orthographe d'usage (Us.)

→ point d'orthographe grammaticale (Gr.)



95, boulevard de Sébastopol • 75002 Paris • Téléphone : 01 55 34 93 13 • Télécopie : 01 55 34 93 03

---

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

---

<i>Figure 1.</i> Le modèle Connectionist Dual Process (Perry, Ziegler et Zorzi 2010) : (a) son fonctionnement général et (b) l'intégration du mécanisme d' auto-apprentissage (Share, 1994) dans ce modèle .....	18
<i>Figure 2.</i> Déroulement de l'étude.....	33
<i>Figure 3.</i> Support proposé pour l'épreuve expérimentale de reconnaissance de lettres.....	34
<i>Figure 4.</i> Exemple d' item de l'épreuve expérimentale de lecture de pseudo-mots .....	34
<i>Figure 5.</i> Exemple de matériel de l'entraînement visuel et visuo-haptique: association de la lettre p au mot peinture.....	35
<i>Figure 6.</i> Evolution du pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de reconnaissance de lettres au cours du temps (à t0 et à t1) en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).....	43
<i>Figure 7.</i> Evolution du pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de lecture de pseudo-mots au cours du temps (à t0 et à t1) en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).....	45
<i>Figure 8.</i> Pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de lecture de pseudo-mots en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V) à t2.....	46
<i>Figure 9.</i> Pourcentage de réponses correctes à l'épreuve de lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V) à t2.....	46
<i>Figure 10.</i> Evolution du pourcentage de réponses correctes à l'épreuve d'écriture de pseudo-mots au cours du temps (à t0 et à t1) en fonction du groupe d'entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).....	48
<i>Figure 11.</i> Pourcentage de réponses correctes à l'épreuve d'écriture de mots en fonction du groupe d' entraînement (Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuo-Haptique : DI VH ; Groupe déficient intellectuel avec entraînement Visuel : DI V ; Groupe contrôle avec entraînement Visuo-Haptique : C VH ; Groupe contrôle avec entraînement Visuel : C V).....	49
<i>Figure 12.</i> Evolution du pourcentage de réponses correctes en lecture de pseudo-mots au cours du Temps (à t0 et à t1) en fonction du Degré de déficience intellectuelle (DI légère vs modérée).....	53

---

# TABLE DES MATIERES

---

<b>ORGANIGRAMMES</b> .....	<b>4</b>
1    Université Claude Bernard Lyon1 .....	4
1.1    Secteur Santé : .....	4
1.2    Secteur Sciences et Technologies : .....	4
2    Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE.....	5
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>6</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>10</b>
<b>PARTIE THEORIQUE</b> .....	<b>11</b>
<b>I    La déficience intellectuelle</b> .....	<b>12</b>
1    Définition et étiologies.....	12
2    Deux théories sur l'évolution .....	13
3    Caractéristiques cognitives .....	14
<b>II    Le développement des procédures d'identification du mot écrit</b> .....	<b>15</b>
1    Les modélisations en identification du mot écrit.....	16
1.1    Le modèle en stade de Frith (1985) .....	16
1.2    Le modèle à double voie de Coltheart, Ziegler, Rastle, Perry, & Langdon (2001) et aspects développementaux.....	16
2    Les compétences explicatives des difficultés en identification du mot écrit .....	19
2.1    La connaissance des lettres .....	19
2.2    Les habilités phonologiques.....	20
2.3    Mémoire de travail phonologique .....	21
<b>III    Les entraînements phonologiques et multisensoriels à la connaissance des lettres</b> .....	<b>21</b>
1    Les études comportementales .....	22
2    Les études en neuropsychologie.....	25
3    Les études en imagerie cérébrale .....	25
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES</b> .....	<b>27</b>
<b>I    Problématique</b> .....	<b>28</b>
<b>II    Hypothèse générale</b> .....	<b>28</b>
<b>III    Hypothèses opérationnelles</b> .....	<b>28</b>
<b>PARTIE EXPERIMENTATION</b> .....	<b>30</b>
<b>I    Méthodologie</b> .....	<b>31</b>
1    Participants .....	31



---

2	Matériel .....	33
2.1	Sélection des lettres.....	33
2.2	Matériel des épreuves expérimentales à t0 et t1 .....	34
2.3	Matériel des entraînements .....	35
2.4	Matériel des épreuves standardisées à t2 .....	35
3	Procédure .....	36
3.1	Epreuves expérimentales à t0 et t1 .....	36
3.2	Déroulement de l'entraînement.....	36
3.3	Epreuves standardisées à t2 .....	37
	<b>PRESENTATION DES RESULTATS .....</b>	<b>39</b>
<b>I</b>	<b>Analyse de l'effet de l'entraînement.....</b>	<b>40</b>
1	Appariement des groupes à t0.....	40
1.1	Caractéristiques générales des groupes .....	40
1.2	Reconnaissance de lettres .....	41
1.3	Lecture de pseudo-mots.....	41
1.4	Ecriture de pseudo-mots .....	41
2	Evaluation de l'effet des entraînements pour chaque épreuve.....	41
2.1	Reconnaissance de lettres .....	42
2.2	Lecture de pseudo-mots.....	43
2.3	Ecriture de pseudo-mots .....	46
<b>II</b>	<b>Analyse de la sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience .....</b>	<b>49</b>
1	Appariement des groupes à t0.....	49
1.1	Caractéristiques générales des groupes .....	49
1.2	Reconnaissance de lettres .....	50
1.3	Lecture de pseudo-mots.....	50
1.4	Ecriture de pseudo-mots .....	50
2	Evaluation de la sensibilité pour chaque épreuve .....	50
2.1	Reconnaissance de lettres .....	51
2.2	Lecture de pseudo-mots.....	51
2.3	Ecriture de pseudo-mots .....	53
	<b>DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>55</b>
<b>I</b>	<b>Effet des entraînements .....</b>	<b>56</b>
1	Reconnaissance de lettres .....	56
2	Lecture de pseudo-mots.....	57

---

3	Ecriture de pseudo-mots .....	59
<b>II</b>	<b>Sensibilité à l'entraînement en fonction du degré de déficience .....</b>	<b>60</b>
1	Reconnaissance des lettres.....	60
2	Lecture de pseudo-mots.....	61
3	Ecriture de pseudo-mots .....	61
<b>III</b>	<b>Limites et perspectives.....</b>	<b>62</b>
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERENCES.....</b>	<b>65</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>73</b>
	<b>Annexe I : Matériel NEPSY - Bilan Neuropsychologique de l'Enfant - (Korkman, Kirk, &amp; Kemp, 1997) ....</b>	<b>74</b>
	Subtest précision visuomotrice :.....	75
	<b>Annexe II: Matériel de la BREV - Batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives- (Billard, Livet, Motte, Vallée, Gillet, Galloux, Piller &amp; Vol, 2000).....</b>	<b>76</b>
	<b>Annexe III: Epreuves expérimentales : Matériel de l'épreuve de lecture de pseudo-mots à t0 et à t1 ....</b>	<b>78</b>
	<b>Annexe IV: Epreuves expérimentales : Matériel de l'épreuve d'écriture de pseudo-mots à t0 et à t1 ....</b>	<b>79</b>
	<b>Annexe V: Entraînement : Matériel de l'exploration visuo-haptique, lettres en creux avec indications d' exploration au creux de la lettre.....</b>	<b>80</b>
	<b>Annexe VI: Entraînement : Matériel de l'exploration visuelle, lettres en creux avec indications d' exploration au creux de la lettre.....</b>	<b>81</b>
	<b>Annexe VII : Matériel des explorations visuelle et visuo-haptique : illustration, lettre cible et mot cible</b>	<b>82</b>
	<b>Annexe VIII : Epreuves standardisés : Matériel de l'épreuve de lecture de mots et de pseudo-mots de la BALE (Groupe Cogni-Sciences &amp; CNRS (UMR-5105) de Grenoble, 2010) à t2.....</b>	<b>84</b>
	<b>Annexes IX : Epreuves standardisés: Matériel de l'épreuve d'écriture de mots de la BATELEM-R (Savigny, 2001) à t2.....</b>	<b>85</b>
	<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>86</b>
	<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>87</b>

---

Jeanne Gay  
Anastasia Gor

**EFFET D'UN ENTRAÎNEMENT PHONOLOGIQUE ET MULTISENSORIEL A LA CONNAISSANCE DES LETTRES SUR LA LECTURE ET L'ÉCRITURE CHEZ DES ADOLESCENTS DÉFICENTS INTELLECTUELS: APPROCHE DIFFÉRENTIELLE**

88 pages  
Mémoire d'orthophonie – UCBL- ISTR – Lyon 2015

---

**RESUME**

Cette recherche a pour objectif principal de déterminer l'effet d'un entraînement phonologique et multisensoriel à la connaissance des lettres sur la lecture et l'écriture auprès d'adolescents porteurs de déficience intellectuelle (DI). Un paradigme classique a été utilisé : pré-test/entraînement/post-test 1/post-test 2. Les adolescents DI ont été appariés sur l'âge mental à un groupe contrôle (C) scolarisé en CP. Les sujets ont été évalués à trois reprises : sur des tâches expérimentales (reconnaissance de lettres, lecture et écriture de pseudo-mots (PM)) aux pré-test et post-test 1, et sur des tâches standardisées (lecture de mots et de PM et écriture de mots) au post-test 2. Les deux types d'entraînements différaient quant à la modalité sensorielle sollicitée lors de l'exploration de la lettre: soit audio-visuelle (i.e entraînement visuel (V)), soit audio-visuo-haptique (i.e entraînement visuo-haptique (VH)). Les résultats révèlent, premièrement, que les performances en reconnaissance de lettres après l'entraînement VH sont meilleures qu'après l'entraînement V pour les deux groupes (DI et C). Deuxièmement, l'entraînement VH a permis aux sujets DI de rattraper leur retard par rapport au groupe C en lecture et en écriture de PM. De plus, les résultats indiquent qu'il n'y a pas d'influence de la sensibilité à l'entraînement pour l'épreuve de lecture de PM en fonction du degré de DI (entre DI légère et modérée). Néanmoins, au post-test 2, il n'y a pas d'effet significatif des entraînements quel que soit le groupe (DI ou C). Ces constats mettent donc en évidence l'intérêt de la multisensorialité dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture dans le cadre de la déficience intellectuelle et ouvrent donc des perspectives sur la prise en charge de cette dernière en orthophonie.

---

**MOTS-CLES**

déficience intellectuelle, entraînement multisensoriel, auditif, visuel, haptique, entraînement phonologique, connaissance des lettres.

---

**MEMBRES DU JURY**

Gorlier Christel  
Théron Béatrice  
Witko Agnès

---

**MAITRE DE MEMOIRE**

Mme Labat Hélène  
Mr Ecalle Jean

---

**DATE DE SOUTENANCE**

25 Juin 2015