

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophonie
présenté par :

**Noémie CAOUISSIN
Lucie LEMARCHAND**

soutenu publiquement en juin 2015 :

Élaboration d'une Batterie Courte d'Évaluation de la Séquentialité chez des enfants de CE2

Passations auprès de 101 enfants tout-venant et de 3 enfants porteurs d'un trouble
développemental spécifique (études de cas)

MEMOIRE dirigé par :

Annie MANSY-DANNAY, Maître de conférences en psychologie Université de Lille II

Remerciements

Nous tenons à remercier Madame Mansy, notre maître de mémoire, pour nous avoir permis de réaliser un tel travail, pour sa disponibilité, ses conseils et remarques, mais aussi pour son soutien qui nous a été précieux. Nous sommes extrêmement fières d'avoir pu travailler sous sa direction.

Nous remercions également Monsieur Guerrien, Professeur des universités en Psychologie à Lille 3, pour l'aide qu'il nous a apportée dans le traitement statistique de nos résultats, et pour tout l'intérêt qu'il a porté à notre mémoire.

Aussi, nous remercions les Inspecteurs de l'Éducation Nationale, les directeurs d'établissement et les enseignants de CE2 nous ayant permis de réaliser les évaluations auprès des enfants tout-venants.

Nous remercions aussi vivement nos maîtres de stages et nos cadres référents, pour la formation qu'ils nous ont apportée, pour leur soutien et pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre étude des capacités séquentielles et de la mémoire de l'ordre. Nous les remercions aussi pour leur participation.

Nous remercions tous les enfants qui ont participé à notre projet.

Enfin, nous remercions toutes les personnes de notre entourage qui nous ont soutenues durant cette année.

Résumé :

Ce mémoire traite de la séquentialité, de la mémoire de l'ordre et du lien aujourd'hui démontré avec le développement du langage. La séquentialité est un concept de plus en plus étudié, qui intervient dans la motricité, la musique, l'articulation, la parole, le langage, le dénombrement, la planification et autres activités humaines. L'entraînement séquentiel présente un intérêt certain dans la pratique orthophonique selon de récents travaux. Des bénéfices ont été observés aussi bien chez les enfants tout-venant que chez les enfants dysphasiques, dyslexiques, dyscalculiques ou présentant une déficience intellectuelle. Cependant, il n'existe pas d'outil standardisé ayant pour but de mettre en évidence des difficultés séquentielles.

Ainsi, nous avons entrepris la création d'un outil d'évaluation qui se veut complet, spécifique à la séquentialité et utilisable dans la pratique orthophonique.

Nous avons également élaboré un système de cotation propre à la séquentialité en prenant en compte l'ordre relatif d'une séquence et les types et nombres d'erreurs séquentielles.

La passation de la Batterie Courte d'Évaluation de la Séquentialité a été réalisée, en vue d'une normalisation, auprès de 101 enfants de CE2. Aussi avons-nous entrepris une étude de cas de 3 enfants porteurs d'un trouble spécifique développemental : dyscalculique, dyslexique et dysphasique, pour lesquels nous avons pu observer des difficultés séquentielles.

Mots-clés :

Séquentialité – Mémoire de l'ordre – Évaluation – Normalisation – Trouble spécifique développemental.

Abstract :

This report deals with sequential treatment, memory for serial order and how those two are linked to language development but also numerical development and motor function development. Indeed, sequentiality is a concept which has an impact on motor skills, music skills, enunciation, language, numerical skills, planning and other human activities. Recent studies show the positive effects of a sequential training in speech therapies. As a matter of fact, the benefits of such practice have been noticed with children who have a disorder such as dyslexia, dysphasia, dyscalculia, deficiency but also with children who don't have any trouble. However, nowadays, there isn't any tool to highlight sequentiality trouble. Therefore, we have created an assessment tool with a specific notation system which takes under account serial-order and sequential errors. This test could be used by speech therapist.

The execution of the "Batterie Courte d'Evaluation de la Séquentialité" (The Short Assessment Set of Sequentiality) was executed, in order to make a standardization, on 101 third grade children aged between 8 and 9. We have also done a case study by assessing 3 children with dyscalculia, dyslexia and dysphasia. It appears that those children had more sequential difficulties.

Keywords :

Sequentiality - Memory for serial-order - Test - Standardization - Specific Developmental Disorder.

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	3
1. La séquentialité.....	4
1.1. Définition.....	4
1.1.1. La nature des constituants.....	4
1.1.2. Le nombre des constituants.....	4
1.1.3. L'ordre des constituants.....	4
1.1.4. L'organisation temporelle des constituants.....	4
1.1.4.1. Le tempo.....	5
1.1.4.2. La structure rythmique.....	5
1.2. Le traitement séquentiel des informations.....	5
1.3. La séquentialité dans différents domaines.....	5
1.3.1. Séquentialité et motricité.....	5
1.3.2. Séquentialité et langage oral.....	6
1.3.3. Séquentialité et langage écrit.....	6
1.3.4. Séquentialité et dénombrement.....	7
1.3.5. Séquentialité dans d'autres domaines.....	8
1.4. Le programme moteur.....	8
1.4.1. Définition.....	8
1.4.2. L'organisation séquentielle du programme moteur.....	9
1.4.2.1. Les deux niveaux de programmation séquentielle.....	9
1.4.2.2. Le cas particulier du langage.....	9
2. La mémoire à court terme et la rétention de l'ordre sériel.....	10
2.1. La mémoire à court terme.....	10
2.1.1. Définition et caractéristiques de la mémoire à court terme.....	10
2.1.2. Le modèle de Baddeley et Hitch (1974).....	11
2.1.2.1. La mémoire de travail.....	11
2.1.2.2. La boucle phonologique.....	11
2.1.3. Mémoire à court terme et connaissances langagières.....	12
2.1.4. Mémoire à court terme et capacités attentionnelles.....	13
2.2. La rétention de l'ordre.....	14
2.2.1. Information «item» et information «ordre sériel».....	14
2.2.1.1. Distinction des informations «item» et «ordre sériel».....	14
2.2.1.2. Processus de rétention des informations «item» et «ordre sériel».....	14
2.2.2. Évolution des modèles théoriques.....	15
2.2.3. Modèle de Majerus (2010a).....	16
2.2.4. Travaux actuels sur la rétention de l'ordre.....	17
3. Évaluation et rééducation de la séquentialité.....	18
3.1. Principes généraux de l'évaluation et erreurs séquentielles.....	18
3.1.1. Principes généraux de l'évaluation.....	18
3.1.1.1. La validité.....	18
3.1.1.2. La fiabilité/fidélité.....	19
3.1.1.3. La sensibilité.....	19
3.1.1.4. La standardisation.....	19
3.1.2. Les différentes erreurs séquentielles à évaluer.....	19
3.1.2.1. Les omissions.....	20
3.1.2.2. Les ajouts.....	20
3.1.2.3. Les interversions.....	20
3.1.2.4. Les substitutions.....	20
3.1.2.5. Les anticipations.....	20

3.1.2.6. Les persévérations.....	20
3.1.2.7. Les résurgences.....	21
3.2. La rééducation de la séquentialité.....	21
3.2.1. Intérêt de la rééducation des capacités séquentielles.....	21
3.2.2. Intérêt de l'évaluation de la séquentialité.....	21
3.2.3. La séquentialité et le développement du vocabulaire.....	22
3.3. Séquentialité et orthophonie.....	23
3.3.1. Séquentialité et dyslexie.....	23
3.3.2. Séquentialité et dysphasie.....	24
3.3.3. Séquentialité et dyscalculie.....	25
4. Buts et Hypothèses.....	26
4.1. Problématique.....	26
4.2. Cadre théorique pour notre travail.....	26
4.3. Objectifs.....	26
4.4. Hypothèses.....	27
Sujets, matériel et méthode.....	28
1. Participants.....	29
1.1. Recherche des sujets, recrutement.....	29
1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion.....	30
1.3. Caractéristiques de la population (âge, sexe, école.....)	31
2. Élaboration de la batterie courte.....	32
2.1. Étude des travaux antérieurs.....	32
2.2. Contexte de référence de notre travail.....	33
2.3. Sélection des épreuves.....	34
2.4. Principes généraux de notre batterie.....	35
2.4.1. Matériel.....	35
2.4.2. Ordre.....	36
2.4.3. Système de cotation général.....	36
2.5. Présentation des épreuves – création et cotation spécifique.....	38
2.6. Passations tests.....	48
3. Méthodologie.....	49
3.1. Vérification de la normalité de la population.....	49
3.1.1. Le coefficient d'asymétrie (Skewness).....	49
3.1.2. Le coefficient d'aplatissement (Kurtosis).....	50
3.2. Élaboration des catégories normalisées.....	50
3.3. Création de domaines.....	52
3.4. Études des corrélations.....	53
Résultats.....	56
1. Résultats des participants tout-venant.....	57
1.1. Rappel des caractéristiques générales des participants.....	57
1.2. Comportements généraux durant les passations.....	57
1.3. Difficultés rencontrées dans les lieux de passation.....	57
1.4. Résultats quantitatifs des enfants tout-venant.....	58
1.5. Résultats qualitatifs aux différentes épreuves.....	59
2. Études des corrélations entre les résultats des différentes épreuves.....	62
2.1. Étude des corrélations inter-épreuves.....	62
2.2. Étude des corrélations inter-domaines.....	64
2.3. Étude des corrélations intra-domaines.....	64
2.4. Résultats aux épreuves préalables.....	65
2.4.1. Étude des résultats aux empanns classiques.....	65
2.4.2. Corrélations des empanns.....	66
2.4.3. Corrélations empanns vs épreuves séquentielles.....	66

2.5.Résultats en fonction du nombre et des types d'erreurs séquentielles.....	67
2.5.1.Corrélations entre les types d'erreurs séquentielles.....	67
2.5.2.Corrélations erreurs séquentielles/empans.....	68
3.Résultats des enfants porteurs d'un trouble spécifique.....	70
3.1.Résultats quantitatifs.....	70
3.1.1.Marie (dyscalculique).....	70
3.1.2.Oriane (dysphasique).....	70
3.1.3.Sébastien (dyslexique).....	71
3.2.Résultats qualitatifs.....	71
3.2.1.Marie (dyscalculique).....	71
3.2.2.Oriane (dysphasique).....	73
3.2.3.Sébastien (dyslexique).....	75
Discussion.....	77
1.Synthèse des principaux résultats.....	78
2.Interprétation et discussion des principaux résultats.....	79
2.1.Le développement séquentiel.....	79
2.1.1.Généralités.....	79
2.1.2.En fonction des domaines.....	79
2.1.3.En fonction du type de réponses.....	80
2.2.La pertinence de la sélection des épreuves.....	80
2.3.Le rythme et la séquentialité.....	81
2.4.Les empans et la séquentialité.....	81
2.4.1.La BALE : origine des épreuves préalables.....	81
2.4.2.Empans et erreurs séquentielles.....	83
2.4.3.Empans et épreuves séquentielles.....	83
2.4.4.Remarques sur les différents scores d'empans.....	84
2.4.5.L'intérêt de la cotation en ordre relatif.....	84
2.5.Interprétation des résultats des enfants dyscalculique, dyslexique et dysphasique.....	85
3.Problèmes rencontrés et critiques méthodologiques du travail.....	86
3.1.Au niveau de l'étude théorique des données antérieures.....	86
3.2.Au niveau du recrutement de la population.....	86
3.3.Au niveau de la création de la batterie.....	87
3.3.1.Sélection des épreuves.....	87
3.3.2.Création des épreuves.....	87
3.3.3.Agencement des épreuves.....	88
3.3.4.Élaboration des consignes.....	88
3.3.5.Choix du matériel.....	88
3.3.6.Au niveau des passations.....	88
3.4.Au niveau du système de cotation.....	89
3.5.Au niveau des essais de normalisation.....	89
4.Perspectives.....	90
4.1.Modifications à apporter.....	90
4.2.Perspectives générales.....	91
5.Intérêts orthophoniques de notre travail.....	92
6.Apports personnels.....	93
Conclusion.....	95
Bibliographie.....	97
Liste des annexes.....	103
Annexe n°1 : Courrier aux IEN.....	A3
Annexe n°2 : Autorisation parentale.....	A4

<u>Annexe n°3 : Tableau de sélection des épreuves.....</u>	<u>A5</u>
<u>Annexe n°4 : Matériel nécessaire à l'utilisation de la Batterie Courte d'Évaluation de la Séquentialité.....</u>	<u>A15</u>
<u>Annexe n°5 : Livret de passation.....</u>	<u>A17</u>
<u>Annexe n°6 : Tableau de présentation des épreuves et des compétences sollicitées.....</u>	<u>A27</u>
<u>Annexe n°7 : Coefficients d'asymétrie et d'aplatissement</u>	<u>A31</u>
<u>Annexe n°8 : Création de catégories normalisées.....</u>	<u>A32</u>
<u>Annexe n°9 : Tableau des scores bruts des enfants tout-venant.....</u>	<u>A33</u>
<u>Annexe n°10 : Matrice de corrélations inter-épreuves.....</u>	<u>A34</u>
<u>Annexe n°11 : Matrice de corrélations inter-domaines.....</u>	<u>A35</u>
<u>Annexe n°12 : Matrice de corrélations intra-domaines.....</u>	<u>A36</u>
<u>Annexe n°13 : Matrice de corrélations des empans.....</u>	<u>A37</u>
<u>Annexe n°14 : Matrice de corrélations empans VS épreuves.....</u>	<u>A38</u>
<u>Annexe n°15 : Matrice de corrélations des types d'erreurs séquentielles.....</u>	<u>A39</u>
<u>Annexe n°16 : Matrice de corrélations des empans VS erreurs séquentielles....</u>	<u>A40</u>
<u>Annexe n°17 : Scores bruts des enfants dyscalculique, dyslexique et dysphasique</u>	<u>A41</u>

Introduction

De récentes études se sont intéressées et continuent de s'intéresser à la mémoire de l'ordre (Hurlstone et al., 2014, Majerus et al., 2008, Majerus, 2010a). Les auteurs cherchent notamment à prouver l'incidence des capacités séquentielles et de la mémoire de l'ordre dans le développement du langage et des compétences mathématiques, chez les enfants tout-venant, mais aussi dans les troubles spécifiques développementaux (dyscalculie, Attout et al., 2014). Il existerait des difficultés de traitement de l'ordre et de la séquentialité chez ces enfants. Ainsi, la séquentialité est une problématique de recherche actuelle.

De précédents mémoires d'orthophonie ont étudié l'intérêt que revêt un travail de la séquentialité chez des enfants tout-venant (Coevoet et De Coatpont, 2001), chez des enfants dysphasiques (Champdoyseau et Juston, 2003 ; Delos, 2012), chez des enfants dyslexiques (Champdoyseau et Juston, 2003 ; Martin 2010; Marquet 2011) ou encore chez des enfants présentant une déficience intellectuelle (Balu-Onfray et Caze-Blanc, 2005). D'autres mémoires ont traité de l'évaluation chez des enfants de CE2 (Mahieux et Outrebon, 2007) et chez des enfants dyslexiques de 8 à 12 ans (Maatouk et Dufour, 2010).

Il n'existe cependant pas d'outil standardisé évaluant la séquentialité et la mémoire de l'ordre, ni de norme sur le développement de la séquentialité chez l'enfant. Aucun consensus sur l'évaluation séquentielle, ni sur le système de notation, permettant de comparer scientifiquement les résultats n'est établi. Ainsi, avons-nous décidé de créer un tel outil d'évaluation : une batterie courte d'évaluation des capacités séquentielles. Nous sommes parties des travaux précédents de Mahieux et Outrebon (2007), Maatouk et Dufour (2010), Marquet (2011) et Delos (2012) qui ont mis en place des protocoles d'évaluation séquentielle.

Dans une première partie, nous présenterons le contexte théorique de notre travail en exposant les notions relatives à la séquentialité et à la mémoire de l'ordre. Nous étudierons les principes généraux de l'évaluation et nous ferons le point sur les études actuelles s'intéressant aux troubles de la séquentialité et au traitement de l'ordre. Puis, nous présenterons nos buts et hypothèses. Dans une deuxième partie, nous présenterons le cadre de l'expérimentation, la population évaluée et le détail de la création de notre batterie. Nous rendrons alors compte de nos résultats dans une troisième partie, que nous interpréterons et discuterons dans la quatrième partie. Aussi, proposerons-nous des critiques et des perspectives à notre travail.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. La séquentialité

1.1. Définition

La séquentialité intervient dans l'ensemble des activités humaines, comme le langage, la motricité et la musique. Ces activités sont permises suite à la mise en séquence d'unités. Une séquence se définit comme un ensemble d'unités traitées successivement.

Semjen (1994) ajoute quatre notions fondamentales définissant une séquence : la nature, le nombre, l'ordre et l'organisation temporelle de ses constituants.

1.1.1. La nature des constituants

Les constituants, ou unités d'une séquence, peuvent être de natures diverses selon le domaine concerné. Dans le domaine de la motricité, par exemple, il pourra s'agir de mouvements de différentes parties du corps ou de praxies dont les praxies bucco-linguo-faciales. Dans le domaine du langage, il s'agira de phonèmes, de syllabes, de mots ou de phrases. Mais aussi gestes, symboles, notes de musique.

1.1.2. Le nombre des constituants

Un minimum de deux éléments est nécessaire à la constitution d'une séquence. Le maximum varie selon l'individu et ses capacités en mémoire à court terme. C'est effectivement l'empan mnésique de capacité de rétention d'un matériel linguistique qui limite le nombre d'unités constituant la séquence.

En revanche, dans le domaine de la motricité, on peut observer un allongement de la séquence lorsque les constituants sont des mouvements programmables à l'avance. Ceux-ci sont alors regroupés sous forme de « chunks » (Hauert, 1996) et permettent de traiter davantage de constituants.

1.1.3. L'ordre des constituants

L'ordre impose une succession irréversible des unités de la séquence. Une séquence tient toujours compte de l'ordre d'apparition des unités qui la composent, lequel doit impérativement être respecté.

1.1.4. L'organisation temporelle des constituants

La séquence se déroule selon une chronologie qui dépend de l'ordre d'apparition des constituants. Elle respecte une durée, laquelle varie selon le tempo et la structure rythmique de la séquence : il s'agit de l'organisation temporelle.

1.1.4.1. Le tempo

Le tempo correspond à la vitesse de réalisation de la séquence et peut être modulé.

1.1.4.2. La structure rythmique

Le rythme désigne l'ordre et la proportion des durées qui séparent les constituants de la séquence. Ces durées peuvent être longues ou brèves. La structure rythmique est donc caractérisée par des temps de latence plus ou moins importants entre les constituants.

1.2. Le traitement séquentiel des informations

D'après Dominey (2000), tous les actes, gestes et pensées s'inscrivent dans une séquence. La gestion des séquences permettrait l'apprentissage de la motricité, du langage, de la musique, etc. Nous traiterions selon lui les informations simultanément, mais ce traitement suivrait nécessairement une séquence temporelle.

Pour Naglieri et Das (2003), le processus séquentiel est impliqué dans l'intégration d'informations présentées dans un ordre sériel particulier. Il intervient dès que cette information doit être rappelée ou complétée dans un ordre spécifique.

1.3. La séquentialité dans différents domaines

Nous développerons ici les domaines intéressant l'élaboration de nos épreuves, constituant notre batterie d'évaluation de la séquentialité ; plus particulièrement les domaines moteur, du langage oral et du langage écrit ainsi que du dénombrement.

1.3.1. Séquentialité et motricité

Toute activité motrice correspond à une séquence de mouvements coordonnés. La réalisation d'un geste nécessite une organisation des différents mouvements entre eux. Ainsi le nombre des mouvements à réaliser, l'ordre ou l'agencement de ceux-ci les uns par rapport aux autres, et le rythme d'exécution de ces mouvements définissent bien une séquence motrice.

Notons que l'ensemble des productions humaines nécessite une représentation motrice, y compris les productions langagières orales qui sont effectuées à partir d'une séquence de gestes phonatoires et articulatoires, la lecture par les saccades oculaires (oculo-motricité) et l'écriture à travers les gestes graphiques à réaliser.

1.3.2. Séquentialité et langage oral

La production orale verbale constitue une séquence par la mise en ordre des phonèmes, des syllabes et des mots pour exprimer la pensée ; il s'agit d'une production séquentielle.

Martinet (1960) définit le langage comme étant constitué de deux niveaux d'articulation s'agencant l'un en fonction de l'autre : c'est le principe de co-articulation du niveau des phonèmes et du niveau des monèmes. Le choix des phonèmes, de leur nombre et de leur intégration sérielle peut permettre de former une multitude de monèmes ; de même que le choix des monèmes, de leur nombre et de leur intégration sérielle permettra de former des syntagmes pour exprimer la pensée. La première et la deuxième articulation du langage sont ainsi séquentielles.

Semjen (1994) observe que les éléments d'un niveau donné sont programmés comme constitutifs d'unités hiérarchiquement plus élevées. Par exemple, les praxies-bucco-linguo-faciales s'organisent comme constituants de l'articulation des phonèmes, les phonèmes pour les syllabes, les syllabes pour les mots et les mots organisés dans des phrases, pour traduire et élaborer la pensée.

Saussure (1967), lui, a mis en évidence les deux axes indissociables du signe linguistique. L'axe paradigmatique, du choix des monèmes, et l'axe syntagmatique en lien avec la double articulation du langage décrite par Martinet, qui s'organise en une succession d'unités linguistiques dont l'ordre est imposé par la langue. Il possède ainsi un caractère linéaire dont l'ordre est relatif à la catégorie grammaticale des constituants (ou unités linguistiques). C'est sur l'axe syntagmatique que surviendront les erreurs typiquement séquentielles comme l'omission, l'haplogie (omission d'une syllabe au milieu d'un mot) ou l'interversion selon Rossi (2001). L'insertion ou la substitution pouvant être des erreurs syntagmatiques ou paradigmatiques.

Tran (2001) a proposé une définition de l'erreur de performance dans la parole, qui serait une transformation non intentionnelle de la parole pouvant concerner une ou plusieurs unités de langue. Elle peut toucher l'un des deux axes du langage et peut se manifester au niveau du phonème, de la syllabe ou du mot dans la phrase. Aussi, les erreurs dont les lapsus d'origine syntagmatique reflètent typiquement, d'après Rossi (2001), le caractère séquentiel de la production de langage.

1.3.3. Séquentialité et langage écrit

Le langage écrit répond aux mêmes règles que le langage oral. Il est également séquentiel : la phrase transcrite à l'écrit constitue une séquence composée d'un certain nombre d'unités agencées selon un ordre imposé par la langue. L'ordre d'apparition des graphèmes, puis des syllabes et des mots ne peut être modifié sans altérer le message ; toutes les unités constituant la séquence doivent être présentes et ne peuvent aucunement être omises, substituées, ou inversées. Toute production d'erreur séquentielle risque de compromettre l'accès à la signification du message.

Aussi, la séquentialité joue un rôle primordial dans le développement de la conscience phonologique et du développement de la voie d'assemblage, lors de l'apprentissage de la lecture.

1.3.4. Séquentialité et dénombrement

Le dénombrement est un processus de quantification précise permettant de développer le concept de nombre et d'attribuer des valeurs numériques à des collections, pour en faire des comparaisons. C'est un processus qui requiert la synchronisation de deux séquences, le pointage moteur ou mental et une énonciation orale ou mentale de la chaîne numérique, nécessitant de surcroît la mémorisation des éléments comptés. La perception du rythme et du temps constitue un pré-requis au développement du dénombrement. Le développement des capacités de dénombrement est graduel, séquentiel et lent (Wynn, 1992). On distingue le dénombrement du subitizing, où l'enfant apprend à nommer ; c'est un système perceptif, rapide et sûr qui consiste en l'appréhension immédiate d'une petite quantité.

L'élaboration de la chaîne numérique verbale est nécessaire au développement du dénombrement et à l'acquisition du nombre. Elle repose sur une syntaxe, dans laquelle le respect de l'ordre des éléments est indispensable. Elle s'élabore en cinq niveaux : la récitation du « chapelet », de la chaîne insécable lorsque l'enfant ne peut réciter qu'à partir du début de la séquence, de la chaîne sécable, de la chaîne numérique et enfin de la chaîne bidirectionnelle. Il s'agit d'un apprentissage séquentiel.

Gelman et Gallistel (1978) évoquent le principe de l'ordre stable du dénombrement, puisque la suite numérique constitue une liste fixe et ordonnée. Il explique que l'ordre de comptage des éléments, lui, n'a aucune incidence sur le cardinal de la collection (principe de non pertinence de l'ordre). C'est-à-dire que,

dans la mesure où l'individu ne commet ni omission ni ajout, le nombre correspondant au cardinal de la collection restera exact, que l'enfant pointe et compte les éléments de façon organisée ou aléatoire.

Au cours de l'acquisition du nombre, se développent également les capacités de sériation, relatives au nombre ordinal, soit à la relation d'ordre des éléments. Ainsi, selon Gelman et Gallistel (1978), le dénombrement d'une collection ne requiert pas le respect de l'ordre de comptage, mais l'étude d'Attout et al. (2014) précise que de bonnes performances de rétention de l'ordre sériel, par opposition aux tâches de rétention simple des items, prédisent de bonnes performances numériques et de calcul.

Notons qu'un nombre est une séquence de chiffres dont les éléments et l'ordre respectent une rigueur. Il est indispensable de préserver l'ordre de cette séquence-ci : en effet, « 184 » et « 148 » ne sont pas équivalents. Un déficit séquentiel, de la mémoire de « l'ordre » entraînera nécessairement d'importantes difficultés dans l'acquisition des compétences numériques et mathématiques.

1.3.5. Séquentialité dans d'autres domaines

La séquentialité intervient dans toutes les activités humaines dont la musique, le graphisme et toutes les activités nécessitant l'intervention des fonctions exécutives, c'est-à-dire les situations nouvelles ou complexes.

1.4. Le programme moteur

Les activités humaines nécessiteraient toujours une mise en séquences et, l'ensemble des productions, qu'elles soient langagières ou non, dépend également d'une réalisation motrice. Afin d'essayer d'analyser la réalisation de toute production, Semjen (1994) a développé le concept de « programme moteur » et en a proposé une définition.

1.4.1. Définition

Il définit le programme moteur comme la représentation d'une structure d'objectifs (spatiaux, acoustiques, temporels...) et de moyens développés en vue de la réalisation d'une intention ; et comme capable de transmettre un certain mode de fonctionnement au système moteur. Selon lui, il serait élaboré à l'avance, stocké temporairement en mémoire de travail jusqu'à sa réalisation. Shaffer (1984, cité par Semjen, 1994, page 50), conçoit le programme moteur comme « un ensemble d'informations engendrées dans un contexte et stockées à court terme ». L'empan du

programme moteur serait donc limité et nécessiterait ainsi sa réalisation proche. Pour Semjen (1994), il pourrait aussi être révisé rapidement pour permettre la fluidité et la flexibilité des conduites motrices.

Dans le concept de programme moteur, Semjen (1994) distingue la détermination de la structure des buts et des moyens, et l'exécution motrice. Le programme moteur serait la représentation des buts et des moyens de parvenir à l'exécution motrice.

Aussi, la programmation motrice regrouperait deux composantes : l'organisation séquentielle et l'organisation temporelle. Celle-ci correspondrait à une organisation cognitive du temps, se manifestant sous la forme de tempo et de structure rythmique.

Nous développerons ici la première composante du programme moteur.

1.4.2. L'organisation séquentielle du programme moteur

1.4.2.1. Les deux niveaux de programmation séquentielle

La programmation séquentielle nécessiterait, selon la théorie modulariste de Keel et al. (1995), l'intervention de deux modules. Le premier module contiendrait des séquences stockées sous la forme de collections ordonnées d'outils abstraits et indépendants de tout effecteur. Il permettrait le calcul des localisations successives des mouvements. Le deuxième module interviendrait lors de l'exécution de la séquence motrice par les effecteurs et les structures coordinatrices.

Selon cette théorie et selon Margolin (1984), il existerait un « buffer orthographique », dans le domaine de l'écriture, qui constituerait le premier module. C'est lui qui préciserait l'ordre sériel des graphèmes et qui serait alors à la base de toute exécution motrice (digitale ou frappe dactylographique).

Cette conception sous-tend l'intervention d'une certaine activité cognitive lors d'une activité motrice, plus particulièrement de la programmation motrice.

1.4.2.2. Le cas particulier du langage

La parole suppose la programmation d'une séquence de mouvements phonatoires et de praxies bucco-linguo-faciales, nécessitant une certaine précision pour que la succession des sons prenne sens. Diverses contraintes peuvent survenir dans la réalisation motrice du son, comme le fait de parler la bouche pleine, ou de porter un appareil dentaire, par exemple. Il y a alors une réorganisation rapide des mouvements permettant de conserver les caractères pertinents du son.

2. La mémoire à court terme et la rétention de l'ordre sériel

Brin-Henry et al. (2011, page 171) définissent la mémoire comme «la capacité d'un organisme à assimiler, conserver et redonner des informations». La mémoire est donc une capacité intervenant dans toutes nos productions. Différents types de mémoires ayant chacune leur fonction peuvent être distinguées : la mémoire sensorielle (perception), la mémoire à court terme et la mémoire à long terme, elle-même constituée de différentes composantes.

La séquentialité correspond à la mise en activité de la mémorisation de l'ordre des éléments. Quels processus sont au service de la mémorisation de l'ordre ?

Nous nous intéresserons particulièrement à la rétention de l'ordre sériel dans les tâches de mémoire à court terme.

2.1. La mémoire à court terme

2.1.1. Définition et caractéristiques de la mémoire à court terme

La mémoire à court terme intervient après le transfert d'informations provenant de la mémoire sensorielle. Elle permettrait le traitement de l'information pendant son stockage même. Sa capacité serait d'environ 5 à 9 éléments (7 plus ou moins 2 éléments) et le maintien de l'information en mémoire à court terme serait limité à quelques secondes. Il existe inévitablement des variations interindividuelles et des variations dépendant du type d'information, des caractéristiques d'encodage et des caractéristiques de rappel de l'information. D'après Brin-Henry et al. (2011), la mémoire à court terme serait le support de la mémoire de travail, que l'on mesure par l'empan mnésique. Elle serait impliquée dans de nombreux processus dont le processus de lecture dans lequel elle jouerait un rôle essentiel car elle serait à l'origine des processus de compréhension.

La rétention de l'information en mémoire à court terme nécessite la mise en place de stratégies, comme la récapitulation articulatoire, qui permet le rafraîchissement de l'information, avant le traitement et le stockage de l'information en mémoire à long terme et/ou sa restitution. Versace (2002) indique que la mémoire à court terme ne serait qu'une partie activée de la mémoire à long terme à un moment donné.

Les premières études sur le stockage temporaire d'informations verbales avaient comme objectif de mettre en évidence la spécificité de la mémoire à court terme par rapport à la mémoire à long terme. Cette approche a permis de délimiter la mémoire à court terme des autres systèmes cognitifs, ainsi que la conception du modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974) considéré comme «un des modèles de la mémoire à court terme les plus influents jusqu'à aujourd'hui» (Majerus, 2008, page 328). En effet, la distinction entre mémoire à court terme et mémoire de travail ne semble plus pertinente actuellement et de nombreux auteurs parlent de mémoire à court terme pour toutes les tâches d'empan.

2.1.2. Le modèle de Baddeley et Hitch (1974)

2.1.2.1. La mémoire de travail

Semjen (1994) accorde un rôle fondamental à la mémoire de travail dans la planification et le contrôle de l'action. Il apparaît donc indispensable de la définir.

Suite à une série d'expériences, Baddeley et Hitch (1974), sont amenés à dissocier la mémoire à court terme de la mémoire de travail. Le concept de mémoire de travail élaboré par Baddeley et Hitch est communément défini comme un système de capacité limitée assurant le stockage temporaire et la manipulation des informations pendant la réalisation de tâches cognitives complexes diverses (Majerus et Van der Linden, 2001).

Baddeley et Hitch (1974) ont proposé une modélisation de la mémoire de travail. La mémoire de travail y est représentée comme un système à trois composantes : un administrateur central amodal (ou centre exécutif) de capacité limitée assurant le traitement, aidé par deux systèmes périphériques «esclaves», la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, responsables du maintien temporaire des informations verbales et visuelles (Seigneuric et al., 2001). En 2000, Baddeley ajoute à ce modèle de base un quatrième composant : un buffer épisodique permettant de relier des informations venant des systèmes esclaves et de la mémoire à long terme pour former une trace épisodique temporaire. Ainsi, le buffer épisodique est un système à capacité limitée permettant le stockage temporaire d'informations multimodales (Majerus et Van der Linden, 2001).

2.1.2.2. La boucle phonologique

L'empan de chiffres passe de 3 éléments à 4 ans à 6 éléments à 15 ans et atteint son maximum vers 20 ans. L'empan de mots est généralement inférieur à

l'empan de chiffres. Il passe de 2 éléments à 4 ans à 4 éléments à 15 ans (Gathercole, 2002, cité par Majerus, 2010a). Traditionnellement, l'augmentation de l'empan est interprétée comme reflétant l'accroissement des capacités d'un système spécifique de la mémoire à court terme verbale : la boucle phonologique (Baddeley, 1986, cité par Majerus, 2010a).

Majerus et Van der Linden (2001) définissent la boucle phonologique comme un système qui a pour fonction principale le stockage temporaire des informations à support verbal. Elle est constituée de deux composantes : un stock phonologique qui reçoit obligatoirement l'information verbale présentée auditivement et qui assure son stockage pendant environ deux secondes ; et un mécanisme de récapitulation articulaire qui permet le rafraîchissement de l'information en la réintroduisant dans le stock phonologique, mais aussi, le transfert de l'information verbale présentée visuellement vers le système de stockage phonologique. Selon Poncelet et al. (2001), un déficit de la boucle phonologique peut être mis en évidence par des performances fortement réduites en empan de chiffres et de mots.

Pendant longtemps, la boucle phonologique a été considérée comme indépendante du système langagier, or, les connaissances langagières déterminent la quantité de mots correctement rappelés dans les tâches de mémoire à court terme verbale.

De plus en plus d'études montrent que les performances aux tâches d'empan peuvent s'expliquer par des facteurs généraux tels que le système langagier ou les capacités attentionnelles et ne dépendent donc pas uniquement de l'intervention d'un système hypothétique de mémoire à court terme (Majerus, 2010a).

2.1.3. Mémoire à court terme et connaissances langagières

Majerus (2008) met en avant différentes études démontrant l'intervention des connaissances langagières dans les tâches de mémoire à court terme. Ce rôle des compétences langagières serait une propriété fondamentale et obligatoire du stockage à court terme. En effet, l'existence de représentations langagières riches et facilement accessibles améliore le rappel sériel immédiat de stimuli verbaux chez l'adulte avec l'observation de différents effets (Majerus, 2008).

Parmi les effets langagiers, le plus important est l'effet de lexicalité (meilleur rappel des listes de mots par rapport aux listes de non-mots). Au niveau sous-lexical, l'effet phonotactique consiste en un meilleur rappel des non-mots contenant des phonèmes fréquemment associés que des non-mots contenant des phonèmes

rarement associés dans la structure phonologique du français. Au niveau lexicosémantique, des effets de fréquence lexicale, du degré d'imagerie et du voisinage phonologique ont été mis en évidence. Tous ces effets suggèrent l'activation des connaissances langagières lors des tâches de mémoire à court terme.

De plus, les effets de lexicalité seraient présents dès 4 ans (Brock et Jarold, 2004 ; Majerus et al., 2006a cités par Majerus, 2008). Les connaissances lexicales et sous-lexicales influencent les performances en mémoire à court terme durant le développement cognitif. Ces effets présentent une stabilité développementale (Majerus et Van der Linden, 2003, cité par Majerus 2008).

Ces données sont confirmées par les données en neuro-imagerie fonctionnelle qui montrent l'activation des régions sous-tendant le traitement langagier (régions temporales supérieures, moyennes et inférieures) lors de la réalisation de tâches de mémoire à court terme et lors de la phase de maintien alors même que les stimuli verbaux ne sont plus présents (Majerus, 2010a).

En somme, «les tâches de mémoire à court terme verbale sont avant tout des tâches langagières dépendant des mêmes substrats cognitifs et cérébraux que les processus langagiers.» (Majerus, 2010a, page 7)

2.1.4. Mémoire à court terme et capacités attentionnelles

Il est couramment admis que les tâches de mémorisation dites «actives» comme les doubles tâches et autres tâches nécessitant la manipulation de l'information stockée en mémoire à court terme font appel à des processus attentionnels. D'ailleurs, le modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974) postulait l'existence d'un système de supervision attentionnelle intervenant dans les tâches de mémoire de travail sans que celui-ci n'ait un rôle majeur dans les tâches d'empan classiques, ne nécessitant pas de manipulation de l'information. Cependant, des travaux récents montrent que même les tâches dites «passives» dans lesquelles l'information est seulement maintenue temporairement, font intervenir des processus attentionnels. Les résultats de Majerus et al. (2009a, cité par Majerus, 2010a), sur les relations entre mémoire à court terme verbale, attention et développement du vocabulaire, auprès d'enfants de 6 à 7 ans, suggèrent que l'attention sélective est un médiateur important des performances dans les tâches de mémoire à court terme. Des études chez l'adulte conduisent aux mêmes résultats (Todd et al., 2005, Fougny et Marois, 2007, cités par Majerus, 2010a). Les tâches de mémoire à court terme absorbent nos capacités attentionnelles de type «task-

related» : plus la tâche est difficile, plus nos capacités seront monopolisées par celle-ci et ainsi indisponibles pour le traitement d'une nouvelle information. Les données en neuro-imagerie fonctionnelle mettent en évidence des réseaux activés dans les tâches de mémoire à court terme. Il ressort qu'un même réseau, le réseau fronto-pariétal, s'active, que les tâches soient en lien avec la mémoire à court terme verbale ou avec la mémoire à court terme visuo-spatiale. Ces réseaux sont sensibles à la charge en mémoire à court terme : plus il y a d'éléments, plus l'activité est importante (Majerus, 2010a).

Les mémoires à court terme verbale et visuo-spatiale ont donc plus de processus en commun que postulé dans le modèle de la mémoire de travail qui distingue nettement ces deux fonctions de stockage. Ces processus en commun sont de nature attentionnelle et renvoient au concept de «task-related attention» exploré dans les études de Todd et al. (2005).

2.2. La rétention de l'ordre

2.2.1. Information «item» et information «ordre sériel»

2.2.1.1. Distinction des informations « item » et « ordre sériel »

Majerus (2008), afin d'explorer les liens entre la mémoire à court terme verbale et le traitement langagier, distingue deux types d'informations mémorisées lors des tâches de mémoire à court terme verbale (empans) : l'information «item», correspondant aux caractéristiques phonologiques et sémantiques des stimuli verbaux à mémoriser, et l'information «ordre sériel» correspondant à l'ordre séquentiel dans lequel les différents stimuli d'une liste ont été présentés. Majerus (2010a) précise que cette distinction entre information «item» et information «ordre sériel» est capitale pour une meilleure compréhension de la nature des processus sous-jacents aux tâches de mémoire à court terme verbale.

2.2.1.2. Processus de rétention des informations «item» et «ordre sériel»

Majerus (2008) décrit une série d'arguments puisés dans la littérature de la psychologie expérimentale, développementale, neuropsychologique et de la neuro-imagerie fonctionnelle qui suggèrent que la rétention de l'information «item» et de l'information «ordre sériel» dans les tâches de mémoire à court terme, dépendent de capacités et de substrats cérébraux distincts.

Nous avons vu que la mémoire à court terme et les représentations langagières étaient étroitement liées. Cependant, des études ont montré que les effets des connaissances langagières décrits ci-dessus sont plus importants pour le rappel de l'information «item» (mesuré par le nombre d'erreurs d'item : omission, paraphrasies, intrusions) que pour le rappel de l'information «ordre sériel» (mesuré par le nombre d'erreurs d'ordre : items de la liste rappelés dans des positions sérielles incorrectes). Il faut donc veiller à ne pas considérer que la mémoire à court terme verbale ne soit rien d'autre que l'activation temporaire de ces représentations. Il serait alors impossible de rendre compte de tous les aspects qui doivent être traités et stockés dans les tâches de mémoire à court terme.

Plus précisément, les travaux présentés par Majerus (2008), suggèrent que la mémoire à court terme pour l'information «item» verbale dépend de l'activation temporaire du système de représentations langagières et que la mémoire à court terme pour l'ordre sériel dépendrait d'un système spécialisé spécifique. D'après Majerus (2010a, page 9), «le traitement et le maintien de l'information «ordre sériel» s'effectuent via un système spécifique, encodant l'ordre sériel selon des codes temporels, contextuels, positionnels ou énergétiques.» Cependant, l'imagerie cérébrale ne permet pas de séparer nettement les deux systèmes car des capacités plus générales, activées à la fois dans les tâches de mémoire à court terme «item» et «ordre sériel» verbales et visuelles, semblent déterminer la mémoire à court terme «item» et la mémoire à court terme «ordre sériel». Ces capacités seraient de nature attentionnelle et amodale, permettant la focalisation des ressources attentionnelles sur les systèmes cognitifs pertinents en fonction d'une tâche (Majerus, 2008).

2.2.2. Évolution des modèles théoriques

Le modèle original de Baddeley et Hitch (1974) a toujours un impact important, notamment au niveau de la boucle phonologique. Cependant, face à toutes ces données, de nouveaux modèles théoriques de la mémoire à court terme ont vu le jour, mettant en recul le modèle initial de la boucle phonologique. Ces nouveaux modèles n'ignorent plus l'influence des connaissances langagières (phonologiques, lexicales et sémantiques) sur les performances de rappel dans les tâches de mémoire à court terme verbale. Cependant, les théories attentionnelles et celles s'intéressant au stockage de l'ordre sériel évoluent actuellement sur des recherches parallèles mais semblent ne pas se croiser : soit ces nouveaux modèles ne prévoient pas de mécanisme précis du traitement de l'ordre sériel, soit ils intègrent la

distinction entre information «item» et information «ordre sériel» mais sans tenir compte des facteurs attentionnels.

Cowan (1995 ; 1999, cité par Majerus, 2010a) met en avant le concept de focus attentionnel dans son modèle tout en prenant en compte le fait que la mémoire à court terme verbale résulte de l'activation temporaire des connaissances langagières. Pour lui, ce maintien des activations temporaires requiert des capacités attentionnelles dans ce qu'il qualifie de «foyer attentionnel». Ce foyer ne permettrait de maintenir qu'un nombre limité d'éléments (4 éléments). Cependant, dans ce modèle, aucun mécanisme explicite n'est prévu pour le traitement et le stockage de l'ordre sériel.

Ainsi, Majerus (2010a) indique la nécessité de création de nouveaux modèles théoriques de la mémoire à court terme. Ces modèles doivent intégrer des interactions avec le système langagier, des interactions avec les capacités attentionnelles et le traitement de l'ordre sériel.

De nombreuses données indiquent que les tâches d'empan (empan de chiffres, empan de mots), apparemment simples, mettent en jeu des processus cognitifs complexes, partiellement partagés avec d'autres fonctions cognitives.

2.2.3. Modèle de Majerus (2010a)

Majerus et al. (2009a ; Majerus, 2009, 2010b, cités par Majerus, 2010a) proposent un modèle à trois composantes de la mémoire à court terme. (voir figure 1 ci-dessous).

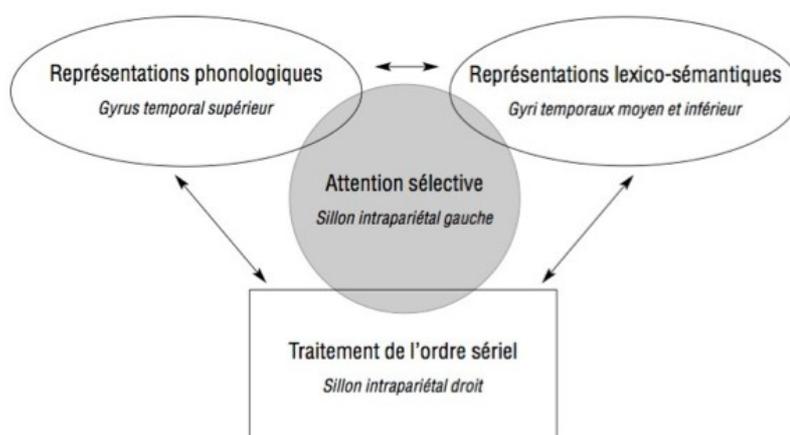


Figure 1 : Le modèle A-O-STM, Majerus, 2010a, page 10

Dans ce modèle, l'attention sélective a une place centrale ; elle interagit avec le système langagier pour l'encodage et le maintien de l'information « item» et avec un système assurant le traitement de l'ordre sériel. De plus, un lien bidirectionnel entre systèmes langagiers et traitement de l'ordre sériel permet de coupler chaque

item activé dans le système langagier avec sa position sérielle, encodée par le système de traitement de l'ordre sériel. Ce lien permet de rendre compte de l'importance des capacités de traitement de l'ordre sériel pour l'apprentissage de nouvelles séquences verbales. Lors de la présentation d'un nouveau mot, la nouvelle séquence de phonèmes est réactivée dans le système phonologique, conduisant progressivement à une représentation phonologique plus stable.

Majerus (2010a, page 11) précise que «la nature du code utilisé pour représenter l'information «ordre sériel» reste cependant encore non spécifiée et devra faire l'objet de recherches futures». Les capacités d'attention sélective permettent de maintenir dans le temps l'activation des informations «item» et «ordre sériel». Ainsi, l'attention peut être orientée et focalisée sur les systèmes langagiers (traitement de l'information «item») et le traitement de l'ordre sériel de façon équivalente, ou davantage sur l'un ou l'autre des deux systèmes, en fonction des exigences de la tâche.

Majerus (2010a) souhaite mettre en avant l'importance de la triade constituée du système langagier, de l'ordre sériel et de l'attention sélective comme principe de base à la mémorisation à court terme, d'où la présentation de son modèle théorique ci-dessus. Cependant, ce modèle fait abstraction d'un autre processus intervenant dans la mémorisation à court terme : il s'agit de la sensibilité à l'interférence.

Néanmoins, il est déjà évident de conclure qu'une simple tâche de mémoire à court terme, comme l'empan de chiffres ou de mots, ne met pas en jeu un système de stockage spécifique mais bien l'interaction de multiples systèmes : connaissances à long terme (langage) et systèmes exécutifs (contrôle attentionnel, interférence). Ainsi, la distinction entre tâches d'empan simples et tâches d'empan complexes (tâches de mise à jour, doubles tâches) est rendue assez artificielle.

2.2.4. Travaux actuels sur la rétention de l'ordre

Pour Majerus (2010a, page 12), «le domaine de recherche autour de la mémoire à court terme verbale est un domaine actuellement particulièrement dynamique».

Hurlstone et al. (2014) parlent du problème de l'ordre sériel comme l'un des plus complexes et des plus difficiles à appréhender en psychologie. Il s'intéresse au fonctionnement du stockage et de la récupération d'une nouvelle séquence d'items ordonnés. Plus particulièrement, il s'interroge sur la possibilité que ces principes de rétention de l'ordre en mémoire à court terme soient les mêmes dans le domaine

verbal et dans le domaine visuo-spatial. Des similarités mises en évidence amènent à penser l'existence d'un domaine général des principes d'ordre sériel. Hurlstone et al. (2014) nous montrent bien que le développement d'un modèle permettant la compréhension du système de rétention de l'ordre sériel est un questionnement très actuel et que l'étude de ce phénomène est importante en psychologie. Pour Hurlstone et al. (2014), il est temps de considérer si une intégration théorique plus large peut être réalisée en étendant les principes des modèles d'ordre sériel en rappel sériel immédiat à d'autres tâches mnésiques impliquant un output sériel, comme l'empan complexe et le rappel libre.

3. Évaluation et rééducation de la séquentialité

3.1. Principes généraux de l'évaluation et erreurs séquentielles

3.1.1. Principes généraux de l'évaluation

Réaliser une évaluation consiste à énoncer un jugement de valeur. Il y a une évaluation dès lors que l'on cherche à observer une réalité donnée pour en critiquer la valeur (Hadji, 1989). L'évaluation doit pouvoir qualitativement et quantitativement dégager des difficultés. Selon Rondal (2000), une procédure ou une tâche peut s'appeler test, lorsqu'elle permet la mesure de ce qu'elle étudie, qu'elle est valide, fiable et sensible. Le test se doit également d'être spécifique ; il ne doit pas décrire de trouble si le sujet n'en présente pas. Zazzo (1969, cité par Sockeel et Anceaux, 2002) considère qu'un test est une épreuve devant être strictement définie dans ses conditions d'application et dans son mode de notation, afin de permettre de situer un sujet par rapport à une population, elle-même définie. Un test doit être standardisé pour être le plus objectif possible.

3.1.1.1. La validité

C'est la qualité métrologique d'un test qui renvoie à un modèle théorique, selon laquelle celui-ci mesure bien ce qu'il est censé mesurer. Elle est dite empirique lorsque les résultats aux tests sont corrélés à ceux d'un autre test qui évalue le ou les même(s) concept(s). Elle est dite théorique lorsque la construction du test repose sur une structure théorique rigoureuse. La validation du test découle alors de nombreuses études théoriques, permettant d'exclure des erreurs d'interprétation. Aussi, la validité est fonction de la fidélité : un test peu fidèle ne peut être valide.

3.1.1.2. La fiabilité/fidélité

Elle décrit la constance des résultats au test par le même sujet. Un test est fiable si les mesures sont stables et s'il est reproductible. La fidélité assure que les résultats ne varient pas ou peu dans le temps, ni d'un examinateur à l'autre.

3.1.1.3. La sensibilité

Il s'agit de la capacité du test à réellement distinguer, aussi finement que possible, les sujets dont les performances s'éloignent de celles attendues pour l'aptitude mesurée. Un test sensible doit pouvoir différencier les sujets les uns par rapport aux autres. Il doit pouvoir détecter un trouble si le sujet en présente effectivement un. Il est possible d'améliorer la sensibilité d'un test en augmentant le nombre d'items, la variance de chaque item ou en modifiant ou supprimant un item après en avoir examiné la courbe de sensibilité.

3.1.1.4. La standardisation

La standardisation correspond au recours à l'étalonnage, au caractère fixe de sa présentation, de son administration et de sa correction. Elle permet l'obtention de normes à partir de résultats numériques. C'est pourquoi il convient de définir et d'uniformiser le matériel utilisé, les conditions de passation et les modalités de cotation. Pour que le résultat quantitatif ait du sens, il doit pouvoir être comparé à la distribution des performances d'un échantillon de sujets du même âge ou de la même classe d'âge.

3.1.2. Les différentes erreurs séquentielles à évaluer

Les erreurs séquentielles peuvent altérer les séquences de différentes natures, selon le domaine concerné. Nous pourrions observer des phénomènes d'omission, d'ajout, d'interversion, de substitution, d'anticipation, de persévération ou encore de résurgence. On remarquera que la présence d'une même unité à différents endroits d'une séquence pourra entraîner davantage d'erreurs séquentielles, lors de la restitution de la séquence, que dans une séquence où chaque unité n'apparaît qu'une seule fois (anticipations et persévérations ou résurgences, par exemple).

Aussi, l'existence d'erreurs séquentielles chez les sujets sains et les sujets porteurs d'un trouble comme l'aphasie, permet d'évoquer l'existence d'un contrôle central de la séquentialité.

3.1.2.1. Les omissions

Une omission consiste en l'oubli d'une unité de la séquence. Le respect du nombre de constituants n'est alors plus respecté. Par exemple, dans la parole ou en lecture, « casse » pour « classe » correspond à une omission.

3.1.2.2. Les ajouts

L'ajout atteint également le nombre de la séquence ; la présence de l'unité ajoutée ne pouvant pas être expliquée par le contexte, c'est-à-dire qu'elle ne reprend pas l'environnement. Par exemple, « tarble » pour « table » est un ajout alors que « talble » pour « table » n'en est pas un.

3.1.2.3. Les interversions

Il s'agit d'une erreur positionnelle dans la programmation, de la permutation de deux unités, comme « 265 » pour « 625 ».

3.1.2.4. Les substitutions

La substitution est une erreur de sélection d'une unité, qui se traduit par le remplacement d'une unité par une autre, comme /pon/ pour /bon/. Néanmoins l'unité de remplacement ne doit pas appartenir à l'ensemble de la production cible ; il s'agirait autrement d'une anticipation ou d'une persévération. La substitution atteint la nature d'un constituant de la séquence.

3.1.2.5. Les anticipations

C'est l'emploi prématuré d'une unité au sein d'une séquence. Par exemple « le /sa/ de Cécile » pour « le chat de Cécile ». Ici l'erreur séquentielle se situe au niveau de l'ordre lorsque la séquence a été planifiée mais non encore produite.

3.1.2.6. Les persévérations

Elles correspondent à la reprise abusive et immédiate d'un segment après son emploi normal dans la production, comme dans « alphalbet » pour « alphabet ». Elles se produisent lorsque la séquence vient d'être produite mais est encore présente dans la mémoire immédiate du sujet. Les persévérations altèrent le nombre et l'ordre de la séquence.

Précisons que les persévérations sont moins fréquentes (25%) dans le discours que les anticipations (75%), ce qui pourrait s'expliquer, selon Rossi (2001), par le fait que dans le processus de la parole, l'attention du locuteur est surtout orientée vers la planification de la production du message.

3.1.2.7. Les résurgences

La résurgence survient lorsqu'une unité est anormalement utilisée en fin d'énoncé, qu'elle ait déjà été produite à son temps d'apparition ou qu'elle ait été omise. Par exemple, « chopinafussa » ou « chopissanafussa » pour « chopissanafu » sont des résurgences. Nous distinguons la résurgence de la persévération dans la mesure où la répétition dans la persévération est toujours immédiate, alors qu'elle peut être différée dans la résurgence. En revanche, il peut être difficile de différencier une résurgence d'une interversion sur une production de faible empan.

3.2. La rééducation de la séquentialité

3.2.1. Intérêt de la rééducation des capacités séquentielles

Depuis quelques années, des travaux universitaires sur la séquentialité, fondés sur des hypothèses théoriques développées dans la littérature et des travaux de recherche scientifique, sont menés auprès d'enfants tout-venant et d'enfants relevant d'une prise en charge orthophonique (dyslexie, dysphasie, dyscalculie, déficience intellectuelle). Ces précédents mémoires d'orthophonie se sont intéressés à l'intérêt d'une rééducation des capacités séquentielles ou d'un entraînement de la conscience séquentielle chez des enfants tout-venant dans le domaine du langage oral (Delos, 2012), chez des enfants dyslexiques (Champdoyseau et Juston, 2003, Marquet, 2011), chez des enfants dysphasiques (Champdoyseau et Juston, 2003) et auprès d'enfants déficients intellectuels (Balu-Onfray et Caze-Blanc, 2005). Leurs résultats quantitatifs et qualitatifs montrent une amélioration des performances ciblées, lorsque l'on intervient spécifiquement sur les capacités séquentielles. De manière générale, il semble que l'entraînement des capacités séquentielles apporte un bénéfice des performances, dans les domaines concernés par la séquentialité.

Ces travaux se sont appuyés sur ceux de Coevet et De Coatpont (2001) qui ont créé un livret de rééducation «En avant les petits indiens...». Elles ont montré qu'un travail séquentiel verbal permettait des progrès langagiers (enrichissement syntaxique, allongement des énoncés, amélioration de la compréhension orale, meilleure qualité du langage écrit), et aussi, lorsqu'on y associe un travail séquentiel moteur, d'améliorer la répétition, la fluence et les capacités rythmiques.

3.2.2. Intérêt de l'évaluation de la séquentialité

Mahieux et Outrebon (2007) ont voulu mesurer les capacités séquentielles des enfants, pour en étudier le développement dans les différents domaines régissant les activités humaines, en partant du postulat qu'il existe un superviseur contrôlant la séquentialité dans les différents domaines. Il s'agissait donc d'élaborer le premier outil d'évaluation des capacités séquentielles. La question était alors de savoir si l'on pouvait développer des compétences séquentielles déficitaires dans un domaine en s'appuyant sur des compétences présentes dans un autre. Mansy et Guerrien (2004) avaient déjà démontré qu'un entraînement séquentiel composé d'exercices verbaux et moteurs améliorerait la conscience phonologique et séquentielle et qu'il existait donc un lien entre les séquentialités motrice et verbale. Mahieux et Outrebon (2007) se sont aussi demandé si ces capacités séquentielles se développaient parallèlement dans tous les domaines. Il a été établi qu'elles sont indépendantes de la modalité d'entrée ou de sortie et que la nature des cibles influence grandement la réussite aux épreuves. Cela plaide donc pour un développement hétérogène de la séquentialité.

L'évaluation de la séquentialité est primordiale pour pouvoir étudier en étudiant le développement normal et les troubles. A ce jour, aucun outil standardisé ne permet une évaluation spécifique de ces capacités. Les évaluations utilisées se voient modifiées et adaptées à chaque nouvelle étude. Il apparaît alors nécessaire de proposer un test de référence.

3.2.3. La séquentialité et le développement du vocabulaire

Les mémoires d'orthophonie et de psychologie réalisés à ce jour ont mis en évidence l'intérêt bénéfique d'un entraînement séquentiel moteur sur le langage chez une population d'enfants dyslexiques et dysphasiques. Les résultats de leur analyse suggèrent que les erreurs d'ordre sont plus fréquentes que celles en item.

Leclercq et Majerus (2010) ont mis en avant le rôle des habiletés séquentielles dans l'acquisition du vocabulaire. Il existerait un lien entre les capacités de mémoire à court terme et l'acquisition du vocabulaire (Majerus, 2010a). Un lien entre l'information « item » et le niveau de vocabulaire refléterait le lien entre les connaissances langagières et le traitement de l'information « item » déjà démontré. Mais, il va plus loin. La capacité à stocker l'ordre des phonèmes en mémoire à court terme déterminerait la vitesse d'apprentissage à long terme de nouvelles séquences verbales. L'ordre d'agencement des phonèmes permet de distinguer un mot d'un autre dans un système phonologique où le nombre de phonèmes est fini, d'autant

plus si ce mot est de même longueur et de même structure syllabique. Le rappel de l'information « ordre sériel » est associé au niveau de vocabulaire, d'après l'étude effectuée auprès d'enfants de 6 et 7 ans (Majerus et al., 2006a, Majerus et al., 2009a, cités par Majerus, 2010a) et les capacités de rappel de l'information « ordre sériel » prédisent le niveau de vocabulaire à 5 ans selon l'étude intéressante des enfants âgés de 4 ans (Leclercq et Majerus, 2010, cités par Majerus, 2010a). De même, les adultes ayant les meilleures capacités de rappel de l'information « ordre sériel » sont ceux apprenant le plus rapidement un vocabulaire nouveau (Majerus et al., 2006 cités par Majerus, 2010a).

Si l'analyse des deux informations « item » et « ordre sériel » permet un pronostic du développement langagier, ce sont les compétences en ordre sériel qui détermineraient au mieux ces performances.

3.3. Séquentialité et orthophonie

En neuropsychologie, les difficultés séquentielles sont évoquées entre autres dans des troubles d'acquisition et de fonctionnement tels que la dyslexie, la dyscalculie, la dysphasie, la déficience intellectuelle et l'autisme.

3.3.1. Séquentialité et dyslexie

Moings et Trentesaux (2010), à l'aide d'un bilan évaluant les capacités séquentielles, les capacités de lecture et les capacités mnésiques, ont montré l'existence d'un lien entre la maîtrise de l'ordre et les capacités de lecture. Ces résultats permettent d'envisager la possibilité d'améliorer les performances de lecture à partir d'un travail basé sur la séquentialité. Marquet (2011) a étudié l'intérêt d'un entraînement séquentiel faisant intervenir différents domaines (séquentiels, verbaux, moteurs et rythmiques) et nécessitant l'utilisation de stratégies de mémorisation de l'ordre, sur les différents processus intervenant dans la lecture, chez des enfants normo-lecteurs et dyslexiques. Il permettrait une amélioration de la lecture (vitesse, précision et compréhension) ainsi que des performances mnésiques (mémoire de travail et mémoire en lecture) chez les deux groupes. Ainsi, l'intérêt d'un entraînement de la conscience séquentielle dans la prise en charge des enfants dyslexiques est mis en évidence.

Majerus et al. (2009b) soulignent le déficit de rétention de l'ordre sériel chez les dyslexiques. En effet, les capacités en mémoire à court terme verbale sont évaluées, le plus souvent, grâce à des tâches classiques d'empan qui ne dissocient pas le

stockage de l'information «item» et le stockage de l'information « ordre sériel». Ces deux aspects peuvent être liés à l'apprentissage du langage écrit de façon différente. La rétention de l'information «item» permettrait l'apprentissage des conversions grapho-phonémiques ; le transcodage impliquerait la rétention des deux types d'information et la création de représentations orthographiques à long terme reposerait sur la rétention de l'ordre sériel. Les deux aspects de la mémoire à court terme verbale peuvent être déficitaires chez les dyslexiques. En effet, des difficultés de rétention de l'information «item» en relation avec les difficultés phonologiques sont exposées dans de nombreux documents, mais Martinez et al. (2009), ajoutent l'existence possible de difficultés de rétention de l'ordre sériel. Les processus de mémoire à court terme pour l'ordre sériel joueraient un rôle dans l'apprentissage de nouvelles représentations orthographiques comme c'est le cas dans l'apprentissage de nouvelles représentations phonologiques (Majerus et al., 2008).

Le facteur « ordre » est un élément perturbateur avec un impact plus prononcé chez les enfants dyslexiques. Le traitement sériel et temporel des éléments (l'un après l'autre, et dans l'ordre) est nettement plus difficile pour ces enfants. Les résultats et recherches du travail de Maatouk et Dufour (2010) permettent de faire progresser l'hypothèse selon laquelle les troubles séquentiels pourraient être un élément constitutif des troubles spécifiques du langage. En effet, le critère « ordre » qui intervient dans le traitement de toute séquence et semble occuper une place prépondérante dans les difficultés des enfants dyslexiques. Les difficultés en lien avec la notion d'ordre seraient caractéristiques d'un retard ou d'un trouble spécifique du langage. Elles devraient donc être prises en compte dans toute rééducation orthophonique.

Selon Martinez et al. (2012), la dyslexie serait caractérisée par un trouble de la mémoire de l'ordre. Hachmann et al. (2014) ont étudié les capacités de mémoire de l'ordre d'une séquence dans des cas de dyslexies. Leurs résultats suggèrent, comme ceux de Martinez, un déficit des capacités de rétention de l'ordre, mais avec préservation de la mémoire des items, chez les individus présentant une dyslexie.

3.3.2. Séquentialité et dysphasie

Delos (2012) a pu observer auprès d'enfants présentant un trouble de développement du langage oral, suite à l'application d'un protocole de rééducation de la séquentialité, des progrès en réception et en production, dans le domaine phonologique et lexical. Majerus et al. (2009b.) avaient déjà montré qu'un

entraînement séquentiel pouvait permettre de développer le stock lexical des sujets. Les habiletés séquentielles sont indispensables à la production et à la compréhension phonologique, ainsi, un entraînement séquentiel agit principalement sur les troubles phonologiques.

La dysphasie se caractérise par une réduction de l'empan en mémoire à court terme ainsi qu'une atteinte du système langagier caractérisée par des effets de lexicalité et du degré d'imagerie (Majerus et al., 2001, Martin et Safran, 1992, cités par Majerus, 2008). Pour Katz et Goodglass (1990, cités par Majerus, 2008) et Martin et Saffran (1992, cités par Majerus, 2008, page 330) « la dysphasie profonde résulte d'une augmentation pathologique de la vitesse de dégradation et de l'activation temporaire des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques ». Les niveaux de représentations phonologiques, lexicaux et sémantiques, activés pour une tâche verbale, se dégradent plus rapidement, c'est-à-dire de façon pathologique. Ainsi, l'activation pourrait être effacée au moment du choix de la réponse. Le niveau phonologique, activé le plus précocement, sera le plus touché. La réponse dépendra donc des niveaux langagiers encore plus ou moins activés au moment de la réponse. Cela peut expliquer les paraphrasies sémantiques caractéristiques des dysphasiques ainsi que les effets de lexicalité et du degré d'imagerie. Majerus (2008) démontre, avec l'appui de données issues de l'imagerie cérébrale, l'importance des niveaux de représentations langagières pour la réalisation de tâches de mémoire à court terme.

L'étude de Lafon (2010) traitant du fonctionnement cognitif des enfants dysphasiques a permis d'observer que les performances de traitement des informations verbales et non verbales étaient globalement meilleures lorsqu'elles intéressaient un traitement simultané plutôt qu'un traitement séquentiel. Elle renvoie à l'une des hypothèses explicatives de la dysphasie (Tallal, 1998), qui avance que les difficultés du traitement de l'information consisteraient en une difficulté à traiter et à stocker l'information extérieure, surtout lorsque celle-ci se présente de manière séquentielle, à une certaine vitesse. Gérard (1991) attribue les déficits de mémoire phonologique chez les enfants dysphasiques, à une atteinte des modes de traitement séquentiel et analytique des stimuli verbaux. Aussi, Plaza (1995) observe une défaillance séquentielle concernant les stimuli auditifs et visuels chez les enfants dysphasiques.

3.3.3. Séquentialité et dyscalculie

Attout et al. (2014) ont étudié les déficits de mémoire de travail chez des enfants dyscalculiques et l'importance que joue l'ordre séquentiel. Ils ont observé que les capacités de rétention des items étaient comparables chez les enfants dyscalculiques et les sujets témoins, alors que les performances des enfants dyscalculiques étaient significativement déficitaires pour les tâches de rétention de l'ordre d'une séquence et pour les tâches de jugement de l'ordre numérique.

4. Buts et Hypothèses

4.1. Problématique

Les études citées précédemment mettent en évidence l'importance de la séquentialité dans le développement du langage et des capacités numériques ; les capacités séquentielles étant déficitaires chez les enfants dyslexiques, dysphasiques et dyscalculiques.

Aussi l'intérêt d'un entraînement séquentiel, chez les enfants tout-venant comme chez les enfants présentant une pathologie développementale, semble bénéfique et, de ce fait, nécessaire.

Néanmoins, toute prise en charge orthophonique doit être justifiée par des résultats quantitatifs et qualitatifs, permettant de mettre en évidence un écart à la norme, et ainsi, un déficit. Il n'existe cependant pas, à ce jour, d'outil spécifique et étalonné, évaluant les capacités séquentielles.

4.2. Cadre théorique pour notre travail

Concernant le stockage et la récupération de l'ordre sériel, nous partirons de l'hypothèse de Hurlstone et al. (2014) qui envisagent un fonctionnement identique de rétention de l'ordre sériel en mémoire à court terme dans le domaine verbal et le domaine visuo-spatial, supposant alors l'existence d'un domaine général des principes de l'ordre sériel. Comme l'ont démontré Mansy et Guerrien (2004) pour les compétences séquentielles motrices et verbales, il serait possible de développer des compétences séquentielles déficitaires dans un domaine en s'appuyant sur des compétences présentes dans un autre domaine. Nous postulons donc l'existence d'un superviseur commun général pour l'ordre sériel.

4.3. Objectifs

Notre objectif consiste à fournir une batterie d'évaluation des capacités séquentielles qui puisse être prochainement utilisée dans la pratique orthophonique.

Nous sélectionnerons des épreuves qui se veulent spécifiques à la séquentialité à partir des travaux de Mahieux et Outrebon (2007), en vérifiant ensuite, grâce à l'étude de corrélations, qu'elles ne sont pas redondantes et que la passation de chacune revêt un intérêt. Nous proposerons un système de cotation adapté à la problématique de la séquence et de l'ordre. Ainsi, un autre objectif sera de prouver l'intérêt du système de cotation que nous proposons. Enfin, nous avons pour objectif de normaliser notre outil auprès d'enfants de CE2 et de vérifier son adaptabilité auprès d'enfants porteurs de troubles spécifiques à travers trois études de cas.

4.4. Hypothèses

Nous nous demandons si les capacités séquentielles dépendent d'un domaine en particulier. D'après Mahieux et Outrebon (2007), celles-ci se développeraient de manière hétérogène, et elles seraient indépendantes de la modalité d'entrée ou de sortie, mais la nature des cibles influencerait la réussite aux épreuves séquentielles. Aussi, nous supposons des compétences séquentielles hétérogènes dans les différents domaines, ce que nous étudierons grâce au regroupement des différentes épreuves en domaines.

D'après Maljean (2013), nous faisons l'hypothèse qu'un système de cotation centré sur l'ordre relatif permet de mieux évaluer les capacités séquentielles mises en jeu dans les épreuves, ce que nous étudierons notamment dans l'évaluation des empan, en comparant différents modes de cotation.

Nous postulons également que les épreuves rythmiques seront fortement liées aux autres épreuves d'empan ainsi qu'aux épreuves séquentielles, la séquence étant par définition constituée d'un tempo et d'une structure rythmique (organisation temporelle d'une séquence).

Sujets, matériel et méthode

1. Participants

Dans un premier temps, nous souhaitons évaluer des enfants de 8 et 9 ans, afin d'étudier deux classes d'âges différentes. Nous avons finalement arrêté notre décision sur le recrutement d'enfants scolarisés en classe de CE2 afin de faciliter la réalisation de la démarche expérimentale.

Nous souhaitons effectuer une normalisation de notre batterie à partir de l'évaluation de 150 participants, mais nous sommes arrêtées à 101 passations, pour des raisons de délais.

Aussi, nous avons pour objectif de comparer les résultats de 6 enfants diagnostiqués dysphasiques et scolarisés en CE2, aux résultats obtenus chez les enfants tout-venant. Face aux difficultés de recrutement, nous avons décidé d'inclure des enfants dysphasiques de CM1. En effet, si ceux-ci obtenaient des scores faibles par rapport à la norme obtenue auprès des enfants tout-venant de CE2, nous aurions alors tout de même pu mettre en évidence des difficultés séquentielles chez ces enfants. Puis, nous avons choisi d'élargir nos évaluations à d'autres troubles spécifiques développementaux (dyslexie et dyscalculie). Notre batterie ne s'intéressant pas uniquement au domaine du langage oral, ce choix nous paraissait pertinent. Ainsi, nous avons évalué 3 enfants, contrairement à ce que nous envisagions.

1.1. Recherche des sujets, recrutement

Le recrutement des enfants participants s'est déroulé en deux temps. Premièrement, nous nous sommes adressées aux Inspecteurs de l'Éducation Nationale des circonscriptions dans lesquelles il nous était possible d'intervenir. Nous leur avons adressé une lettre par courriel ou courrier (Annexe 1, page A3). Avec l'accord des IEN de nos circonscriptions d'intérêt, nous avons contacté les directeurs d'établissements ainsi que les enseignants de CE2, pour leur présenter notre projet et leur adresser notre demande. Nous avons alors pu mettre en avant l'intérêt et l'importance de notre travail dans la pratique orthophonique mais aussi le lien existant avec les acquisitions scolaires. Enfin, nous avons pu fournir aux écoles les autorisations parentales que les familles ont pu compléter, signer et nous remettre (Annexe 2, page A4).

Nous avons rencontré des difficultés dans le recrutement de notre population. L'obtention des différents accords d'intervention dans les écoles a pris plus de temps que prévu : longs délais d'attente d'obtention des réponses, divers refus émanant des Inspecteurs, des écoles ou encore des familles et longueur des démarches administratives. Ainsi, les passations ont débuté plus tard que ce nous avons initialement prévu. De plus, elles ont été retardées du fait des vacances scolaires et des absences des classes (sorties à la piscine, etc.).

De même, nous n'avons pu trouver autant d'enfants que souhaité, porteurs d'un trouble spécifique et scolarisés en CE2 ou CM1. Nous avons recruté 3 enfants : 2 sur nos terrains de stage et 1 par l'intermédiaire de notre entourage.

1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion

La décision d'évaluer des enfants de CE2 nous permet de nous référer aux résultats obtenus par Mahieux et Outrebon (2007), notamment pour la création de nos épreuves. De plus, nous avons comme objectif de proposer un outil d'évaluation pouvant être utilisé dans la pratique orthophonique, en complément des tests d'évaluation du langage oral, du langage écrit ou encore des capacités numériques et logico-mathématiques. La classe de CE2 est un âge clé pour le diagnostic de dyslexie. En effet, pendant longtemps, nous avons considéré que celui-ci ne pouvait être posé antérieurement à la classe de CE2. Aussi, il nous a semblé intéressant de travailler sur cette classe d'âge pour notre population. Néanmoins, depuis le DSM V (American Psychiatric Association, 2013), il est désormais envisageable de poser ce diagnostic plus précocement.

Notre population témoin inclut donc des enfants scolarisés en classe de CE2, pour lesquels nous avons eu un retour signé du document d'accord parental, qui respectaient les critères d'exclusion suivants :

- absence de handicap moteur, sensoriel ou intellectuel ;
- aucun maintien ni saut de classe durant leur parcours scolaire ;
- absence de prise en charge en orthophonie pour l'année en cours.

Nous n'avons pas pris en compte le bilinguisme dans nos critères d'exclusion car il nous semblait être un critère représentatif de la population générale. De même, aucune sélection n'a été faite en fonction des performances scolaires des enfants.

Les enfants faisant l'objet d'une étude de cas devaient présenter un trouble spécifique développemental du domaine du langage oral, du langage écrit ou des logico-mathématiques, et être scolarisés en classe de CE2, ou à défaut, de CM1.

1.3. Caractéristiques de la population (âge, sexe, école...)

Nos passations se sont déroulées dans trois écoles du département de Loire-Atlantique : l'école Le Grignon à Basse-Goulaine, l'école Saint-Martin-Immaculée à Nantes et l'école Jean Brelet à Saint-Julien-de-Concelles dans lesquelles ont été évalués respectivement 29, 15 et 12 enfants ; et dans deux établissements du département du Nord : l'école Michelet de Lille et l'école Jean Jaurès de Hellemmes, dans lesquelles nous avons pu évaluer 35 et 10 élèves. Ainsi, 101 enfants tout-venant de CE2, âgés de 8 ans 0 mois à 9 ans 2 mois (cf. figure 2) ont participé à notre projet, dont 50 filles et 51 garçons. La répartition de notre population selon les différentes variables est indiquée dans le tableau I ci-dessous.



Figure 2 : Répartition de la population en tranches d'âges

Département	Nord (59)					Loire-Atlantique (44)					Total		
Écoles	Michelet à Lille			Jean Jaurès à Hellemmes		Le Grignon à Basse-Goulaine			Saint-Martin-Immaculée à Nantes			Jean Brelet à Saint-Julien-de-Concelles	
Effectifs	35			10		29			15		12		101
Latéralité	D	G	A	D	G	D	G	A	D	G	D	G	90D 9G 2A
Sexe Fém.	16	0	0	7	0	14	1	0	7	1	4	0	50
Sexe Masc.	17	1	1	3	0	10	3	1	5	2	7	1	51
Profession des parents	Non renseignée												

Tableau I : Répartition de la population selon les variables

Pour nos études de cas, nous avons évalué une enfant dyscalculique (CE2, 9 ans 7 mois), d'une enfant dysphasique (CE2, 9 ans 10 mois) et d'un enfant dyslexique (CM1, 9 ans 11 mois).

La profession des parents n'a pas été recueillie pour notre étude, bien qu'il s'agisse d'un des critères de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques). En effet, il aurait été intrusif de demander aux parents de renseigner leur situation socioprofessionnelle. Cela aurait pu nuire à l'acceptation de participation de leur(s) enfant(s) à notre projet et il nous aurait été difficile de justifier le lien avec la problématique de la séquentialité et de la mémoire de l'ordre. De plus, aucune étude n'a encore validé la pertinence de cette variable quant à la mémoire de l'ordre.

2. Élaboration de la batterie courte

La création de notre batterie a nécessité l'étude approfondie du mémoire de Mahieux et Outrebon (2007) mais aussi des mémoires qui lui ont succédé. Nous avons pu partir des résultats obtenus, des critiques et recommandations émises par chacun des auteurs. Puis, nous avons fait des choix de suppression d'épreuves, selon des critères qui seront définis dans cette partie. Toutes les épreuves conservées ont été modifiées dans leur contenu. Aucune épreuve n'a été reprise telle quelle. Les deux passations pré-test ont également abouti à la suppression d'épreuves ainsi qu'au remaniement de certaines d'entre elles et à l'affinement du système de cotation.

2.1. Étude des travaux antérieurs

En 2001, Coevet et De Coatpont créent un livret « En avant les petits indiens... » qui visait à évaluer l'efficacité d'un travail séquentiel verbal et moteur chez les enfants tout-venant. En 2003, Champdoyseau et Juston, élargissent l'étude chez les enfants dyslexiques et dysphasiques. En 2005, Balu-Onfray et Caze-Blanc étudient l'intérêt orthophonique que constitue la séquentialité dans la prise en charge des enfants présentant une déficience intellectuelle. Ces travaux, entre autres, ont montré le bénéfice du travail séquentiel, notamment chez les dyslexiques et les dysphasiques, pour lesquels les capacités séquentielles sont souvent déficitaires. Ainsi, un entraînement séquentiel peut avoir des répercussions positives sur le traitement du langage oral et écrit. L'intérêt d'un travail séquentiel en orthophonie est démontré.

Il s'agit alors de pouvoir évaluer les capacités séquentielles des enfants. En 2007, Mahieux et Outrebon élaborent une batterie d'évaluation pour étudier le

développement des capacités séquentielles, en partant du postulat qu'il existe un superviseur contrôlant la séquentialité dans les différents domaines. Elles choisissent de proposer leur outil aux enfants de CE2. Il s'agit d'une batterie constituée de 29 épreuves réalisées en passation collective et de 39 épreuves individuelles ; toutes créées à partir de l'analyse de l'ensemble des épreuves pré-existantes dans les outils d'évaluation orthophonique ou psychologique, faisant intervenir la séquentialité et l'ordre. La durée de passation de leur batterie était conséquente.

Elles ont choisi de conserver l'histoire de Jean chez les indiens (Coevet et De Coatpont, 2001) pour permettre un maintien de l'attention de l'enfant tout au long de l'évaluation. Cette batterie est reprise par Maatouk et Dufour (2010) alors constituée de 28 épreuves réparties en 5 domaines, dont l'objectif était d'évaluer la séquentialité chez des enfants dyslexiques de 8 à 12 ans. Elles suppriment néanmoins l'histoire de Jean chez les indiens et sélectionnent certaines épreuves. Elles affinent également la cotation et ajoutent des items. La durée de passation reste longue : de 40 à 50 minutes (Maatouk et Dufour, 2010, page 48). Également en 2010, Martin s'intéresse à l'entraînement séquentiel chez des adolescents dyslexiques sévères. En 2011, Marquet reprend certaines épreuves du livret collectif de Mahieux et Outrebon (2007) avec l'histoire de Jean chez les indiens, afin d'évaluer des enfants normo-lecteurs et des enfants dyslexiques, avant d'appliquer un protocole d'entraînement séquentiel et d'étudier les effets de celui-ci chez les deux groupes, avec un re-test aux épreuves séquentielles. Elle met alors en avant un lien entre la mémoire de l'ordre et les capacités en lecture. En 2012, Delos s'intéresse aussi à l'entraînement séquentiel en proposant un protocole de rééducation personnalisable, dont il montre l'intérêt grâce à la passation d'un pré-test et d'un post-test inspirés des épreuves de Mahieux et Outrebon (2007), simplifiées et adaptées à des enfants plus jeunes. Il en ressort que l'ensemble des travaux antérieurs d'évaluation de la séquentialité avaient un temps de passation très important.

2.2. Contexte de référence de notre travail

La multiplication des travaux sur la séquentialité nous permet d'affirmer qu'un entraînement des capacités séquentielles apporte un bénéfice certain chez les enfants tout-venant, les enfants présentant un trouble spécifique (dysphasie, dyslexie) ainsi que chez les enfants déficients intellectuels. Néanmoins, aucun outil d'évaluation ne sert encore de référence aux études sur les capacités ou déficits séquentiels. Les évaluations sont modifiées et adaptées à chaque nouvelle étude.

Aussi, de nombreux matériels, surtout anglais, mettant en jeu les aptitudes séquentielles sont d'ores et déjà commercialisés lorsque aucun outil d'évaluation standardisé ne l'est. C'est dans ce contexte que nous avons décidé d'en créer un, à partir des travaux de Mahieux et Outrebon (2007). Notre objectif est donc de créer un outil qui soit fiable, standardisé et qui puisse être bientôt utilisé dans la pratique orthophonique, afin de déterminer l'éventuelle existence d'un déficit séquentiel et les bénéfices que l'enfant évalué pourrait tirer d'un entraînement des capacités séquentielles, dans le cadre d'un bilan de langage oral, de langage écrit ou encore des logico-mathématiques.

2.3. Sélection des épreuves

L'évaluation ne devant excéder une trentaine de minutes (durée d'une séance d'orthophonie) et les épreuves ne pouvant être constituées d'un unique item, il nous a fallu supprimer certaines épreuves de la batterie de Mahieux et Outrebon (2007) : les épreuves redondantes ou insuffisamment spécifiques à la séquentialité. Ainsi, nous avons pu augmenter le nombre d'items des épreuves conservées sans rallonger le temps de passation. L'identification des épreuves les plus pertinentes pour l'évaluation de la séquentialité et l'étude des résultats, des remarques et des recommandations fournis par Mahieux et Outrebon (2007), Maatouk et Dufour (2010), Marquet (2011) et Delos (2012), nous a ensuite permis de sélectionner nos épreuves.

Aussi, nous avons décidé de supprimer l'histoire de Jean chez les indiens, conductrice de l'évaluation dans la batterie de Mahieux et Outrebon (2007). Cette histoire rallongeait effectivement le temps de passation et aurait contraint l'utilisateur à réaliser la passation de la batterie dans son intégralité, sans possibilité d'en sélectionner quelques épreuves (bilan d'évolution ou re-test, par exemple). Ainsi, après questionnements de plusieurs orthophonistes, il en est ressorti que ceux-ci n'utiliseraient pas la batterie du fait d'une durée de passation trop importante et de l'impossibilité de supprimer l'histoire, si l'on souhaite pouvoir se référer à un étalonnage. De plus, l'histoire pourrait constituer un biais si les enfants évalués rencontraient des difficultés de compréhension orale.

La sélection des épreuves devait être fine et rigoureuse pour que l'outil reste fiable et spécifique à l'évaluation de la séquentialité. Le détail des choix effectués est disponible dans le tableau de sélection des épreuves (Annexe 3, page A5).

Pour faire valoir la fiabilité de notre travail, nous nous sommes aussi interrogées sur le système de cotation des épreuves pour qu'il soit fin et adapté aux erreurs séquentielles et à la restitution de l'ordre relatif (correspond au nombre d'éléments de la séquence correctement rappelés et restitués dans le bon ordre, relativement aux autres éléments). Nous avons pour cela étudié les mémoires d'étude en psychologie de Maljean (2013, 2014).

La sélection des différentes épreuves a suscité pour nous de nombreux questionnements et l'étude approfondie des conclusions obtenues dans les travaux précédents sur les différentes épreuves nous a demandé beaucoup de temps.

Nous avons décidé de supprimer toutes les épreuves utilisant les mêmes capacités séquentielles avec une modalité d'entrée ou de sortie différente. En effet, « les capacités séquentielles sont indépendantes de la modalité d'entrée ou de sortie » (Mahieux et Outrebon, 2007, page 148). C'est la modalité qui apparaissait la plus écologique que nous avons conservée. Cependant, il ressort que les capacités séquentielles se développent de façon hétérogène à des niveaux différents dans un même domaine. Elles ne sont pas identiques en compréhension et en expression et l'ensemble de la batterie reste inévitablement soumise aux compétences mnésiques, d'où la nécessité de vérifier celles-ci. C'est pourquoi nous avons choisi de commencer systématiquement l'évaluation par deux épreuves préalables : empan envers et endroit de chiffres, tirées de la BALE (Cognis sciences, 2010) et empan de mots, que nous avons créés. Ces épreuves permettent de tester la mémoire à court terme et la mémoire de l'ordre. La cotation utilisée est inspirée des travaux de Maljean (2013, 2014) avec le calcul d'un empan classique, d'un empan ordre relatif et d'un empan item.

2.4. Principes généraux de notre batterie

2.4.1. Matériel

Le matériel nécessaire à chaque épreuve (Annexe 4, pages A15) est précisé dans la présentation des épreuves et figure également dans le livret de passation (Annexe 5, page A17), lequel contient également les consignes, les items et les tableaux de cotation en score brut des épreuves. Une partie du matériel a été achetée alors que l'autre a été créée par nos soins.

Nous avons décidé, pour obtenir une standardisation qui soit la plus fine possible et éviter ainsi un biais de passation, d'utiliser un matériel identique pour nos

passations et d'enregistrer des bandes sonores. La voix est masculine, supprimant tout risque de distraction chez l'enfant, qui pourrait rechercher une ressemblance entre une voix féminine entendue et la nôtre.

2.4.2. Ordre

L'ordre des épreuves a été établi selon trois critères :

Critère 1 : nous voulions alterner les épreuves ludiques avec celles qui le sont moins dans le but de maintenir l'attention de l'enfant. Nous avons pu remarquer que les épreuves les plus motivantes ne sont pas toujours les plus faciles.

Critère 2 : les épreuves de comparaison (rythmes et logatomes) devaient préférentiellement apparaître avant les épreuves de reproduction/répétition.

Critère 3 : il fallait essayer de regrouper au maximum les épreuves nécessitant l'utilisation d'une bande sonore, pour que la passation soit la plus fonctionnelle possible, pour les passations auprès des participants, mais aussi pour les futurs utilisateurs.

Pour ces passations, nous avons opté pour un ordre circulaire de passation des épreuves, afin d'éviter tout biais relatif à la fatigabilité des enfants, concernant une épreuve qui aurait systématiquement été proposée à la fin de l'évaluation. Aussi, cet ordre circulaire permet aux utilisateurs, de ne sélectionner que les épreuves nécessaires à l'évaluation d'un enfant, notamment lors d'un bilan d'évolution (la présentation des épreuves initialement réussies n'étant pas pertinente).

Les épreuves préalables sont toujours présentées en début d'évaluation, puisque les ressources cognitives disponibles sont plus importantes. Les autres épreuves respectent l'ordre circulaire de présentation, qui consiste à commencer, pour le premier enfant évalué lors des passations, par une épreuve n , et à terminer par l'épreuve $n+15$. L'enfant suivant, lui, commencera par l'épreuve $n+1$ et terminera par l'épreuve $(n+1)+15$ et ainsi de suite. Nous proposerons au premier enfant les épreuves préalables et l'épreuve 1 et l'on terminera par la dernière épreuve (16).

2.4.3. Système de cotation général

Nous avons commencé par étudier les systèmes de cotation adoptés dans les mémoires précédents. Alors que Maatouk et Dufour (2010), puis Marquet (2011), affinent la cotation des épreuves de Mahieux et Outrebon (2007) en classant directement les erreurs selon la caractéristique séquentielle touchée, Delos (2012) choisit de coter les erreurs selon le nombre d'éléments demandés, la nature, l'ordre

et le rythme. La problématique de la séquentialité ne permet pas toujours d'utiliser une cotation binaire. Nous avons donc adapté ces modes de cotation pour certaines épreuves. Cependant, les items de la majorité de nos épreuves sont cotés selon un score « Ordre Relatif ». Puis, nous relevons le nombre d'erreurs séquentielles : omissions, ajouts, interversions, substitutions, anticipations et résurgences ou persévérations. Les résurgences et persévérations sont regroupées du fait de la difficulté à les distinguer.

La cotation peut alors être différente d'une épreuve à l'autre :

- Cotation de l'empan classique, de l'empan relatif (OR) et de l'empan item pour les épreuves préalables 1 et 2 ;
- Cotation binaire 0 ou 1 par item pour les épreuves : 1, 2, 3, 7, 8, 14, 15 et 16 ;
- Cotation selon l'ordre relatif (OR) pour les items des épreuves : 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 et 13.

Dans le livret de passation, chaque épreuve (sauf épreuves préalables et épreuves N°7 et N°8) dispose d'un tableau dans lequel seront notées les productions de l'enfant et les scores (type de cotation systématiquement précisé : binaire ou OR) ainsi que le nombre des différentes erreurs séquentielles.

Items	Production	Score (OR ou 0/1)	Om	Aj	Int	Sub	Ant	Ré/Pe
Item 1		/x						

Tableau II : Système de cotation général

La cotation consiste en l'obtention d'un score brut. Puis, nous indiquons le nombre d'erreurs séquentielles relevées et précisons leur nature. A la dernière page du livret de passation, un tableau synthétise les totaux d'erreurs séquentielles relevées au cours de l'évaluation, selon leur nature.

La cotation d'une persévération, selon sa définition, ne prend effet qu'au sein de la séquence cible ; ainsi, l'observation d'un comportement de « persévération » d'une épreuve à l'autre ou d'un item à l'autre ne doit pas être coté en tant que « Ré/Pe » parmi les erreurs séquentielles, mais il faudra le spécifier dans « remarques ». On cotera alors ce phénomène comme une substitution, ou un ajout, si le nombre de constituants de la séquence est modifié. En effet, l'enfant intègre alors un élément qui n'appartient pas à la séquence cible : soit il substitue un constituant par cet intrus, soit il ajoute simplement cet intrus.

La cotation des erreurs séquentielles pouvant poser problème, il convient d'imposer une solution : nous coterons toujours dans le sens de l'enfant, c'est-à-dire que nous choisirons la proposition entraînant le moins d'erreurs séquentielles.

2.5. Présentation des épreuves – création et cotation spécifique

Notre batterie courte est constituée de 2 épreuves mnésiques préalables et de 16 épreuves évaluant la séquentialité dans les domaines du langage oral, du langage écrit, du dénombrement, du rythme et de la motricité. Le tableau de présentation des épreuves et des compétences mises en jeu dans chacune est disponible en annexes (Annexe 6, page A27).

Nous avons dû créer la totalité des items, pour l'ensemble de nos épreuves, à l'exception de l'épreuve préalable 1, tirée de la Batterie Analytique du Langage Écrit (BALE, Cognisciences, 2010), afin de respecter les droits d'auteurs concernant les précédents travaux. Nous avons obtenu une autorisation d'utilisation des épreuves d'empan de la BALE par le groupe Cognisciences en janvier 2015.

Concernant la création des consignes, nous avons veillé à ce qu'elles soient courtes et précises. Nous proposons des exemples lorsque la consigne pouvait paraître difficile à intégrer.

Nous expliquerons ici comment nous avons construit les épreuves de la batterie, quel est le matériel nécessaire à la réalisation de celle-ci et enfin le système de cotation spécifique à certaines épreuves.

EPREUVES PREALABLES 1 ET 2 :

Empan de chiffres (11 items)

Nous avons utilisé l'épreuve de la BALE nous permettant de nous référer à leur étalonnage et de comparer les notations selon un « empan classique », « empan item » et « empan ordre relatif » qui conviendrait à la problématique de l'évaluation des capacités séquentielles.

Dans la BALE, ***nous énonçons oralement la suite de chiffres en les espaçant d'une seconde (lent mais indispensable) et nous demandons à l'enfant de la répéter exactement dans le même ordre.*** Un critère d'arrêt est imposé : nous devons arrêter l'épreuve lorsque l'enfant cumule deux échecs pour une suite d'un même nombre de chiffres (par exemple, si l'enfant échoue aux 2 suites de 4 chiffres).

Dans notre batterie, la consigne donnée à l'enfant est la même, mais nous ne respectons, en revanche, pas de critère d'arrêt. La limitation imposée par ce critère d'arrêt nous aurait empêché effectivement d'évaluer « l'empan ordre relatif ».

Empan de mots (6 items)

Ici, l'examineur lit une séquence de mots, que l'enfant doit répéter dans l'ordre. Nous proposons dans cette épreuve des items commençant à un empan de 3 et se terminant à 6. La consigne donnée à l'enfant est la même que pour les empan de chiffres et il n'y a pas de critère d'arrêt. Les mots ont été sélectionnés de sorte à ce qu'ils n'aient pas ou peu de lien sémantique ou phonétique entre eux, dans une même séquence. Aussi nous avons choisi des mots relativement fréquents dans le vocabulaire d'un enfant de CE2 ; nous nous sommes référées à la base d'occurrences NOVLEX (Lambert et Chesnet, 2001), ainsi qu'aux champs lexicaux de l'école, du quotidien, du corps, des animaux et des fruits. Il est effectivement important que l'enfant possède le matériel verbal proposé en mémoire sémantique pour pouvoir interpréter d'éventuelles difficultés de mémoire à court terme ou de mémoire de l'ordre.

Cotation :

Pour chaque mode de cotation de l'empan, c'est le score le plus élevé que l'on reportera dans le tableau.

- **Empan classique :** Pour être valide, l'empan classique doit respecter l'ordre (endroit ou envers) de présentation de la séquence ainsi que le nombre d'éléments de la séquence. Comme dans la BALE, on va noter le nombre de chiffres de la plus longue séquence restituée correctement, et non pas le nombre de séquences répétées correctement.
- **Empan ordre relatif (OR) :** Il correspond au nombre d'éléments de la séquence correctement rappelés et restitués dans le bon ordre, relativement aux autres items. Si l'enfant omet l'élément n°2, on cotera tout de même correct le n°1 ; mais, s'il y a interversion entre les n°1 et n°2, on cotera correct à partir du n°3. Par exemple, si l'enfant restitue « 3864 » pour « 83624 », il obtient un score OR de 2 (6-4).
- **Empan item :** On ne s'intéresse plus à l'ordre de restitution des éléments de la séquence, mais au nombre des éléments effectivement restitués, peu importe leur ordre. Par exemple, on cotera un empan item de 6 si l'enfant restitue « 2395614 » pour « 28946173 ».

- Empan de mots : Les déformations phonétiques ou substitutions par un mot phonologiquement ou sémantiquement proche ne sont pas acceptées et entraînent une erreur.

EPREUVE 1 : Comparaison de deux séquences rythmiques (5 items, 1 exemple) :

Chaque item de cette épreuve, constitué de 2 stimuli auditifs (rythmes) est présenté sur bande sonore. **L'enfant doit dire si les 2 stimuli rythmiques entendus sont identiques ou différents.** Nous souhaitons proposer une paire de rythmes identiques, une paire dont les rythmes diffèrent par la durée des latences séparant les coups et trois paires différentes mettant en jeu une omission, un ajout et une interversion, pour pouvoir analyser d'éventuelles erreurs de discrimination séquentielle. Cette épreuve sollicite des capacités mnésiques puisque les séquences sont de longueurs croissantes : le premier item étant constitué de 4 coups et le dernier de 7.

Cotation :

Les cases correspondant aux erreurs séquentielles présentes dans la comparaison pour chaque item, concernées par une éventuelle erreur de production de l'enfant, sont grisées pour les épreuves de comparaison : N°1, N°2 et N°15. L'enfant doit déterminer si les deux stimuli sont identiques ou non ; ainsi on entourera « P » si l'enfant répond « pareil » et « PP » s'il répond « pas pareil » (la bonne réponse étant mise en gras dans le livret). Nous cocherons la case grisée en cas d'item échoué.

Item stimuli 1	Item stimuli 2	Réponse (1pt)	Om	Aj	Int	Sub
		P / PP				

Tableau III : Cotation des épreuves de comparaison

EPREUVE 2 : Reproduction de séquences rythmiques (10 items, 1 exemple) :

L'enfant va entendre un stimulus auditif (séquence rythmique) présenté sur bande sonore et doit la reproduire en tapant sur la table avec un crayon. Cette épreuve comporte un item de 5 coups répartis en 3 blocs. Les 5 items sont présentés dans un ordre de difficulté croissante car ils sont composés de 5 à 7 coups répartis en 3 ou 4 blocs.

Cotation :

Pour chaque item, nous coterons 0 ou 1 selon le respect du nombre de coups reproduits, et le respect des latences. On ajoutera le type d'erreur séquentielle dans la case correspondante du tableau, le cas échéant. A savoir qu'il est possible qu'un enfant ait 1/1 au respect du nombre de coups et 1/1 au respect des latences mais commette une erreur séquentielle. Aussi, un enfant peut ne commettre aucune erreur séquentielle mais échouer dans le respect du nombre de coups ou des latences.

- Latences : 0/1 si altération ressentie à l'analyse perceptive de la production de l'enfant, ou si ajout ou omission d'un bloc de coups (X, XX, XXX, XXXX).
- Nombre de coups : 0/1 si ajout ou omission d'un coup (X XX XX X au lieu de X XX XX ou X XXX X au lieu de X XX X, pour un exemple d'ajout ; ou X X XXX au lieu de X X XX, pour un exemple d'omission).
- Interversions : ne peuvent concerner ici que les blocs de coups.

EPREUVE 3 : Comparaison de deux logatomes (10 items, 1 exemple) :

L'enfant va entendre 2 stimuli auditifs (logatomes) présentés sur bande sonore et doit dire s'ils sont identiques ou différents. Cette épreuve comporte 2 items identiques, 4 faisant intervenir des différences à l'échelle de la syllabe et 4 autres à l'échelle du phonème. Nous retrouvons des différences concernant toutes les erreurs séquentielles que nous pourrions rencontrer : omission, ajout, intervention et substitution. Les empanns mnésiques sont croissants : les 4 premiers logatomes comportent 4 syllabes, les 2 suivants en comportent 5, les 3 suivants en ont 6 et les deux derniers sont constitués de 7 syllabes.

Cotation : cf. EPREUVE 1

EPREUVE 4 : Répétition d'un logatome (6 items) :

L'examineur lit des logatomes que l'enfant doit répéter. Les six logatomes proposés sont d'une longueur et d'une complexité croissantes. En effet, nous avons deux logatomes de 3 syllabes (7 phonèmes), 2 logatomes de 4 syllabes (9 phonèmes) et deux logatomes de 5 syllabes (11 et 12 phonèmes). Afin de complexifier la tâche, chaque logatome contient une syllabe complexe de type CCV (consonne-consonne-voyelle) ou CVC (consonne-voyelle-consonne) sauf le dernier item qui en contient deux.

Cotation : cf. cotation générale

Pour cette épreuve utilisant des logatomes, nous cotons l'ordre relatif en fonction des phonèmes. Prenons un exemple simple : si l'enfant produit « monjodritin » pour « monjodrutin », nous mettrons un score OR de 8/9 pour /m/, /on/, /j/, /o/, /d/, /r/, /t/, /in/ et inscrirons « 1 » dans la case correspondante à l'item et à l'erreur de substitution (Sub.). Prenons un exemple plus complexe : si l'enfant produit « pachidrolu » pour « pachifodrelu », nous mettrons un score OR de 7/9 pour /p/, /a/, /ch/, /i/, /o/, /l/, /u/ et nous inscrirons « 2 » omissions dans le tableau pour /f/ et /e/ ainsi que « 2 » anticipations pour /d/ et /r/ par rapport au /o/.

EPREUVE 5 : Exécution de consignes complexes (3 items) :

Les items de cette épreuve sont présentés sur bande sonore. Il s'agit de phrases syntaxiquement et séquentiellement complexes. ***L'enfant doit mémoriser la consigne, puis exécuter les actions avec le matériel proposé (éléments de dînette : verre, assiette, couverts, gâteau), tout en respectant l'ordre.*** Pour cette épreuve il nous fallait des phrases faisant intervenir l'ordre selon une chronologie imposée par les marqueurs syntaxiques. Nous avons alors utilisé des locutions prépositives ou prépositions ainsi que des adverbes de temps, différents modes et temps de conjugaison ainsi que des propositions juxtaposées ou coordonnées. Ces phrases constituent des consignes d'actions (empan de 4 ; de 5 pour le dernier item), que l'enfant doit réaliser après l'écoute de la bande sonore, avec les éléments de dînette.

Cotation : cf. cotation générale

L'observation de l'enfant est très importante pour éviter de noter une erreur d'anticipation à tort, lorsque deux mouvements semblent réalisés simultanément. En réalité, nous n'avons observé aucune simultanéité dans la réalisation des actions ; l'une des actions s'initie toujours avant l'autre. Cependant, il est nécessaire de s'en assurer. Si toutefois, deux actions étaient assurément réalisées de façon simultanée, nous ne pénaliserions pas l'enfant (observation qualitative).

EPREUVE 6 : Reproduction de séquences de mouvements sur imitation (3 items) :

L'examineur et l'enfant se mettent debout face à face. L'examineur effectue une série de 4 mouvements corporels, que l'enfant doit mémoriser, puis effectuer dans le bon ordre. Nous avons créé 3 séquences de 4 mouvements. Nous avons décidé de ne pas prendre en compte la latéralité dans les mouvements

utilisés (bras droit ou gauche par exemple), ce critère n'étant pas pertinent pour notre évaluation, et du fait que la réalisation des mouvements dépendra fortement de la latéralité de chacun (enfants et nous-mêmes). Nous pouvons donc nous placer face à l'enfant afin que nos mouvements soient bien visibles. Les mouvements à réaliser sont simples, ainsi, l'enfant ne sera pas gêné par leur réalisation motrice.

Cotation : cf. EPREUVE 5

EPREUVE 7 : Localisation d'un mot dans une phrase (3 items, 1 exemple) :

Une planche comportant une frise de 8 cases est présentée à l'enfant. Pour l'exemple, l'examineur dit le mot cible, puis pointe une case à la fois au fur et à mesure qu'il lit la phrase et termine par entourer du doigt la case correspondant au mot cible. Ensuite, il donne un nouveau mot et la phrase dans laquelle il apparaît : l'enfant, seul, doit trouver la case correspondant à la place du mot et la pointer. Les items sont des phrases de 8 mots dont l'un est la cible. Nous avons veillé à utiliser des mots de différentes longueurs pour que l'enfant place les unités lexicales dans le tableau et ne se contente pas de pointer les cases en syllabant. Nous n'avons cependant pas mis de difficultés particulières de segmentation bien que cela nous avait été conseillé par Maatouk et Dufour (2010). En effet, il ne nous semblait pas que cela soit pertinent, car mettre en jeu des capacités de segmentation aurait augmenté la difficulté de l'épreuve. De plus, Mahieux et Outrebon (2007, page 52) conseillent de « donner le nombre juste de cases car l'enfant isolera plus facilement chaque unité de base et détectera plus facilement une erreur de segmentation. Notre étude porte sur la place et non l'identification d'une unité de base. » Delos (2012) conseillait dans son mémoire d'utiliser le terme « place », plus connu que « position » ; nous avons suivi son conseil dans l'élaboration de la consigne.

Cotation :

Le score obtenu est 0 ou 1. Nous avons songé à proposer de coter 2/2 pour une réponse correcte, 1/2 si l'enfant se trompait à une case près et 0/2 pour les autres cas. Nos observations nous ont conforté dans notre choix puisque les erreurs consistaient très souvent, dans la majorité des cas, à syllaber certains mots (anniversaire) alors qu'il fallait compter un mot par case, sur la frise. Certains enfants réalisaient alors qu'ils s'étaient trompés puisqu'il semblait manquer quelques cases, alors que d'autres arrivaient à la case n°8 et repartaient de la case n°1 pour terminer

et donner leur réponse, sans que cela ne les gêne. Ainsi, une erreur à une case près ne doit pas être cotée différemment qu'une autre erreur. Les cases correspondant à la réponse attendue de l'enfant sont grisées. Nous ne remplirons pas de case sur le type d'erreur séquentielle pour ces épreuves-ci.

Items	1	2	3	4	5	6	7	8	Score
Item 1									/1

Tableau IV : Cotation des épreuves de localisation

EPREUVE 8 : Localisation d'une syllabe dans un logatome (3 items, 1 exemple) :

La frise figurant sur la planche contient 5 cases (logatomes de 5 syllabes) ; l'examineur pointe une case par syllabe, lorsqu'il lit le logatome proposé en exemple et entoure la case cible. Puis, il lit une phrase et demande à l'enfant de situer la syllabe cible sur la frise. Lors de la création des items, nous avons veillé à ne pas mettre 2 syllabes avec des phonèmes communs dans le même logatome.

Cotation : cf. EPREUVE 7

EPREUVE 9 : Reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes (3 items) :

L'examineur dispose devant l'enfant une planche où figurent 9 cubes, présentés en 3 rangées et 3 colonnes. Il pointe alors avec son doigt 5 cubes différents dans un certain ordre, que l'enfant doit mémoriser pour reproduire l'action. Nous avons repris l'épreuve proposée par Mahieux et Outrebon (2007), constituée de 9 cubes mais avons choisi de travailler en deux dimensions pour des raisons pratiques. L'empan choisi est de 5. L'examineur devra toujours se placer à côté de l'enfant pour éviter toute interversion due à une erreur de symétrie.

Cotation : cf. cotation générale

Pour coter l'OR et les erreurs séquentielles, on retranscrira systématiquement la séquence produite, de façon linéaire, avec les numéros concernant l'ordre de désignation des cubes (1,2,3,4,5 pour une réponse correcte). Par exemple, si l'enfant pointe les cubes 1,2,3,4,5 dans le bon ordre, alors, OR = 5. Si l'enfant pointe 1,3,2,4,5, alors OR = 3 et on note 1 Int. (interversion des n°2 et n°3). Si l'enfant pointe 1,s,3,4,5 (avec « s » pour « substitution », correspondant au pointage d'un autre cube que ceux pointés par l'examineur), alors OR = 4 et on note 1 Sub.

(substitution du n°2 par un intrus). Aussi, si l'enfant pointe 1,2,X,4,5 (avec « X » témoignant d'une omission), alors OR= 4 et on note 1 Om. (omission du n°2). Nous recommandons de noter « s » pour substitution et « X » (croix) pour omission.

EPREUVE 10 : Sériation de nombres ayant les mêmes chiffres (3 items) :

Une planche où apparaît une frise de 5 cases sous laquelle est représentée une flèche allant de gauche à droite, ainsi que 5 étiquettes-nombres comportant les mêmes chiffres, sont fournies à l'enfant. ***Il s'agit de 5 nombres de 3 à 4 chiffres que l'enfant doit ranger et présenter dans l'ordre croissant, sur la frise.*** La flèche permet à l'enfant de visualiser le sens de sériation qui lui est demandé. Nous avons créé 3 items de difficulté croissante : le premier est constitué de nombres à 3 chiffres et les 2 autres comportent 4 chiffres. Nous avons également décidé d'utiliser le zéro dans le dernier item afin d'établir si les enfants pouvaient le traiter correctement, car il peut être à l'origine d'erreurs lors de tâche de transcription chez les enfants de cet âge.

Cotation : cf. cotation générale

L'examineur peut retranscrire la production de l'enfant dans la case du tableau prévue à cet effet ; ou bien, dans la case « item », numéroter l'ordre d'apparition des étiquettes, sous les nombres.

EPREUVE 11 : Réalisation de séquences de mouvements de main sur ordre (3 items) :

L'examineur énonce 4 actions, que l'enfant doit mémoriser, puis réaliser avec la main de son choix, dans le bon ordre. Les items sont constitués de 4 actions (empan de 4). Nous avons choisi des actions facilement réalisables sur les plans moteur et praxique.

Cotation : cf. EPREUVE 5

EPREUVE 12 : Reproduction d'une sériation de bâtonnets (3 items) :

Une image où apparaissent 5 bâtonnets de tailles différentes dans un certain ordre, avec respect de la base, est présentée à l'enfant pendant 10 secondes. Celui-ci doit mémoriser l'image, puis la reproduire à l'aide des bâtonnets dont il dispose. Nous utilisons ici des photographies de sériation, présentées durant un temps limité à l'enfant, plutôt que de faire reproduire la

sériation de l'adulte par l'enfant. Ainsi, il ne reproduit pas des mouvements mais il traite bien la séquence à partir de la ligne de base et de la ligne de crête. Pour la création des 3 items, nous prenons une photographie de nos 5 bâtonnets placés avec respect d'une base, dans un ordre aléatoire, sur un fond noir.

Cotation : cf. cotation générale

Pour coter l'OR et les erreurs séquentielles, on retranscrira systématiquement la séquence produite, de façon linéaire, avec les numéros correspondant à la place des bâtonnets au sein de la séquence cible. Si l'enfant ne respecte pas la base ni l'alignement dans la sériation, on cotera l'item comme si les bâtons se réalignaient à la base et non en se référant à la forme de la crête obtenue.

EPREUVE 13 : Reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu (2 items) :

L'examineur lit un logatome que l'enfant doit écrire à l'aide des lettres mobiles fournies. L'enfant dispose uniquement de lettres nécessaires (aucun distracteur ajouté). Nous proposons ici 2 logatomes dont le nombre de syllabes devait correspondre à des empan de 4 et 5, comprenant chacun un groupe diconsonantique et un digramme. Nous avons fait en sorte qu'aucune règle orthographique n'interfère avec l'épreuve. Nous mettons à disposition de l'enfant uniquement les lettres mobiles nécessaires à reconstituer le logatome.

Cotation : cf. EPREUVE 4

La cotation ne pose généralement pas de problème pour cette épreuve. Néanmoins, certains enfants peuvent se servir d'une lettre à la place d'une autre (par exemple, « on dit que le « L » c'est un « R » »), ou encore dissocier le digramme /an/ (item 1).

La notation des observations qualitatives est primordiale pour pouvoir analyser les productions erronées de l'enfant. Selon la réponse obtenue, une analyse rigoureuse des erreurs séquentielles engendrées sera en effet nécessaire. La connaissance des définitions des erreurs séquentielles est alors indispensable.

EPREUVE 14 : Dénombrement (5 items) :

Il s'agit ici de dénombrer des éléments (losanges) sur contrainte (pointage et comptage à voix haute) et sans contrainte (libre). L'examineur présentera des planches de losanges : 2 avec une disposition linéaire et 3 planches avec une disposition désordonnée. Nous avons créé pour cette épreuve 5 planches où figurent un certain nombre de losanges (supérieur à tout nombre

pouvant être dénombré par le subitizing). Aussi, dans le souci de notre analyse qualitative, pour trois des planches (une planche ordonnée et deux planches désordonnées), nous imposons un comptage à voix haute (énonciation orale de la chaîne numérique) et le pointage simultané des losanges pour trois des planches.

Cotation : cf. cotation générale

Le score obtenu est de 0 ou 1 selon l'exactitude du cardinal trouvé par l'enfant. Les erreurs séquentielles peuvent être des omissions ou des ajouts et doivent être comptées en regardant l'écart entre la réponse de l'enfant et la réponse attendue.

L'observation qualitative reste importante pour l'étude des stratégies.

EPREUVE 15 : Comparaison de deux séquences de signes visuels (5 items) :

L'examineur présente une planche où figurent 2 séquences de symboles visuels, que l'enfant doit comparer en précisant si elles sont identiques ou différentes. Nous avons choisi d'utiliser des symboles n'ayant aucune signification pouvant être connue des enfants. Le matériel est ici non verbal. Les 5 séquences sont de 5, 6 ou 7 symboles et font intervenir des différences du fait d'une omission, d'un ajout, d'une interversion ou d'une substitution. Un cache doit être utilisé pour masquer les items qui suivent et ne pas distraire l'enfant.

Cotation : cf. EPREUVE 1

EPREUVE 16 : Appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite (3 items) :

Une planche de 5 logatomes proches, dont le logatome cible et 4 distracteurs séquentiels, est présentée à l'enfant qui doit pointer le logatome écrit correspondant à celui lu par l'examineur. Les 4 « distracteurs » sont des logatomes résultant d'une erreur séquentielle. L'ordre d'apparition des différents logatomes est aléatoire, en présentation linéaire. Les 3 logatomes créés respectent un empan mnésique auditif allant de 4 à 6 syllabes. Les deux premiers comportent au moins un groupe diconsonantique et un digramme, alors que le dernier, plus long, est constitué de syllabes simples.

Cotation :

Les cases grisées correspondent à la réponse correcte attendue. Le score obtenu sera 0 ou 1. Nous notons les erreurs séquentielles dans la case correspondante : le tableau attribue aux logatomes, d'une part, les chiffres 1, 2, 3, 4 et 5, en tenant compte de la position linéaire et du sens de la lecture par rapport à

l'enfant, et d'autre part, la nature de l'erreur séquentielle correspondant à chaque logatome dans le but de faciliter la cotation de cette épreuve (difficulté de lire les logatomes à l'envers et d'identifier l'erreur présente dans chacun des logatomes).

Items	Réponse					Score	Om	Aj	Int	Sub
	1	2	3	4	5					
Item 1	1	2	3	4	5	/1				
	Om	Aj	Sub	Int						
Item 2	1	2	3	4	5	/1				
	Sub	Int	Aj		Om					

Tableau V : Cotation des épreuves d'appariement

2.6. Passations tests

Nous avons réalisé deux passations-tests, en janvier 2015, qui nous ont permis de nous rendre compte du temps de passation de notre outil (50 minutes), de la pertinence des épreuves proposées et des items créés ; mais aussi de déterminer l'ordre de succession des épreuves et enfin, de parfaire notre système de cotation.

Ainsi, nous avons décidé de supprimer les épreuves suivantes, au regard des contraintes de temps, d'une redondance existante avec une ou d'autres épreuves ou du caractère non spécifique à la séquentialité et à la mémoire de l'ordre de celles-ci :

- Complétion de l'en-tête du livret
- Épreuve des repères topologiques
- Épellation phonémique de logatomes entendus ;
- Localisation d'un phonème dans un logatome ;
- Reproduction de séquences de praxies bucco-faciales.

D'autres épreuves ont été modifiées ; les empan ont pu être remaniés, certains items simplifiés ou complexifiés, des consignes ont été reformulées et des exemples ont été supprimés ou améliorés. Le livret de passation a été modifié pour une meilleure fonctionnalité. Aussi, certaines bandes-sonores ont été remplacées pour obtenir une qualité optimale et un débit adéquat. La bande-sonore de l'épreuve de répétition de logatomes a été supprimée, du fait d'une mauvaise qualité d'écoute et des plaintes formulées par les enfants, qui disaient ne pas entendre correctement.

3. Méthodologie

3.1. Vérification de la normalité de la population

La création d'un outil d'évaluation nécessite une certaine rigueur méthodologique. Il aura tout d'abord été nécessaire, à partir des résultats bruts des enfants tout-venant, de vérifier la normalité de notre population, afin d'en dégager les moyens statistiques idoines à l'élaboration d'une normalisation. Il s'agit de vérifier si nos données réelles suivent une loi normale ou non. Cette dernière est une loi de probabilité pour les variables aléatoires continues définies au moyen d'une densité de probabilité et représentée par une courbe dite « en cloche » ou courbe de Gauss. Il est possible de centrer la distribution (moyenne et médiane égales à 0) et de la réduire (écart-type = 1) au moyen de la loi normale centrée réduite (ou loi de Laplace-Gauss). Lorsque la normalité de la distribution est avérée et que cette loi peut ainsi être appliquée, cela permet la transformation des notes brutes en notes standardisées appelées notes « z ». Par ce principe, les notes sont placées sur une courbe de Gauss dont la moyenne, le mode et la médiane sont confondues et égales à 0 et l'écart-type toujours égal à 1 (ou -1 de l'autre côté). Ainsi, toutes les distributions de notes deviennent équivalentes et peuvent donc être comparées entre elles. Afin d'étudier la normalité de notre distribution, le Professeur Guerrien a ainsi calculé les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement pour chaque variable (type d'erreurs, empan, épreuves et domaines), selon les tests mathématiques de Skewness et de Kurtosis (Annexe 7, page A31). Nous nous intéressons ici à la forme de la courbe représentant la répartition de nos données. Pour pouvoir affirmer à 95% que les variables sont « normales », les valeurs de ces deux coefficients doivent impérativement se situer dans l'intervalle [-2;+2].

3.1.1. Le coefficient d'asymétrie (Skewness)

C'est le premier des paramètres de forme, avec le Kurtosis. Graphiquement, il s'agit de l'étalement à gauche ou à droite de la représentation d'une série statistique ou d'une courbe représentative d'une densité de probabilité (cf. figure 3). Le coefficient d'asymétrie est un nombre sans dimension permettant de comparer des distributions même si leurs échelles diffèrent.

En termes généraux, l'asymétrie d'une distribution est positive si la queue droite de la distribution (à valeurs hautes) est la plus étalée (longue), et négative si la queue gauche de la distribution (à valeurs basses) est la plus étalée (longue). Ce qui

signifie que le coefficient de Skewness est positif lorsque la distribution est décalée à gauche de la médiane et négatif lorsque la distribution est décalée à droite de la médiane. Lorsque la distribution est symétrique, le coefficient d'asymétrie de Skewness est nul.

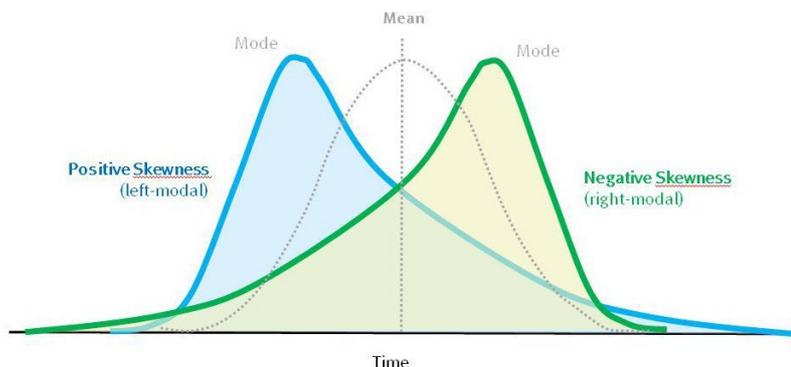


Figure 3 : Symétrie et asymétries d'une distribution

3.1.2. Le coefficient d'aplatissement (Kurtosis)

La Kurtosis ou coefficient d'aplatissement est le deuxième des paramètres de forme, avec le coefficient d'asymétrie. Il correspond à une mesure de l'aplatissement, ou, a contrario, de la pointicité de la distribution d'une variable aléatoire réelle. Ainsi, le Kurtosis donne une information sur les queues de distribution car ce coefficient est grand lorsque nous comptons de nombreuses valeurs éloignées de la moyenne. En effet, un Kurtosis positif indique que les queues comptent plus d'observations que dans une distribution gaussienne. Un Kurtosis négatif indique que les queues comptent moins d'observations que dans une distribution gaussienne. Un Kurtosis nul est celui d'une loi gaussienne. Graphiquement, cela signifie que plus la distribution observée est effilée, plus le coefficient est grand ; et plus la distribution observée est aplatie, plus le coefficient est petit (cf. figure 4).

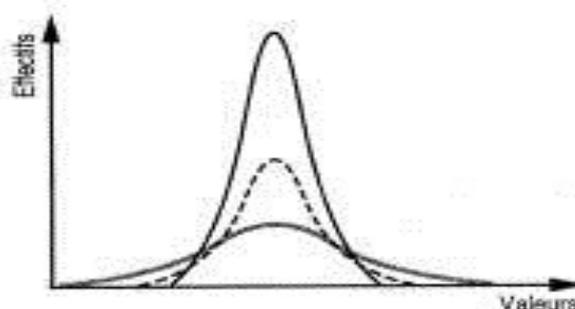


Figure 4 : Aplatissements d'une distribution

3.2. Élaboration des catégories normalisées

Nous utilisons les catégories normalisées dans la mesure où la population étudiée n'est pas strictement gaussienne. C'est pourquoi nous ne pouvons procéder

à une standardisation des notes par la loi normale centrée réduite. Nous avons constaté que la plupart des épreuves (11/16) avaient une normalité acceptable à 95%. Les conditions étaient donc remplies pour permettre une translation d'une courbe normale vers la courbe de la loi normale réduite. Cette translation contribue à normaliser la distribution. En revanche, la loi normale réduite ne suffirait pas à établir un étalonnage d'après nos distributions. L'objectif de l'utilisation de la loi normale réduite était de pouvoir comparer les performances d'enfants cibles d'une épreuve à l'autre. De plus, l'établissement des catégories normalisées a pour but d'identifier des effets plafond ou plancher, indiquant alors une nécessité de remanier les épreuves qui seraient concernées.

Pour déterminer les catégories normalisées, il s'agit de définir à quel seuil de notre courbe (par rapport à la loi normale), nous désirons fixer la limite inférieure et/ou supérieure d'une catégorie, en sachant que la répartition des effectifs selon la courbe de Gauss est la suivante : catégorie I 6,7 %, catégorie II : 24,2 %, catégorie III : 38,2 %, catégorie IV : 24,2 %, catégorie V : 6,7 %. Ensuite, nous prenons l'écart-type (Annexe 8, page A32) de notre variable et la multiplions par ce seuil défini ; le total est ensuite déduit de la moyenne de la variable. Cette traduction des valeurs statistiques en valeurs entières doit être faite pour chacun des scores de la batterie pour lesquels cela est envisageable. Ainsi, nous effectuons une translation de la courbe « normale » des valeurs brutes vers la courbe issue de la loi normale réduite, tout en respectant les particularités de la courbe initiale.

Nous avons fait le choix de créer 5 catégories normalisées se répartissant comme suit (chaque catégorie est illustrée par l'exemple du calcul des catégories pour le score au total des erreurs séquentielles) :

- Catégorie V : données inférieures ou égales à -1,5 d'après la loi normale réduite. Exemple : pour le total des erreurs séquentielles, $m = 25,683$ et $\sigma = 9,769$, pour la catégorie I nous avons donc $25,683 - (9,769 \times 1,5) = 11,02$. Ceci nous permet de décider la limite supérieure de la catégorie V pour cette épreuve. Ici, elle correspond à 11 et moins.
- Catégorie IV : de -1,5 à -0,5 dans la loi normale réduite. Exemple : $25,683 - (9,769 \times 0,5) = 20,80$. D'où la décision que cette catégorie corresponde à l'intervalle situé entre 11 et 20.
- Catégorie III : de -0,5 à +0,5 dans la loi normale réduite. Exemple : $25,683 + (9,769 \times 0,5) = 30,56$. Cette catégorie correspond à ce qui est compris entre 21 et 30.

– Cat II : de +0,5 à +1,5 dans la loi normale réduite. Exemple : $25,683 + (9,769 \times 1,5) = 40,33$. D'où la décision que cette catégorie correspond à ce qui est compris entre 31 et 40.

– Catégorie I : plus de 1,5 dans la loi normale réduite. Cette catégorie correspond à ce qui est supérieur à 40.

Pour les scores aux erreurs séquentielles, pour lesquels la réussite se manifeste par un score le plus faible possible, il est essentiel de veiller à changer le signe du seuil. La catégorie I doit pouvoir permettre la mise en évidence d'une faible performance chez un enfant qui présenterait des difficultés. La catégorie V doit, elle, correspondre à de bonnes performances.

Un effet plafond est mis en évidence lorsque la dernière catégorie ne peut être constituée, aussi, dans ce cas, l'épreuve doit être complexifiée. De même, cette opération peut mettre en évidence un effet plancher, qui doit amener à simplifier les épreuves. Lorsque la constitution de catégories normalisées s'avère impossible, il est alors essentiel de revoir les items des épreuves concernées afin d'en ajouter et de gagner en sensibilité.

3.3. Création de domaines

Nous avons créé 5 domaines, regroupant les épreuves en fonction de la modalité d'entrée ou de sortie ou encore de la notion de cellule rythmique. L'intérêt de ces domaines est d'observer le développement séquentiel en fonction de ceux-ci, afin de vérifier notre hypothèse d'un développement hétérogène de la séquentialité, permettant grâce au postulat d'un superviseur commun, de s'appuyer sur les domaines préservés pour améliorer les compétences séquentielles dans les domaines déficitaires. Ces domaines vont nous permettre d'étudier les corrélations intra-domaines et inter-domaines, permettant de répondre à certaines de nos hypothèses.

- Domaine du rythme (épreuves organisées autour de la cellule rythmique) : Comparaison de deux séquences rythmiques (N°1), Reproduction de séquences rythmiques (N°2) ;
- Domaine visuo-spatial (épreuves avec une modalité d'entrée visuelle en 2D) : Reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes (N°9), Sériation de nombres ayant les mêmes chiffres (N°10), Reproduction d'une

- sériation de bâtonnets (N°12), Dénombrement (N°14), Comparaison de deux séquences de signes visuels (N°15) ;
- Domaine verbal (épreuves avec une modalité d'entrée auditivo-verbale) : Comparaison de deux logatomes (N°3), Répétition d'un logatome (N°4), Exécution de consignes complexes (N°5), Localisation d'un mot dans une phrase (N°7), Localisation d'une syllabe dans un logatome (N°8), Réalisation d'une séquence de mouvements de main sur ordre (N°11), Reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu (N°13), Appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite (N°16) ;
 - Domaine moteur (épreuve organisée autour de la motricité globale en modalité d'entrée et de sortie) : Reproduction de séquences de mouvements sur imitation (N°6) ;
 - Domaine réponse motrice (épreuves ayant une réponse motrice comme modalité de sortie) : Reproduction de séquences rythmiques (N°2), Exécution de consignes complexes (N°5), Reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes (N°9), Réalisation d'une séquence de mouvements de main sur ordre (N°11), Dénombrement (N°14).

Le quatrième domaine se constituant d'une unique épreuve, strictement motrice, ne fera pas l'objet d'étude de corrélations intra-domaines. Il nous servira néanmoins à l'étude de corrélations inter-domaines.

Le cinquième domaine « réponse motrice » nous intéresse dans le but d'étudier le lien entre le type de réponse et les capacités séquentielles dans l'étude des corrélations. Cependant, il reprend des épreuves appartenant déjà aux autres domaines. Ainsi, il n'est pas à conserver en tant que domaine dans l'étude des résultats des enfants par domaine (dans l'éventualité d'une étude par profil en fonction des domaines).

3.4. Études des corrélations

Afin de vérifier la cohérence de notre outil, nous nous intéresserons à la présence de corrélations entre les résultats des différentes épreuves dans le but de souligner l'utilité de chacune de nos épreuves par rapport aux autres et de vérifier ainsi la pertinence et la non-redondance de chaque épreuve. L'étude des corrélations nous servira aussi à savoir si les procédures et les compétences en mémoire de l'ordre sont spécifiques à des domaines (corrélations inter-domaines) et si elles sont

relativement générales à l'intérieur d'un même domaine (corrélations intra-domaines). Nous étudierons également l'interrelation entre l'empan classique et l'empan ordre relatif puis la corrélation de chacun de ces deux empan avec les différentes épreuves pour vérifier la pertinence d'un mode de cotation centré sur l'ordre relatif dans l'évaluation de la séquentialité. Enfin, nous étudierons les corrélations possibles entre le nombre total d'erreurs séquentielles et les empan pour mettre en évidence la place importante des capacités mnésiques dans la séquentialité et ainsi justifier le choix de proposer des épreuves mnésiques préalables.

Puisque notre effectif est important, nous avons utilisé un test paramétrique : le coefficient R de Bravais-Pearson. Il s'agit d'un indice statistique qui permet d'analyser un ensemble de données en paires (données bivariées) et de déterminer s'il y a une association ou un lien entre les deux variables. Pour cela, les données sont transcrites sur un graphique appelé « diagramme de dispersion » sur lequel apparaît un nuage de points. Le nombre de points est équivalent à la taille de l'échantillon. Ensuite, nous résumons graphiquement le nuage de points par une droite, dite de « régression ». La qualité de cette régression est mesurée par le coefficient de corrélation. Ce résumé peut être plus ou moins bon. Les données ainsi calculées sont récapitulées dans des tableaux nommés « matrices de corrélations ». Le coefficient de corrélations R exprime alors l'intensité et le sens (positif ou négatif) de la relation linéaire entre les deux variables quantitatives. Il est indépendant des unités choisies pour les échelles de mesure utilisées pour les deux variables ; R est un nombre sans dimension, c'est-à-dire sans unités.

Le coefficient de corrélation varie entre -1 et 1, avec 0 signifiant l'absence de corrélation. Si sa valeur est positive, il indique une variation simultanée dans le même sens des deux variables. Si elle est négative, il indique une variation simultanée en sens inverse des deux variables. Ainsi, plus le coefficient obtenu est proche de 1, plus la corrélation entre les variables est grande.

L'interprétation du coefficient de corrélation de Bravais Pearson se fait à l'aide de la table R de Bravais-Pearson. Les valeurs de la table dépendent du nombre d'observations (ici 101 participants) et du niveau de confiance que nous nous fixons. Le seuil habituel de confiance est de 95%, soit $p < 0,05$. Le « p » (ou risque alpha) représente le risque encouru lorsque l'hypothèse est acceptée, c'est-à-dire, le risque que nous courrons à affirmer qu'il existe une différence significative entre deux

variables. La table exprime la limite supérieure qui peut être imputée au hasard, soit la valeur maximale de R pour laquelle nous ne pouvons pas exclure que la corrélation soit de l'ordre du hasard.

D'après la table R de Bravais-Pearson, nous avons déterminé qu'à $n-1=100$, soient 101 valeurs, pour $p<0,05$, le seuil inférieur de signification du coefficient de corrélation linéaire (R) est 0,194 ; ce qui signifie que pour 101 participants, nous pouvons prédire la corrélation entre les deux variables avec un risque $p<0,05$ si la valeur calculée de R dépasse 0,194. Cependant, en nous basant sur nos données et notre effectif, nous avons choisi d'étudier les corrélations avec un risque plus faible soit $p<0,01$. Ainsi, pour $n=101$ et $p<0,01$, la valeur calculée de R dépasse 0,254 ; ce qui signifie que si la valeur de R est supérieure à 0,254, nous avons 1 chance sur 100 de nous tromper en affirmant la corrélation des deux variables.

Résultats

Suite à la création de notre batterie courte d'évaluation de la séquentialité et à la réalisation de nos passations auprès d'enfants tout-venant et des enfants présentant un trouble spécifique, nous avons analysé les résultats obtenus aux épreuves sur différents plans.

Tout d'abord, nous rappellerons brièvement les caractéristiques générales des participants et nos observations qualitatives. Puis, nous présenterons les résultats quantitatifs et qualitatifs des participants tout-venant. Ensuite, nous rechercherons d'éventuelles corrélations entre les différentes épreuves de notre batterie afin d'analyser la pertinence des épreuves sélectionnées. Pour finir, nous présenterons une étude qualitative des résultats de 3 enfants porteurs d'un trouble spécifique.

1. Résultats des participants tout-venant

1.1. Rappel des caractéristiques générales des participants

Nous avons effectué 101 passations dans cinq écoles différentes de Loire-Atlantique et du Nord. Les passations duraient entre 25 et 35 minutes. Notre population d'enfants tout-venant est constituée de 50 filles et de 51 garçons âgés de 8 ans 0 mois à 9 ans 2 mois et tous scolarisés en classe de CE2. Les passations se sont déroulées du 27 janvier au 26 mars 2015.

1.2. Comportements généraux durant les passations

Les enfants rencontrés ont fortement apprécié la situation duelle et les passations se sont déroulées sans encombres. Ils étaient généralement attentifs aux épreuves et très coopérants. Les enfants ressortaient souriants et nul ne s'est plaint de la durée ni de la difficulté.

1.3. Difficultés rencontrées dans les lieux de passation

Les passations se sont déroulées dans des conditions pouvant être différentes selon les écoles. En effet, certaines salles étaient peu isolées et le bruit ainsi que le passage de personnes extérieures pouvaient perturber les enfants. De plus, les horaires de récréation étaient différentes selon les écoles et suivant le niveau scolaire ; ils pouvaient parfois être perturbés par les sonneries et les cris des autres élèves dans le couloir. Dans l'une des écoles, il nous a été possible d'évaluer les élèves volontaires et motivés, sur le temps de la récréation, au cours duquel l'environnement était plus bruyant, et ainsi, plus gênant. Enfin, trois enfants ont

effectué leur passation en deux fois : une partie avant et une partie après la récréation. Ces différentes remarques sur les lieux de passation, nous obligent à relativiser les résultats inter-individuels. Ici, les résultats ne seront pas étudiés sous forme de cas individuels mais nous traiterons les données globalement, à l'échelle de l'échantillon.

1.4. Résultats quantitatifs des enfants tout-venant

Nous avons recueilli toutes les notes brutes (scores d'empan ; scores aux épreuves ; nombre de chaque type d'erreurs séquentielles) dans un tableau et avons calculé la moyenne et l'écart type pour chaque critère de cotation grâce au logiciel Statview et avec l'aide précieuse du Professeur Alain Guerrien (Annexe 8, page A32). Rappelons que les moyennes et écart-types nous aurons été nécessaires pour établir les 5 catégories normalisées.

Les résultats bruts aux différentes épreuves montrent que toutes les épreuves ont pu être réussies : le maximum pour chaque épreuve a été atteint par au moins un enfant. Nous observons donc déjà des « effets plafond ». Ces derniers apparaissent clairement dans l'élaboration des catégories normalisées (Annexe 9, page A33) avec une catégorie 5 qui ne peut exister pour les épreuves : « comparaison de rythmes », « reproduction de rythmes », « répétition de logatomes », « consignes complexes », « cubes », « mouvements de main » et « dénombrement ».

Les écarts-types obtenus sont parfois relativement élevés ce qui montre une hétérogénéité des résultats des enfants autour de la moyenne.

De plus, la constitution de catégories normalisées a parfois été impossible au vu de l'étude de normalité pour ces épreuves, il s'agit des épreuves : « comparaison logatomes », « localisation de syllabes », « sériation de nombres », « lettres mobiles » et « comparaison signes visuels ». Les épreuves « localisation de mots » et « appariement de logatomes » n'ont pas fait l'objet de traitement par catégories normalisées car ces épreuves, notées 0, 1, 2 ou 3, ne permettent l'obtention que de 4 scores différents. Il est ainsi impossible de créer 5 catégories normalisées pour ces épreuves.

Les empan endroit vont de 4 à 8 selon les enfants ; les empan envers de 2 à 6 en cotation empan classique et de 3 à 7 en cotation empan ordre relatif ; les empan de mots vont de 3 à 6.

Le nombre total d'erreurs séquentielles s'étend de 8 à 55, ce qui montre une très grande hétérogénéité. L'existence de chaque type d'erreurs séquentielles n'était

pas présente chez tous les enfants. Les omissions sont les plus fréquentes (moyenne de 8,188) et les résurgences/persévérations les moins observées (moyenne de 1,475). Elles sont plus rares, leur maximum atteint est de 6 contre 13 ou 14 pour les autres, sauf les omissions qui atteignent 30. La moyenne des anticipations est de 3,871 soit supérieure à celle des persévérations.

1.5. Résultats qualitatifs aux différentes épreuves

Épreuve préalable 1 - Empans de chiffres : Particulièrement longue et difficile pour les enfants. Nous devions donc les encourager et les rassurer au cours de l'épreuve. Les enfants pouvaient s'apercevoir qu'ils avaient omis un chiffre ou que l'ordre de restitution était incorrect, ce qui pouvait les contrarier et les décourager. Nous leur indiquions que cela était normal et que cela pouvait être difficile même pour les adultes, lorsqu'il y avait beaucoup de chiffres. Nous leur précisions que l'important était de faire du mieux qu'ils pouvaient même s'il manquait des chiffres.

Épreuve préalable 2 - Empan de mots : Très peu d'enfants ont réussi le dernier item (séquence à 6 mots). Beaucoup substituaient des mots par des mots sémantiquement ou phonologiquement proches, ou commettaient beaucoup d'omissions.

Épreuve 1 - Comparaison de deux séquences rythmiques : Globalement très bien réussie sur les premiers items et le dernier item était beaucoup plus échoué (séquence plus longue). Certains enfants jugeaient différents les deux stimuli identiques, nous supposons un phénomène d'habituation ou une erreur d'attention.

Épreuve 2 - Reproduction de séquences rythmiques : Appréciée des enfants qui pouvaient néanmoins avoir des difficultés à arrêter le nombre de coups, ou à respecter les latences. Certains comptaient le nombre de coups.

Épreuve 3 - Comparaison de deux logatomes : Assez bien réussie. Le dernier item pouvait être mal perçu (ajout du // final entre « choupasékotiprima » et « choupasékotiprimal »), mais l'erreur n'était pas systématique. Certains pouvaient être moins attentifs sur ce dernier item et alors précipiter leur réponse, sans avoir écouté le stimulus intégralement. Comme pour la comparaison de rythmes, nous relevions ici des erreurs sur les séquences identiques.

Épreuve 4 - Répétition d'un logatome : Les deux premiers items à 3 syllabes ont été très bien réussis. Les erreurs se produisaient sur les mots plus longs. Nous relevions notamment beaucoup d'erreurs sur le dernier item avec une erreur de répétition, non systématique, sur le couple sourde/sonore (c/k) dans

« cranpégonblaju ». Dans ce même item, nous avons observé de nombreuses erreurs d'anticipation du /b/ et du // avec, parfois, persévération du /g/. Dans l'ensemble, nous avons eu beaucoup de transformations sur la partie « pégonbla ». Nous n'avons jamais relevé de troubles articulatoires, ce dont nous n'aurions tenu compte si nous en avions observé.

Épreuve 5 - Exécution de consignes complexes : La manipulation de la dînette a été fortement appréciée. Dans l'item 2, les enfants pouvaient taper de différentes façons (de leur main ou avec un couvert), ce qui ne posait pas de problème pour l'attribution du score. Cependant, il n'était pas correct de taper plusieurs coups, ce qui est arrivé régulièrement. Les enfants renversaient parfois le verre en tapant un coup sur celui-ci ; nous avons décidé d'accepter cette possibilité dans notre cotation.

Épreuve 6 - Reproduction de séquences de mouvements sur imitation : Nous avons relevé beaucoup d'omissions lors de cette épreuve.

Épreuve 7 - Localisation d'un mot dans une phrase : Elle était moins bien réussie que l'épreuve N°8 (localisation syllabe). Certains syllabaient le mot « anniversaire » au lieu de le compter comme une unité, du fait que les autres mots de la phrase soient monosyllabiques. Quelques enfants pointaient les cases du doigt, alors que d'autres les pointaient du regard. D'autres encore oubliaient le mot cible.

Épreuve 8 - Localisation d'une syllabe dans un logatome : Cette épreuve était plus facile que la précédente. Seule une petite minorité d'enfants ont mieux réussi l'épreuve précédente, pour des raisons d'inattention probablement.

Épreuve 9 - Reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes : Rarement entièrement réussie : les enfants pointaient généralement le bon nombre de cubes mais des séquences très modifiées pouvaient être produites.

Épreuve 10 - Sériation de nombres ayant les mêmes chiffres : Bien réussie dans l'ensemble. Les erreurs portaient essentiellement sur les nombres à 4 chiffres (items 2 et 3). Les enfants adoptaient parfois des stratégies inefficaces : ils repéraient le premier chiffre du nombre mais sans mettre de côté les différentes étiquettes, puis ils triaient les nombres en fonction de leurs trois derniers chiffres uniquement. Plusieurs erreurs d'inattention avec ou sans autocorrection ont été relevées. Aucune méconnaissance du système en base 10 n'a été observée.

Épreuve 11 - Réalisation de séquences de mouvements de main sur ordre : Chez une minorité d'enfant, nous avons remarqué des problèmes de compréhension pouvant perturber l'épreuve (par exemple, ils ouvraient les mains, ou leurs bras, au

lieu d'ouvrir la main). Nous avons remarqué beaucoup d'erreurs sur l'action « bouge le pouce » substitué en « sors le pouce ». Enfin, l'observation pouvait être difficile lorsque la réalisation était approximative ou cachée (par leur autre main ou sous la table). Nous ne tenions pas compte de la subvocalisation, même si elle n'était pas forcément conforme à l'énoncé.

Épreuve 12 - Reproduction d'une sériation de bâtonnets : Il était nécessaire pour certains enfants de verticaliser les bâtonnets devant eux, sur la table, afin de les comparer et de prendre en compte la base ; d'autres les comparaient deux à deux, d'autres encore les comparaient en les mesurant de leur doigt. Ceux-là pouvaient aussi placer leurs doigts sur la planche lors de sa présentation pour mesurer les bâtonnets. Certains enfants dénommaient les bâtonnets, par leur taille par exemple, et recomposaient ainsi la séquence oralement. Plusieurs enfants ne respectaient pas précisément la base des bâtonnets et l'alignement dans la sériation était approximatif. Un enfant a agencé les bâtonnets horizontalement devant lui et n'a donc pas reproduit correctement la séquence, il n'a pas comparé les bâtonnets et n'a pas respecté la base. La cotation a été particulièrement complexe. Nous avons décidé de retourner la séquence afin de pouvoir la comparer avec la sériation cible et ainsi effectuer notre cotation de cette manière. Enfin, un enfant a systématiquement sérié 4 bâtonnets sur 5, commettant alors une omission dans chaque item.

Épreuve 13 - Reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu : Un petit nombre d'enfants a commis des erreurs dues à l'utilisation des lettres mobiles. Elles pouvaient être utilisées retournées sur leur axe vertical (ex : la lettre R retournée « Я »), sans que cela ne soit pénalisant dans la cotation mais important à prendre en compte de manière qualitative car cela peut donner à l'examineur des éléments concernant l'organisation spatiale et les capacités visuelles de l'enfant. Plus rarement, certains enfants ont utilisé une lettre pour une autre en la détournant, par exemple, ils utilisaient le L tourné pour le R (ex : Г) ou le C couché pour le U ou bien le V à l'envers pour un A, ce qui pouvait alors entraîner des erreurs de substitution, d'omission ou d'ajout et d'anticipation. Les enfants n'utilisaient pas systématiquement toutes les lettres et pouvaient laisser un espace, nous indiquant qu'à cet emplacement il manquait une lettre qu'ils nous citaient. Ils ne semblaient pas perturbés par le fait que la lettre concernée ne leur soit pas fournie.

Épreuve 14 - Dénombrement : Globalement très bien réussie par les enfants. Au comptage libre, les stratégies étaient diversifiées : certains comptaient tous les

éléments, d'autres les regroupaient par deux, trois, quatre ou cinq. Certains comptaient de haut en bas et de gauche à droite ou de droite à gauche ou encore de bas en haut. D'autres n'ont pas eu de stratégie dans l'organisation spatiale. Ils ne se trompaient pas pour autant sur la valeur du cardinal. Dans le comptage libre, certains utilisaient spontanément le pointage et d'autres subvocalisaient. Au comptage indicé, nous avons observé une incoordination entre le pointage et l'énonciation de la chaîne numérique seulement chez trois enfants. Les autres erreurs étaient dues à des défauts de stratégie visuelle ou d'attention : un item oublié, ou compté deux fois.

Épreuve 15 : Comparaison de deux séquences de signes visuels : Très bien réussie en général. Quelques enfants comptaient les unités des séquences à comparer et d'autres les comparaient une à une.

Épreuve 16 - Appariement d'un logatome entendu à un logatome écrit : Peu réussie dans l'ensemble. Les enfants ne regardaient pas toujours tous les logatomes avant de pointer et s'arrêtaient souvent au 2ème ou 3ème. Nous leur avons pourtant précisé que tous les mots étaient différents. Les enfants avaient tendance à se précipiter et les erreurs n'étaient pas remarquées. En somme, le repérage des erreurs séquentielles des logatomes écrits a été difficile pour les CE2.

2. Études des corrélations entres les résultats des différentes épreuves

Pour l'analyse de nos résultats, nous avons regroupé les épreuves en 5 domaines : le domaine du rythme (épreuves 1 et 2), le domaine moteur (6), le domaine visuo-spatial (9, 10, 12, 14 et 15), le domaine verbal (3, 4, 5, 7, 8, 11, 13 et 16) et le domaine « réponse motrice » (2, 5, 9, 11 et 14). Ceci nous permet d'analyser plus finement les résultats et d'étudier les corrélations inter-domaines mais aussi intra-domaines. Les matrices de corrélations ont été obtenues à partir du logiciel Statview.

2.1. Étude des corrélations inter-épreuves

Nous avons recherché la présence de corrélations entre les résultats des différentes épreuves pour nous assurer de la cohérence et de la non-redondance de celles-ci.

Pour commencer, nous avons étudié les corrélations entres les épreuves que nous avons créées pour notre batterie. La matrice des corrélations est disponible en

annexes (Annexe 10, page A34). Il s'avère que si nous étudions les corrélations avec un risque $p < 0,05$, nous obtenons l'existence de 29 corrélations inter-épreuves. Comme mentionné ci-dessus, nous avons fait le choix d'affiner l'étude de nos corrélations au risque $p < 0,01$. Nous obtenons alors 12 corrélations inter-épreuves.

L'épreuve N°2 « reproduction de séquences rythmiques » est celle qui est corrélée avec le plus d'épreuves (tous les domaines, tout type de réponses). Elle est corrélée avec une épreuve du domaine rythmique (cf. corrélations intra-domaines), trois du domaine verbal et une du domaine visuo-spatial. Ces épreuves ont des réponses verbales (complexes ou binaires) ou motrices (sériation ou pointage). La production de rythmes est donc liée à différentes épreuves séquentielles.

Ensuite, nous observons plusieurs corrélations avec les épreuves N°7 (localisation mot), N°4 (répétition logatomes) et N°16 (appariement logatome entendu à lu). Les deux premières sont corrélées entre elles (cf. corrélation intra-domaines) et avec l'épreuve N°2 (reproduction rythmes). La troisième est corrélée avec les deux épreuves du domaine rythmique. De plus, les épreuves N°7 (localisation mot) et N°8 (localisation syllabe) sont corrélées. Il s'agit de deux épreuves similaires se situant chacune à un niveau différent : morphosyntaxique et phonologique. Les épreuves N°4 (répétition logatomes) et N°16 (appariement logatome entendu à lu) sont toutes deux corrélées ; cette dernière étant corrélée à l'épreuve N°11 (mouvements de mains). Ces trois épreuves appartiennent au domaine verbal avec une réponse motrice, verbale ou écrite (cf. corrélations intra-domaines). Les épreuves N°16 (appariement logatome entendu à lu) et N°10 (sériation de nombres) sont corrélées : la première est une épreuve verbale et la deuxième une épreuve visuo-spatiale, cependant elles ont toutes les deux une réponse non-verbale (pointage ou sériation).

Pour finir, nous observons une corrélation entre les épreuves N°5 (consignes complexes) et 12 (sériation bâtonnets), qui n'appartiennent pas au même domaine mais ont toutes deux des réponses motrices. Au risque $p < 0,05$, cette épreuve N°12 obtient beaucoup de corrélations inter-épreuves. Elle est donc corrélée à des épreuves de tous les domaines ayant des réponses motrices, de pointage ou verbales de type binaire, aucune réponse verbale complexe.

De plus, nous soulignons que l'épreuve N°14 « dénombrement », n'a aucune corrélation avec les autres épreuves de la batterie, même au risque $p < 0,05$.

2.2. Étude des corrélations inter-domaines

Nous avons étudié les corrélations existantes afin de rechercher des liens entre les domaines et de vérifier que ceux-ci ont été correctement constitués. Nous nous demandons en effet si les capacités séquentielles dépendent d'un domaine en particulier, si elles dépendent de la modalité d'entrée ou de sortie et si elles se développent effectivement de façon hétérogène (Mahieux et Outrebon, 2007). Aussi souhaitons-nous vérifier que les capacités séquentielles ne sont pas tributaires de certains modes de réponses.

Nous avons poursuivi notre étude par l'observation des corrélations inter-domaines. Pour cela, nous avons additionné, par domaine, le score obtenu à chaque épreuve du domaine. Nous avons alors obtenu un score global du domaine nous permettant alors de réaliser une matrice de corrélation (Annexe 11, page A35).

Nous observons trois corrélations inter-domaines au risque $p < 0,01$: les domaines visuo-spatial et du rythme ; visuo-spatial et moteur et enfin verbal et du rythme. Au risque $p < 0,05$, nous observons également la corrélation du domaine verbal et du domaine visuo-spatial.

Nous avons voulu créer un domaine « réponse motrice » regroupant les épreuves ayant pour modalité de sortie une réponse motrice. Cependant, ce domaine reprenant des épreuves de tous les autres domaines, il est évidemment corrélé à tous les domaines. Nous ne l'avons donc pas conservé.

2.3. Étude des corrélations intra-domaines

L'étude des corrélations intra-domaines nous permet d'étudier entre elles les épreuves appartenant à un même domaine. Elle nous permet de vérifier que nos épreuves mettant en jeu certaines compétences communes, restent pour autant distinctes et non redondantes. Aussi nous cherchons à confirmer que le type de réponse ne soit pas un facteur de corrélation prépondérant.

Nous avons créé une matrice de corrélations pour chaque domaine (Annexe 12, page A36) dans lesquelles nous avons regroupé toutes les épreuves appartenant au même domaine pour étudier les corrélations existantes entre ces épreuves.

Domaine du rythme : les deux épreuves sont corrélées avec un risque $p < 0,01$.

Domaine visuo-spatial : seules les épreuves N°9 (cubes) et 12 (sériation bâtonnets) sont corrélées et avec un risque $p < 0,05$.

Domaine du langage : sont corrélées avec $p < 0,01$ les corrélations suivantes :

- N°4 (répétition logatomes) et N°7 (localisation mot) ;
- N°4 (répétition logatome) et N°16 (appariement logatome entendu à lu) ;
- N°7 (localisation mot) et N°8 (localisation syllabe) ;
- N°11 (mouvements main) et N°16 (appariement logatome entendu à lu) ;

Domaine des « réponses motrices » : il n'y aucune corrélation avec un risque $p < 0,01$.

En définitive, des corrélations intra-domaines existent mais elles ne sont pas prédominantes. Des épreuves d'un même domaine peuvent mettre en jeu des capacités différentes créant ainsi une hétérogénéité des résultats intra-domaines.

2.4. Résultats aux épreuves préalables

2.4.1. Étude des résultats aux empans classiques

RESULTATS CLASSIQUES	EMPANS	ENDROIT		ENVERS		MOTS	
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type
Résultats aux épreuves préalables (passation sans critère d'arrêt)		5,416	1,061	3,495	0,890	4,099	0,728
Étalonnage BALE (passation avec critère d'arrêt)		4,43	0,76	3,65	0,88	3,85	0,36

Tableau VI : Comparaison de l'étalonnage des épreuves préalables avec celui de la BALE

La comparaison des résultats de la BALE avec les nôtres nous permet d'apprécier l'intérêt de présenter l'épreuve dans son intégralité, sans critère d'arrêt.

Nous avons comparé nos résultats obtenus aux épreuves préalables avec l'étalonnage de ces mêmes épreuves dans la BALE. Cependant, il est nécessaire de rappeler que seule l'épreuve préalable 1 est directement tirée de la BALE, néanmoins, sa consigne d'arrêt n'a pas été respectée lors de nos passations afin d'en retirer davantage de données (empans item et ordre relatif). L'épreuve préalable 2 a été créée par nos soins (cf. création des épreuves). Aussi, nous effectuons ici une comparaison qui doit être considérée avec réserve.

Ces résultats sont récapitulés dans le tableau VI ci-dessus.

Nous observons que la moyenne des résultats à l'empan classique endroit paraît meilleure que celle obtenue dans la BALE.

Au contraire, les résultats que nous obtenons aux empans classiques envers semblent très proches de ceux de la BALE : notre moyenne à l'empan classique ainsi que notre écart-type sont quasiment identiques à ceux de la BALE.

2.4.2. Corrélations des empan

Par l'étude des corrélations entre les différents empan, nous cherchons à montrer que, bien que les empan de différents modes de cotations soient liés, ils n'évaluent pas la même chose. L'objectif est de prouver l'intérêt de recourir au mode de cotation de l'ordre relatif ; pour cela, il n'est donc pas souhaitable que les corrélations atteignent la valeur de 1.

Nous avons étudié les corrélations entre les différents scores d'empan obtenus dans la batterie (Annexe 13, page A37). Il s'agit des scores obtenus aux deux épreuves préalables « empan de chiffres » et « empan de mots » (classique endroit, envers et mots ; items endroit, envers et mots ; ordre relatif endroit, envers et mots). Nous observons très nettement de fortes corrélations entre les différents scores d'empan. En effet, les scores d'empan sont corrélés deux à deux, avec un risque $p < 0,01$, hormis le score empan item envers pour la plupart de ses corrélations inter-empan. Également, les scores empan ordre relatif envers et empan ordre relatif mots ne sont corrélés qu'à un risque $p < 0,05$.

Ces corrélations sont parfois même très élevées. Par exemple, sur la cotation de l'empan de mots, nous observons que la corrélation entre le score empan ordre relatif et le score empan classique est de 0,865. Cependant, les coefficients n'atteignent jamais 1 et si pour l'empan envers, nous observons que la corrélation entre le score empan ordre relatif et le score empan classique est de 0,551.

2.4.3. Corrélations empan vs épreuves séquentielles

Nous visons ici à mettre en évidence le lien entre les capacités mnésiques et les performances des élèves aux épreuves séquentielles. Nous supposons qu'il est essentiel de connaître les capacités mnésiques des individus pour pouvoir étudier leurs capacités séquentielles. Plus particulièrement, nous cherchons à démontrer le lien entre les capacités de rétention de l'ordre (empan ordre relatif) et les performances à ces épreuves.

Nous avons relevé 41 corrélations entre les scores d'empan et les scores aux épreuves de la batterie dont 28 corrélations uniquement à un risque $p < 0,05$ et 13 corrélations à un risque $p < 0,01$ (Annexe 14, page A38).

Nous remarquons que l'épreuve N°2 (reproduction rythmes) est celle qui revient la plus souvent dans les corrélations ci-dessus (6 fois sur 13 corrélations), elle est même corrélée à tous les scores d'empan avec un risque $p < 0,05$.

De plus, nous observons que les scores d'empan, venant des épreuves préalables, sont uniquement corrélés à des épreuves du domaine rythmique et du domaine verbal, et ceci reste vrai même si nous descendons à un risque $p < 0,05$, toutes les épreuves verbales et rythmiques sont corrélées à au moins un score d'empan mais il n'existe aucune corrélation des empan avec les épreuves visuo-spatiales ou motrices.

Également, nous remarquons que les corrélations observées le sont essentiellement avec les empan endroit et les empan de mots. En effet, nous obtenons 4 à 7 corrélations suivant le type de score pour les empan endroit et les empan de mots, à un risque $p < 0,05$, contre 3 corrélations pour chaque score d'empan envers. Ces corrélations concernant majoritairement les épreuves du domaine du rythme. A un risque $p < 0,01$, nous n'obtenons qu'une corrélation avec les empan envers sur les 13 citées.

Les corrélations ne semblent pas significativement plus importantes avec les cotations en ordre relatif qu'en empan classique mais il existe tout de même plus de corrélations avec les empan lorsque nous regardons les scores en ordre relatif. En effet, nous obtenons 4 corrélations entre les scores ordre relatif et les épreuves contre 2 corrélations entre les scores d'empan classiques et les épreuves, avec un risque $p < 0,01$. Les corrélations avec les scores d'empan item sont elles plus importantes, avec 7 corrélations à un risque $p < 0,01$. Cependant, ces scores sont à relativiser car si nous regardions les corrélations à un risque $p < 0,05$, nous obtenons 15 corrélations avec les scores en ordre relatif, 14 corrélations avec les empan classiques et 12 corrélations avec les empan item.

En somme, nous remarquons des corrélations entre les épreuves de notre batterie et les scores aux épreuves préalables mais celles-ci ne concernent que les épreuves rythmiques et verbales avec essentiellement les empan de chiffres endroit et les empan de mots.

2.5. Résultats en fonction du nombre et des types d'erreurs séquentielles

2.5.1. Corrélations entre les types d'erreurs séquentielles

Par l'étude des corrélations entre les types d'erreurs séquentielles, nous cherchons les liens qui peuvent exister entre les différents types d'erreurs.

Nous avons étudié les corrélations entre les scores des différents types d'erreurs séquentielles et le nombre total d'erreurs séquentielles (Annexe 15, page A39). Le nombre total d'erreurs séquentielles est corrélé, avec un risque $p < 0,01$, avec chaque type d'erreurs séquentielles. La corrélation se situe entre 0,440 et 0,582 suivant le type d'erreurs sauf pour les omissions pour lesquelles la corrélation se situe à 0,729. Cela s'explique par le fait que le nombre d'omissions est en moyenne plus élevé que les autres types d'erreurs. En effet, le nombre moyen d'omissions est de 8,188 contre des moyennes comprises entre 1,475 et 5,277 pour les autres types d'erreurs (Annexe 8, page A32). Ainsi, le poids du nombre d'omissions est plus important dans le nombre total d'erreurs séquentielles, ce qui peut expliquer une plus forte corrélation. Cependant, ceci n'est pas toujours lié ; en effet, les enfants commettent plus d'interversions que d'ajouts en moyenne, mais la corrélation est plus forte entre le nombre total d'erreurs séquentielles et le nombre d'ajouts qu'entre le nombre total d'erreurs séquentielles et le nombre d'interversions. De plus, les nombres d'erreurs doivent être significativement plus écartées et plus importantes pour exercer un réel poids dans le nombre total d'erreurs.

Nous observons également d'autres corrélations, avec un risque $p < 0,01$, entre des types d'erreurs séquentielles (inversions et ajouts ; persévérations/résurgences et ajouts ; persévérations/résurgences et anticipations).

2.5.2. Corrélations erreurs séquentielles/empans

Plus particulièrement ici nous recherchons le lien entre les capacités de rétention de l'ordre relatif et les erreurs séquentielles. Nous supposons qu'un enfant présentant de faibles empans « ordre relatif » commet plus d'erreurs séquentielles qu'un enfant qui présente des empans « ordre relatif » élevés. Ici encore c'est l'intérêt de ce mode de notation qui nous importe.

Ensuite, nous nous sommes intéressées aux corrélations pouvant exister entre les scores aux empans et le nombre d'erreurs séquentielles (Annexe 16, page A40). Bien entendu, ces corrélations obtiennent des scores R négatifs, c'est-à-dire que les scores aux empans et le nombre d'erreurs séquentielles (ici nos deux variables) varient en sens inverse. En effet, ces corrélations vont dans le sens qu'un empan plus élevé réduit le nombre d'erreurs séquentielles.

Nous observons que le nombre total d'erreurs séquentielles est corrélé (négativement) avec tous les scores d'empans à un risque $p < 0,05$. La corrélation à un risque $p < 0,01$ n'est pas observée pour les scores « empan classique envers »,

« empan item envers » et « empan classique de mots » mais elle est observée pour tous les scores en ordre relatif.

Dans les trois types d'empans (endroit, envers, de mots), la corrélation du nombre total d'erreurs séquentielles est plus importante avec l'empan ordre relatif qu'avec l'empan item, comme le montre le tableau ci-dessous.

Corrélations R du nombre total d'erreurs séquentielles avec	Empan endroit	Empan envers	Empan de mots
Cotation classique	-0,374	-0,227	-0,251
Cotation ordre relatif	-0,380	-0,266	-0,280

Tableau VII : Corrélations entre le nombre total d'erreurs séquentielles et les scores d'empan en fonction du système de cotation (classique ou ordre relatif)

Cependant, ces résultats ne sont pas significatifs pour l'empan de chiffres endroit, la corrélation étant déjà supérieure à 0,254 avec les deux systèmes de cotation. Cependant, sur les deux autres types d'empans, nous observons une corrélation à un risque $p < 0,01$ pour la cotation ordre relatif alors que la corrélation avec la cotation classique ne peut être affirmée qu'à un risque $p < 0,05$.

L'empan en cotation item est plus faiblement corrélé au nombre total d'erreurs pour les empans de chiffres que pour les deux autres types de cotation. Mais, il obtient une corrélation bien plus significative pour l'empan de mots que les deux autres types de cotation.

En ce qui concerne les différents types d'erreurs séquentielles, nous n'observons aucune corrélation entre le nombre de persévérations/résurgences et les scores d'empans, peut-être est-ce dû au fait que les persévérations/résurgences soient dans l'ensemble peu présentes. En effet, nous avons déjà souligné le fait que la moyenne de persévérations/résurgences relevées chez les enfants était faible. Nous observons 5 corrélations à un risque $p < 0,01$ entre les nombres d'un type d'erreurs séquentielles et un score d'empan : empan classique endroit /interversions ; empan relatif endroit/interversions ; empan relatif endroit/substitutions ; empan classique envers/ajouts et empan item mots/anticipations.

A un risque $p < 0,05$, nous observons majoritairement des corrélations entre un type d'erreurs séquentielles et les empans item (endroit et de mots). Nous remarquons aussi que le nombre d'omissions est corrélé uniquement aux trois empans item. L'empan item étant la capacité à restituer les items présents dans la

séquence initiale, il exerce un lien direct avec le nombre d'omissions ensuite présents dans la batterie.

3. Résultats des enfants porteurs d'un trouble spécifique

L'étude de cas de 3 enfants porteurs d'un trouble spécifique, a été effectuée dans le but de vérifier la faisabilité de notre batterie chez ces enfants et d'en tirer de premières observations, principalement qualitatives. Les prénoms ont été modifiés dans un souci d'anonymat. Seules les épreuves ayant fait l'objet d'observations qualitatives particulières seront présentées.

3.1. Résultats quantitatifs

Les scores bruts des résultats obtenus par les enfants dyscalculique, dysphasique et dyslexique sont recensés dans un tableau (Annexe 17, page A41).

3.1.1. Marie (dyscalculique)

Au regard des résultats bruts : Marie a plafonné l'épreuve N°8 (localisation syllabe), N°10 (sériation nombres) et N°14 (dénombrement).

Aussi, les réponses apportées par Marie à l'épreuve N°13 (lettres mobiles) sont assez atypiques. Elle a ainsi réussi les deux épreuves où le matériel était numérique. Mais aucune épreuve n'est particulièrement bien réussie par Marie. Nous relevons des scores bruts faibles, notamment pour les épreuves N°2 (reproduction de rythmes), N°4 (répétition de logatomes) et N°13 (lettres mobiles). De plus, Marie obtient un empan classique de mots de 3, ce qui est inférieur à la moyenne des enfants de CE2 (4,10).

Les notes brutes soulignent un nombre important d'erreurs séquentielles (42 erreurs) par rapport à la moyenne des enfants de CE2 (25,58 erreurs). Elle a fait une majorité d'omissions (14 omissions) mais également beaucoup de substitutions (10 substitutions) par rapport à la moyenne (3,87).

3.1.2. Oriane (dysphasique)

Les résultats bruts d'Oriane plafonnent pour les épreuves N°11 (mouvements main), N°12 (sériation bâtonnets), N°14 (dénombrement) et N°15 (signes visuels). Elle a donc été performante pour ces épreuves-ci ainsi que pour les épreuves N°6

(reproduction de mouvements) et N°9 (cubes). Elle a de bons empan de chiffres mais quelques difficultés à l'épreuve d'empan de mots.

Elle a donc été plus performante aux épreuves visuelles et à l'épreuve motrice sur consigne verbale simple.

Elle montre des fragilités dans les épreuves N°2 (reproduction de rythmes) avec un score de 3 contre une moyenne de 7,723, N°4 (répétition de logatomes) avec un score de 46 pour une moyenne de 52,733, N°7 (localisation mot), N°9 (sériation de nombres), N°13 (lettres mobiles) et N°16 (appariement logatome entendu à lu) avec un score de 0.

Nous relevons un nombre total d'erreurs séquentielles supérieur à la moyenne avec 39 erreurs pour une moyenne de 25,683 chez les enfants de CE2. Elle a fait une majorité d'omissions (26 omissions, moyenne à 8,188).

3.1.3. Sébastien (dyslexique)

Les résultats bruts de Sébastien nous montrent qu'il a plafonné l'épreuve N°7 (localisation mot), N°11 (lettres mobiles), N°14 (dénombrement) et N°15 (signes visuels).

L'épreuve N°9 (cubes) avec un score de 7 contre une moyenne de 11,644 a été particulièrement échouée.

Tous ces empan se situent aux alentours de la moyenne des enfants de CE2, néanmoins, nous rappelons que Sébastien est scolarisé en classe de CM1.

Il a commis 34 erreurs séquentielles, ce qui est supérieur à la moyenne des enfants tout-venant (25,683) avec une prépondérance d'interversions (12 interversions, moyenne 5,277).

3.2. Résultats qualitatifs

3.2.1. Marie (dyscalculique)

Marie est une jeune fille, âgée de 9 ans 7 mois le jour de la passation. Elle est droitrière et porte des lunettes. Sa mère est d'origine allemande mais elle ne parle allemand qu'avec ses grands-parents et maîtrise peu cette langue. Elle est actuellement scolarisée en CE2 pour la deuxième année consécutive. Elle est suivie par une orthophoniste deux fois par semaine : elle présente une dyscalculie des faits numériques (diagnostic orthophonique). L'évaluation a été réalisée au cabinet orthophonique, en situation duelle. La passation s'est bien déroulée dans l'ensemble, mais elle a montré certains signes de lassitude et de déconcentration. Il faut

souligner que Marie a été mise en difficulté durant la passation et que celle-ci a duré 55 minutes contre 30 minutes en moyenne pour les enfants tout-venant. Aussi, elle a eu recours à des comportements de fuite. Néanmoins, elle pouvait mobiliser son attention à chaque nouvelle épreuve. Elle utilisait certaines stratégies, efficaces, mais très coûteuses en temps. A la fin de la passation, elle nous a indiqué qu'elle avait trouvé cela long mais pas très difficile hormis l'épreuve d'empans de chiffres.

Épreuve préalable 1 (empans de chiffres) : Elle utilisait ses doigts pour les items les plus longs afin de savoir combien de chiffres elle devait nous restituer. Pour l'empan envers, elle a aussi essayé de « mettre des chiffres sur ses doigts » afin de les restituer à la fin (elle faisait le chiffre 3 sur sa main droite, puis le 2 sur sa main gauche). Elle essayait même, parfois, de mettre plusieurs chiffres sur la même main. Cette stratégie s'est avérée peu efficace car Marie n'arrivait que rarement à retrouver les chiffres à l'aide de ses doigts et en oubliait la suite de la séquence, focalisée sur la manière de pouvoir écrire le chiffre suivant sur sa main. La séquence allait trop vite pour qu'elle puisse y remédier à temps.

Épreuve préalable 2 (empan de mots) : Marie a également compté le nombre de mots à restituer, cependant, elle ne se souvenait pas pour autant des mots donnés.

Épreuve 1 (comparaison de deux séquences rythmiques) : Marie cherchait à regarder l'écran d'ordinateur duquel nous lançons les bandes sonores. Nous le lui avons donc montré, en lui indiquant qu'il n'y a avait rien à voir, pour pouvoir continuer avec une jeune fille plus concentrée.

Épreuve 2 (reproduction de séquences rythmiques) : elle comptait encore sur ses doigts le nombre de coups à restituer, pour certains items.

Épreuve 5 (exécution de consignes complexes) : elle substituait des items par d'autres pas forcément proches. En effet, à l'item 1, elle « renverse le verre » puis « met la fourchette et la cuillère de côté » alors que le fourchette doit aller sur l'assiette et la cuillère dans le verre. De plus, à l'item 3, il est demandé de couper le gâteau avec les couverts. Marie utilise alors les trois couverts, qu'elle tient difficilement simultanément dans sa main, pour couper le gâteau.

Épreuve 6 (reproduction de séquences de mouvements) : Marie a substitué de manière étonnante l'item « se toucher la tête » par « taper avec son pied par terre » présent dans aucune séquence précédente.

Épreuve 10 (sériation de nombres ayant les mêmes chiffres) : Réussie, mais elle faisait beaucoup d'allers-retours entre les étiquettes et vérifiant à plusieurs reprises ses classements (allongement durée de passation).

Épreuve 11 (réalisation de mouvements de main sur ordre) : Elle substitue, comme pour les grands mouvements, un item (« replie le doigt ») par « taper sur la table ».

Épreuve 12 (reproduction d'une sériation de bâtonnets) : Marie effectuait beaucoup de vérifications. Elle a été particulièrement longue à cette épreuve.

Épreuve 13 (reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu) : Marie n'utilisait pas toutes les lettres, et ne subvocalisait pas les logatomes. Sa production était illisible (non respect des règles phonotactiques du français) : elle a écrit par exemple « manvicotr » (pour manvircotu) et « pauhdrolu » (pour pachifodrélu).

Épreuve 14 (dénombrement) : Nous avons observé une mauvaise coordination de la main avec la séquence orale, le pointage allant plus vite que la chaîne numérique. Marie a néanmoins été capable de s'auto-corriger.

Épreuve 15 (comparaison de deux séquences de signes visuels) : Marie a compté du bout du doigt le nombre de symboles dans chacune des deux séquences à comparer puis comparait chaque symbole un à un d'une séquence à l'autre.

Épreuve 16 (appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite) : elle utilise encore ses doigts afin de comparer les lettres une à une dans chaque séquence notamment dans l'item 2 où elle nous a d'abord indiqué que les séquences 3, 4 et 5 étaient identiques.

En somme, nous avons observé une jeune fille consciencieuse mais en difficulté dans le traitement global de la séquence. Ainsi, elle décomposait, comptait, appariait un à un les éléments de la séquence en ayant très fréquemment recours à ses doigts. Nous pourrions dire qu'elle a trouvé des moyens de compensation efficaces au regard des scores bruts, cependant, ils allongent considérablement le temps de passation, ce qui la pénalise et l'oblige à monopoliser une charge cognitive importante d'attention et de concentration pendant longtemps. Aussi, nous avons remarqué que Marie vérifiait, souvent, plusieurs fois ses réponses, ce qui peut être relié à un certain manque d'assurance.

3.2.2. Oriane (dysphasique)

Oriane est une enfant âgée de 9 ans et 10 mois le jour de l'évaluation. Elle est droitrière et porte des lunettes pour la lecture. Elle est scolarisée dans le privé, en

classe de CE2. Un diagnostic orthophonique de dysphasie a été posé, avec confirmation du CRDTA de Lille. Elle est suivie par un SESSAD et bénéficie de séances d'orthophonie en libéral, à raison de 2 à 3 séances hebdomadaires. La passation s'est déroulée en deux fois (35 et 10 minutes) au sein du cabinet d'orthophonie. Nous étions installées dans un bureau, en situation duelle. L'évaluation s'est bien déroulée, Oriane s'est montrée volontaire et attentive tout au long de la passation. Elle a montré certains signes d'anxiété aux épreuves de répétition (empan de mots et répétition de logatomes), du fait de ses troubles praxiques. Nous pouvions alors observer des rougeurs, une accélération de son rythme respiratoire et une fuite du regard. Il a ainsi été nécessaire de la rassurer et de l'encourager. A la fin de la passation, Oriane expliquait qu'elle avait particulièrement aimé l'épreuve de manipulation de la dînette. Aussi, semblait-elle satisfaite et nous affirmait avoir aimé toutes les épreuves, lorsque nous lui demandions qu'elle avait été l'épreuve qu'elle n'avait pas aimé réaliser.

Épreuve préalable 1 (empan de chiffres) : Oriane savait nous expliquer qu'elle avait oublié un ou plusieurs chiffre(s). Elle n'a recouru à aucune stratégie particulière, elle écoutait les séquences, immobile.

Épreuve préalable 2 (empan de mots) : Elle semblait mettre Oriane en grande difficulté, comme explicité ci-dessus. Elle commettait un grand nombre de transformations phonétiques, que nous n'avons pas pris en compte lors de la cotation, si le mot restait identifiable.

Épreuve 1 (comparaison de deux séquences rythmiques) : Elle a correctement répondu pour la quasi-totalité des items, à l'exception des deux séquences identiques à comparer (comme certains enfants tout-venant).

Épreuve 2 (reproduction de séquences rythmiques) : Oriane commettait beaucoup d'interventions et ne respectait pas toujours les latences.

Épreuve 4 (répétition d'un logatome) : Épreuve ardue pour Oriane qui a fourni de très gros efforts pour lesquels nous l'avons encouragée et surtout félicitée.

Épreuve 5 (exécution de consignes complexes) : Fortement appréciée bien qu'Oriane ait commis des omissions et une substitution, dont elle n'a pas pris conscience. Elle réalisait surtout des actions porteuses de sens (mettait le gâteau dans l'assiette à la place de la fourchette) et omettait ceux n'en ayant pas (retourner l'assiette et y poser la fourchette ; et retourner le verre et y poser l'assiette, par exemple).

Épreuve 7 (localisation d'un mot dans une phrase) : Totalemment échouée, alors que l'épreuve suivante ne lui a pas posé de problème. Oriane pointait les cases de la planche alors que j'énonçais la phrase, pour le premier item. Il a donc fallu la recanaler, mais elle continuait de compter les cases (pointage du regard) alors que nous lui lisions la phrase.

Épreuve 9 (reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes) : Oriane a été particulièrement performante.

Épreuve 10 (sériation de nombres ayant les mêmes chiffres) : Elle commettait une interversion entre deux nombres. Cette épreuve lui a pris beaucoup de temps.

Épreuve 12 (sériation de bâtonnets) : elle n'a commis aucune erreur.

Épreuve 13 (reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu) : Oriane a commis des omissions (en grand nombre) exclusivement : « amvicotu » pour « manvicotu » et « pachidu » pour « pachifodrélu ». Aussi, s'est-elle privée de l'utilisation d'un graphème en utilisant la graphie « am » pour /an/. Elle répétait chacun des logatomes en syllabant. Elle affirmait ne pas avoir besoin des autres lettres.

Épreuve 16 (appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite) : Intégralement échouée. Oriane lisait pourtant chacun des logatomes écrits avant de donner sa réponse. Les erreurs portaient sur le nombre d'éléments constituant la séquence (ajouts et omission).

Ainsi avons-nous relevé chez Oriane des difficultés de traitement séquentiel. Elle a commis un grand nombre d'omissions. Peu de stratégies de compensation ont été mises en place. La durée de passation a été allongée de 15 minutes, en comparaison à la norme. Les épreuves motrices et visuelles ont été bien mieux réalisées que les épreuves langagières.

3.2.3. Sébastien (dyslexique)

Sébastien est un garçon âgé de 9 ans 11 mois, le jour où nous l'avons rencontré. Il est scolarisé en classe de CM1. Il est droitier et porte des lunettes. Il bénéficie actuellement d'une séance hebdomadaire d'orthophonie dans le cadre d'un diagnostic orthophonique de dyslexie visuo-spatiale. Nous l'avons rencontré au domicile d'un tiers et la passation a été effectuée en situation duelle. Durant celle-ci, Sébastien s'est montré très coopératif et très vif, bien qu'il ait semblé timide au début de l'évaluation. Il est resté concentré durant toute la passation (35 minutes comme chez les enfants tout-venant). A la fin, en réponse à nos questions, il nous a indiqué

qu'il n'avait pas trouvé l'évaluation longue mais que l'épreuve d'empans de chiffres était très difficile. A l'inverse, il nous a indiqué que l'épreuve 15 « comparaison de deux séquences de signes visuels » était trop facile.

Épreuve 2 (reproduction de séquences rythmiques) : A deux reprises, il a tapé un coup supplémentaire sur la table en fin de séquences, comme s'il était emporté par son élan.

Épreuve 5 (exécution de consignes complexes) : Comme précédemment, Sébastien a tapé un coup de trop, ici sur le verre.

Épreuve 6 (reproduction de séquences de mouvements sur imitation) : Sébastien a parfaitement réussi le premier et le dernier item mais semblait bloqué sur le 2ème, pour lequel il ne pouvait nous redonner le moindre mouvement de la séquence. Il a su reproduire un mouvement après quelques incitations verbales.

Épreuve 7 (localisation d'un mot dans une phrase) : Parfaitement réalisée, mieux qu'à l'épreuve N°8 (localisation syllabe) contrairement aux enfants tout-venant.

Épreuve 9 (reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes) : Les séquences étaient très déformées, même au niveau du nombre de constituants.

Épreuve 10 (sériation de nombres ayant les mêmes chiffres) : Sébastien n'a échoué qu'à l'item possédant le zéro.

Épreuve 11 (réalisation de séquences de mouvements de main sur ordre) : Il persévère à deux reprises sur les items de la séquence précédente.

Épreuve 13 (reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu) : Parfaitement réussie.

Épreuve 14 (dénombrement) : Sébastien réussit et utilise 2 stratégies différentes pour le comptage libre. Lorsque celui-ci se présente de manière ordonnée, il compte les losanges du regard ; mais lorsque le comptage est désordonné, il a spontanément recours au pointage. Cette stratégie semble pertinente et efficace.

Épreuve 15 (comparaison de deux séquences de signes visuels) : Réussie et jugée « trop facile » par Sébastien.

Épreuve 16 (appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite) : Souligne les difficultés de traitement visuo-spatial de l'écrit que présente Sébastien, qui réussit néanmoins 1/3 item.

En somme, Sébastien a effectué consciencieusement l'ensemble de l'évaluation. Il a su rester attentif jusqu'au bout. Les épreuves ne l'ont que rarement mis en difficulté et il n'en a jamais été déstabilisé.

Discussion

Plusieurs travaux menés sur des populations diverses ont montré l'intérêt du travail séquentiel en orthophonie. Cependant il n'existe pas d'outil d'évaluation de la séquentialité standardisé et étalonné. Nous avons donc créé un outil répondant au besoin d'évaluer la séquentialité.

Nous présenterons une synthèse des principaux résultats observés que nous interpréterons ensuite puis nous exposerons les problèmes rencontrés et les critiques méthodologiques pouvant être émises. Nous terminerons, enfin, par l'intérêt orthophonique de notre outil et les apports personnels de la réalisation de notre mémoire.

1. Synthèse des principaux résultats

Les principaux résultats mis en évidence dans la partie précédente sont :

- L'acceptabilité de l'outil lors de la passation de notre batterie auprès de 101 enfants scolarisés en CE2 et d'enfants dyscalculique, dyslexique et dysphasique, et ainsi, la possibilité d'utilisation dans la pratique orthophonique ;
- La création de 5 catégories normalisées ne permettant pas la normalisation de l'ensemble de la batterie, mais la mise en évidence notamment d'effets plafond pour certaines épreuves (observés également chez les enfants porteurs d'un trouble spécifique) ;
- L'observation du développement séquentiel chez les enfants de CE2 avec une hétérogénéité inter-individuelle des résultats aux différentes épreuves ;
- L'existence de corrélations inter-épreuves, de corrélations inter-domaines et de corrélations intra-domaines mais non systématiques et non prédominantes entre des épreuves ayant tout type de modalité de sortie ;
- L'omniprésence de corrélations avec l'épreuve « reproduction de séquences rythmiques », que ce soit avec les autres épreuves ou avec les scores d'empans, mettant en évidence le lien étroit entre les capacités rythmiques et séquentielles ;
- L'hétérogénéité du nombre et du type d'erreurs avec une forte présence d'omissions qui sont inévitablement liées aux empans items comme le montrent les corrélations obtenues ;
- La corrélation entre les scores d'empans et les épreuves verbales et rythmiques uniquement ;

- La prédominance de corrélations des épreuves avec les empanns endroit de chiffres et de mots, par opposition aux corrélations avec les empanns envers ;
- La présence de fortes corrélations entre les différents scores d'empanns, mais révélant des différences entre les modes de cotation ;
- La présence de corrélations différentes entre les scores d'empanns et le nombre d'erreurs séquentielles en fonction du mode de cotation choisi, soulignant de plus fortes corrélations avec les capacités séquentielles lorsque les empanns sont cotés en ordre relatif ;
- L'hétérogénéité des difficultés chez les enfants porteurs d'un trouble développemental spécifique montrant un fonctionnement séquentiel différent.

2. Interprétation et discussion des principaux résultats

2.1. Le développement séquentiel

2.1.1. Généralités

Nous avons créé une batterie courte d'évaluation de la séquentialité et avons calculé 5 catégories normalisées pour la classe d'âge de CE2.

Nous observons une hétérogénéité dans les résultats recueillis aux différentes épreuves et dans le nombre d'erreurs séquentielles commises chez les enfants tout-venant ; ce qui nous indique des variations dans le développement inter-individuel des compétences séquentielles chez des enfants du même âge. Nous répondons donc à l'hypothèse d'un développement hétérogène des capacités séquentielles.

Cependant, nous avons observé, en moyenne, une présence prépondérante d'omissions et une faible présence de persévérations/résurgences. Ces dernières apparaissent moins nombreuses que les anticipations. Ainsi, nos résultats vont dans le même sens que Rossi (2001), selon lequel les anticipations sont plus fréquentes que les persévérations dans le développement des capacités séquentielles.

2.1.2. En fonction des domaines

Les épreuves de notre batterie sont regroupées en 5 grands domaines dont le domaine moteur se constituant d'une unique épreuve. Cependant, nous sommes conscientes que certaines épreuves peuvent se situer au croisement de plusieurs des domaines.

Les résultats obtenus suggèrent que les épreuves appartenant à un même domaine ne sont pas toutes corrélées. Ainsi, des corrélations intra-domaines existent mais ne sont pas prédominantes. Cela peut s'expliquer par le fait que les capacités séquentielles ne se développent pas de façon homogène à l'intérieur d'un même domaine. Mahieux et Outrebon (2007) avaient déjà plaidé pour un développement hétérogène de la séquentialité dans un même domaine. Nous confirmons donc l'hypothèse selon laquelle les compétences séquentielles seraient hétérogènes dans les différents domaines et ne dépendent alors pas d'un domaine en particulier.

2.1.3. En fonction du type de réponses

Bien que nous ayons observé des corrélations inter-épreuves mettant en lien des épreuves ayant un type de réponse identique (ex : non-verbale, motrice...), nous ne pouvons en déduire l'existence d'un développement de la séquentialité autour de certains modes de réponse aux épreuves séquentielles. En effet, dans les corrélations intra-domaines, le type de réponse ne semble pas être tributaire de plus fortes corrélations entre épreuves. De plus, la création d'un domaine « réponse motrice » n'a pas montré de corrélations intra-domaines pouvant suggérer un lien entre les scores aux épreuves le composant.

En somme, les corrélations, soit le développement de la séquentialité, ne semblent pas en lien avec la modalité de sortie des épreuves. Cela est cohérent avec les résultats obtenus par Mahieux et Outrebon (2007).

2.2. La pertinence de la sélection des épreuves

Nous avons pu relever des corrélations entre différentes épreuves mettant en jeu des compétences communes ou convergentes, quelle que soit leur modalité d'entrée ou de sortie. Cependant, aucune corrélation inter-épreuves n'est supérieure à 0,447. Or, plus les compétences mises en jeu dans deux épreuves sont proches, plus le coefficient se rapproche de 1. Nous pouvons en déduire que nos épreuves n'évaluent pas strictement la même chose, c'est-à-dire qu'elles présentent bien toutes un intérêt dans l'évaluation de la séquentialité.

De plus, même les corrélations intra-domaines obtenues restent relativement faibles. Par exemple, les épreuves « localisation d'un mot dans une phrase » et « localisation d'une syllabe dans un logatome » sont deux épreuves verbales similaires mais se situant chacune à un niveau différent : au niveau morphosyntaxique et au niveau phonologique. Nous observons leur corrélation à

0,305. Ainsi, même ces deux épreuves proches, sont suffisamment distinctes pour que nous confirmions l'intérêt de les garder toutes les deux.

Ainsi, l'étude des corrélations inter-épreuves nous confirme la pertinence de chacune d'entre elles sans redondance de celles-ci, même si elles appartiennent à un domaine commun ou présentent un type de réponse commun.

Cependant, cela ne signifie pas que nous n'ayons pas supprimé d'épreuves qui auraient pu être parfaitement pertinentes. En effet le choix de nos épreuves par rapport à celles existantes peut être discuté. Notre objectif était de proposer un outil fonctionnel qui, pour cela, ne devait excéder 30 minutes de passation. Aussi, si nous voulions respecter ce temps, nous ne pouvions tout évaluer, dans tous les domaines et avec tous les types de réponses possibles.

2.3. Le rythme et la séquentialité

Les résultats observés montrent une omniprésence de corrélations entre les épreuves rythmiques et les autres épreuves, ainsi qu'avec les scores d'empans. L'épreuve la plus souvent corrélée aux autres épreuves est la N°2 « reproduction de séquences rythmiques » et elle présente également un lien manifeste avec les scores d'empans. En effet, comme nous l'avons précisé dans notre partie théorique, la séquence est entre autres définie par son organisation temporelle (constituée du tempo et de la structure rythmique). Les compétences rythmiques sont ainsi directement mises en jeu dans la séquentialité. De plus, leur rôle dans la production de la parole et la production de mouvements (la danse, par exemple) n'est plus à démontrer. C'est dans cet intérêt que le rythme est déjà fréquemment travaillé en orthophonie, notamment dans la prise en charge des retards de parole. En somme, les épreuves rythmiques nous donnent des informations sur les capacités séquentielles globales. Nous pouvons alors confirmer notre hypothèse selon laquelle les épreuves rythmiques seraient fortement liées aux autres épreuves y compris aux épreuves d'empans, soient aux compétences séquentielles.

2.4. Les empans et la séquentialité

2.4.1. La BALE : origine des épreuves préalables

Dans nos résultats, nous avons observé que les empans classiques de chiffres endroit étaient mieux réussis que les empans de chiffres envers ou que les empans de mots. Nos résultats concourent avec ceux de la BALE.

Cependant, il semble que nous avons obtenu une moyenne à l'empan endroit de chiffres des enfants tout-venant supérieure à celle de la BALE. Nous émettons l'hypothèse que cela soit notamment dû à la suppression de la consigne d'arrêt dans nos épreuves préalables. Certains enfants pouvaient effectivement échouer à deux items consécutifs mais réussir un autre item ultérieur et cela élevait alors leur score empan classique. De plus, nos résultats suggèrent un écart-type à cette épreuve plus élevé que celui présent dans l'étalonnage de la BALE. Ceci nous indique que l'hétérogénéité de nos résultats pour l'échantillon d'enfants tout-venant est plus importante, ce qui est cohérent avec une réussite pouvant être plus élevée étant donné notre mode de passation.

En revanche, les résultats que nous obtenons avec notre population témoin aux empan classiques envers paraissent très proches de ceux de la BALE.

La comparaison des données obtenues pour l'épreuve préalable 2 « empan de mots » est à relativiser puisque nous n'avons pas utilisé les mêmes items que dans l'épreuve de la BALE et en avons créé davantage. En effet, l'épreuve d'empan de mots de la BALE ne contient que 4 items et n'explore que les empan de 2 à 4 mots. Les résultats plafonnent presque en CE2, la moyenne étant de 3,85/4. Ainsi, nous avons fait le choix de créer notre épreuve, comprenant 6 items et évaluant l'empan verbal de 3 à 6 mots. Cela peut expliquer l'obtention d'une moyenne et d'un écart-type plus élevés pour notre échantillon d'enfants tout-venant que pour l'étalonnage de la BALE. Cependant, la différence entre notre moyenne et celle de l'étalonnage de la BALE pour l'empan de mots reste faible, notamment par comparaison avec la différence obtenue pour la moyenne à l'empan classique endroit de chiffres qui, elle, est bien plus importante.

Nous tenons aussi à préciser que l'étalonnage de la BALE a été effectué durant l'année scolaire 1999/2000 dans l'académie de Grenoble. Les enfants avec une pathologie avérée du langage écrit et les enfants ayant redoublé au moins une fois ont été retirés de leur étalonnage. De plus, les résultats des enfants scolarisés en REP (Réseau d'Éducation Prioritaire) ont été pondérés afin de représenter 15% de la population. Avec ces différents critères, leur effectif était alors de 127 enfants de CE2. Ainsi, nos résultats plus élevés en moyenne pour l'empan endroit de chiffres et l'empan de mots peuvent aussi être expliqués par l'absence de population en zone d'éducation prioritaire dans notre population d'enfants tout-venant.

2.4.2. Empans et erreurs séquentielles

Le nombre total des erreurs séquentielles est négativement corrélé aux différents scores d'empans. Ainsi, Il existe bien un lien entre le nombre d'erreurs séquentielles et les empans, ce qui semble cohérent, puisque l'ordre est un critère clé de la définition de la séquentialité et la mémoire très présente dans les tâches séquentielles. Les différentes épreuves d'empans ont donc leur place dans notre batterie.

Le nombre de persévérations/résurgences ne semble pas corrélé aux scores d'empans d'après les résultats. Cela peut-être dû à leur caractère plus rare dans le cadre des erreurs séquentielles.

En revanche, nous avons relevé des corrélations entre le nombre d'omissions et les empans item. Ces derniers s'intéressent spécifiquement au nombre de constituants de la séquence, c'est pourquoi l'empan item exerce un lien direct avec le nombre d'omissions commises.

2.4.3. Empans et épreuves séquentielles

Nous avons remarqué que les scores d'empans, issus des épreuves préalables, sont uniquement corrélés à des épreuves des domaines verbal et rythmique. Ceci est certainement lié au fait que les épreuves d'empans utilisées ici sont proposées avec un support auditif uniquement, comme les épreuves verbales et rythmiques. Pour obtenir des empans en lien avec nos épreuves visuo-spatiales, nous aurions peut-être dû évaluer des empans visuels. Cela, nous aurait certainement permis d'observer une dissociation des capacités mnésiques en fonction du type de matériel utilisé. Nous avons aussi remarqué que toutes les épreuves verbales et rythmiques sont corrélées à au moins un score d'empans. Il était donc bien nécessaire d'évaluer les empans, qui nous renseignent sur les compétences mnésiques des enfants, pour nous permettre d'expliquer d'éventuels échecs aux épreuves de la batterie. Ces résultats confirment le rôle primordial de la mémoire dans nos différentes épreuves.

Également, les corrélations observées entre les scores d'empans et les scores aux épreuves concernent essentiellement les empans de chiffres endroit et les empans de mots. Les empans envers mettent effectivement en jeu une manipulation mentale de l'information momentanément stockée, et constituent une charge cognitive importante pour l'enfant. Cette épreuve a été créée pour évaluer la mémoire de travail telle que nous l'avons détaillée dans le modèle de Baddeley et

Hitch (1974) dans la partie théorique. Ce modèle a certes évolué pour s'adapter aux données actuelles mais, comme nous l'avons précisé, beaucoup d'auteurs n'effectuent plus la différence entre la mémoire à court terme et la mémoire de travail. Aussi, dans le cadre de la séquentialité, nous pouvons nous interroger sur la pertinence d'évaluer la mémoire de travail distinctement de la mémoire à court terme par deux épreuves longues et fastidieuses pour les enfants. L'empan envers nous apparaît moins corrélé aux résultats séquentiels que l'empan endroit, met plus rapidement les enfants en échec et leur demandent une plus grande mobilisation attentionnelle.

2.4.4. Remarques sur les différents scores d'empans

Les résultats aux épreuves préalables ont mis en évidence de très fortes corrélations entre les scores d'empans, excepté pour l'empan item envers ayant moins de corrélations inter-scores d'empans. En effet, la cotation de l'empan item envers est à relativiser. Nous avons observé qu'il pouvait être très élevé chez certains enfants capables de restituer un grand nombre des constituants de la séquence, sans pouvoir en respecter l'ordre « envers » pour autant. A l'inverse, ce score pouvait être faible chez des enfants ne pouvant redonner toute la séquence de chiffres, du fait de l'importante charge cognitive que cela représente de renverser la séquence. Cependant la petite partie restituée de l'empan dans ces cas, même courte, pouvait respecter l'ordre relatif envers. Ainsi devons-nous nuancer ces résultats et nous interroger sur le calcul de ce score qui est moins pertinent isolément mais qui donne des informations par comparaison à d'autres scores (par exemple, empan item envers élevé mais empan ordre relatif envers faible : l'enfant éprouve des difficultés à retourner la séquence).

Les corrélations entre les scores d'empans peuvent être très élevées, ce qui semble logique, notamment entre les empans endroit et les empans envers, car les 6 scores sont calculés sur les mêmes items. Aussi, les trois empans endroit, les trois empans envers et les trois empans de mots sont chacun calculés sur les mêmes réponses.

2.4.5. L'intérêt de la cotation en ordre relatif

Nous avons observé de nombreuses corrélations entre les différents scores d'empans mais elles n'atteignent jamais 1 ou bien s'en rapprochent fortement, ce qui montre que les trois scores allant dans le même sens, ne sont pas identiques. Il

existe donc une différence entre les systèmes de cotation : classique, item et ordre relatif ; d'où l'intérêt de les utiliser désormais. La cotation en ordre relatif des empan a mis en avant que certains enfants présentaient un empan ordre relatif égal à l'empan classique, mais pour d'autres, l'empan ordre relatif sera parfois supérieur, voire largement supérieur à l'empan classique.

De plus, même si les corrélations entre les empan et les épreuves de la batterie ne semblent pas significativement plus importantes avec les cotations en ordre relatif qu'en empan classique, il existe tout de même plus de corrélations avec les empan lorsque nous regardons les scores en ordre relatif.

La pertinence de la cotation ordre relatif nous apparaît également dans l'étude des corrélations des scores d'empan au nombre d'erreurs séquentielles qui a montré que les scores des empan en ordre relatif sont davantage corrélés au nombre d'erreurs séquentielles. Ces résultats doivent néanmoins être relativisés puisqu'ils ne sont pas significatifs pour les empan droit de chiffres.

Ainsi, la cotation « classique » et la cotation en ordre relatif peuvent révéler des scores bien différents et l'intérêt de la cotation en ordre relatif a été mise en avant par l'étude des corrélations. Il nous semble donc essentiel qu'il faille désormais privilégier la cotation de l'empan en ordre relatif, pour déterminer l'empan d'un individu. L'empan classique étant moins représentatif des performances des enfants.

Nous confirmons ainsi l'hypothèse posée précédemment selon laquelle un système de cotation centré sur l'ordre relatif permettrait une évaluation plus précise des capacités séquentielles.

2.5. Interprétation des résultats des enfants dyscalculique, dyslexique et dysphasique

Notre batterie a été créée dans le but d'une utilisation orthophonique, afin de détecter d'éventuels troubles séquentiels chez des enfants bénéficiant d'un suivi en orthophonie. Ainsi, un entraînement séquentiel, dont l'intérêt a déjà été démontré (Champdoyseau et Juston, 2003), pourra être envisagé par le professionnel. Il était alors essentiel d'étudier les résultats de ces 3 enfants pour lesquels nous pouvions suspecter des difficultés séquentielles. Notre partie théorique souligne l'existence de troubles séquentiels chez les enfants porteurs d'un trouble spécifique développemental. Ainsi, nous avons évalué une enfant dyscalculique, un enfant dyslexique et une enfant dysphasique.

Ces trois passations se sont bien déroulées ; notre batterie a pu être utilisée sans encombre auprès de ces enfants. Elle semble ainsi adaptée à l'utilisation orthophonique. Cependant, nous avons remarqué un temps de passation allongé pour l'enfant dyscalculique et l'enfant dysphasique. Mais, puisque nous utilisons un ordre circulaire avec les 101 enfants tout-venant, il sera possible de sélectionner des épreuves dans le but de raccourcir le temps de passation, ou de cibler l'évaluation des capacités séquentielles. Aussi, la passation pourra être réalisée en plusieurs fois. Notre batterie peut être utilisée lors de séances en libéral, d'une durée minimale de 30 minutes.

Notons que l'un des trois enfants avait développé des stratégies de compensation pour pallier les difficultés rencontrées. Cependant, elles n'étaient pas toutes efficaces et très coûteuses en temps et en charge cognitive. Une autre possédait de grandes difficultés praxiques au niveau expressif qui ne l'ont pourtant pas empêchée d'effectuer l'ensemble des épreuves, ce qui montre encore l'adéquation de notre batterie avec la pratique orthophonique.

La comparaison des résultats des enfants présentant un trouble spécifique du développement aux résultats des enfants tout-venant suggère des difficultés dans certaines épreuves séquentielles sans altération d'un domaine en particulier.

3. Problèmes rencontrés et critiques méthodologiques du travail

3.1. Au niveau de l'étude théorique des données antérieures

Certaines de nos références théoriques datent de plus de vingt ans, mais nous avons choisi d'en faire la référence dans la mesure où elles se présentent comme des éléments de base, servant à la compréhension des notions intéressant la séquentialité. De plus, elles sont parfois très reconnues et constituent un appui pour d'autres travaux plus récents, nécessitant la connaissance de ces notions.

3.2. Au niveau du recrutement de la population

Nous avons rencontré des difficultés de recrutement, indépendamment d'erreurs méthodologiques (cf. Recherche des sujets, recrutement).

Concernant les autorisations parentales que nous avons créées, nous aurions dû formuler notre tableau s'intéressant aux critères d'exclusion, sous forme de questions non ambiguës du type « votre enfant a-t-il déjà été maintenu dans une

classe, ou sauté une classe ? OUI/NON ». Certains parents ont, d'après les enseignants, été gênés dans la compréhension du tableau.

D'un point de vue méthodologique, le recrutement d'un effectif plus important d'enfants aurait été appréciée pour obtenir des résultats plus fiables. Nous avons, par manque de temps, dû réduire le nombre de participants tout-venant envisagé de 150 à 101. Il en est de même pour les enfants porteurs d'un trouble spécifique.

3.3. Au niveau de la création de la batterie

3.3.1. Sélection des épreuves

La sélection des épreuves a été particulièrement longue et fastidieuse. Dans le but d'obtenir une batterie courte, utilisable en orthophonie, nous avons dû réduire considérablement le nombre d'épreuves présentes dans les mémoires précédents traitant de l'évaluation des capacités séquentielles. Ces choix ont parfois été difficiles. Ainsi, les épreuves étant réduites, le champ d'exploration des compétences séquentielles est plus restreint.

3.3.2. Création des épreuves

Au vu des résultats de corrélations des empan auditifs (cf Résultats aux épreuves préalables, Corrélations des empan), nous aurions pu proposer une évaluation des empan visuo-spatiaux.

La décision de ne pas respecter la consigne d'arrêt de la BALE nous a permis une comparaison entre les cotations en empan classique et celles en empan ordre relatif, mais fait cependant ressortir une grande fatigabilité chez les enfants, d'où l'intérêt d'avoir positionné cette épreuve au début du test, bien que les enfants soient mis d'emblée en difficulté.

Empan de mots

Le mot « gaucher » n'aurait pas dû être proposé. Nous avons pu relever des erreurs sur cet item, et supposons que la double nature nominale et adjectivale a pu gêner les enfants, alors que les autres mots sont exclusivement des noms. L'erreur n'était néanmoins pas systématique.

Aussi, le mot « bouchon » figurant à l'item 3, phonologiquement très proche du mot « bouton » de l'item 1, aurait pu être remplacé pour éviter les erreurs de persévération éventuelles d'un item à l'autre. Ce type d'erreur a cependant été observé à de rares occasions.

Reproduction d'une suite de désignation sur une planche de cubes

La planche utilisée tient d'une disposition spatiale très organisée. Il aurait été intéressant que nous propositions la même tâche, à partir d'une disposition des cubes plus désorganisée, aléatoire, pour observer davantage d'éléments concernant l'empan visuo-spatial et les stratégies employées.

Reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu

Nous avons décidé de ne présenter que les lettres nécessaires à la transcription du logatome, sans éléments distracteurs. Ainsi, nous pensions évaluer la restitution des constituants et de l'ordre de la séquence et ne pensions pas observer de substitution ou d'ajout, par dissociation du digramme /an/, par exemple. Il nous a alors fallu réadapter notre tableau de cotation pour cette épreuve-ci, en cours de passation de notre batterie.

Appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite

Après réflexions, nous aurions souhaité proposer cette épreuve en modalité d'entrée visuelle plutôt qu'auditive, afin d'obtenir plus d'éléments sur la mémoire visuelle de l'ordre, avec un matériel verbal. Nous avons en effet déjà beaucoup d'épreuves utilisant des logatomes, en modalité d'entrée auditive.

3.3.3. Agencement des épreuves

L'agencement des épreuves nous a semblé tout à fait adéquat.

3.3.4. Élaboration des consignes

Les consignes nous ont paru claires et des exemples avaient été créés lorsque la consigne était plus complexe. Nous n'avons pas observé de difficultés de compréhension se répercutant dans les résultats.

3.3.5. Choix du matériel

Nous n'avons pas de remarque particulière concernant le choix du matériel, à l'exception des lettres mobiles. Nous aurions peut-être dû proposer des lettres colorées sur leur face pour éviter les erreurs de positionnement de lettres en miroir. De même, un trait représentant le bas de la lettre aurait pu être tracé sur chacune afin d'éviter une mauvaise utilisation, en les retournant pour les transformer en une autre lettre. Néanmoins, il s'agit tout de même d'observations intéressantes, nous renseignant sur l'organisation visuo-spatiale et la reconnaissance des lettres.

3.3.6. Au niveau des passations

Les passations se sont correctement déroulées et les biais recensés, concernant les conditions environnementales, n'étaient pas de notre ressort. Le livret

de passation que nous avons créé nous a semblé pratique, fonctionnel et simple à utiliser.

Après l'évaluation des enfants dyscalculique, dyslexique et dysphasique, il est ressorti que nous aurions dû chronométrer les différentes épreuves chez les enfants tout-venant, afin de proposer une normalisation du temps de réalisation des épreuves, puisque les enfants contrôles étaient qualitativement beaucoup plus longs que les enfants tout-venant.

La durée d'évaluation auprès des enfants tout-venant, respectait bien notre objectif d'une passation d'une trentaine de minutes.

3.4. Au niveau du système de cotation

La création d'un système de cotation est longue et complexe. Ainsi, nous étions dans l'obligation de nous appuyer sur les travaux théoriques actuels. Cependant, nous avons dû prendre parti-pris car il n'existe pas, à ce jour, de consensus littéraire sur les critères de cotation de l'évaluation séquentielle. Ce rapport à la théorie a parfois été difficile car le système de cotation reste parfois complexe. La catégorisation du type d'erreur n'est pas toujours aisée dans les séquences modifiées. Toutefois, nous devons prendre une décision et proposer un système de cotation cohérent. Pour les épreuves où le mode de réponse du participant le permet, nous avons proposé, dans le livret, un système indiquant l'erreur séquentielle mise en jeu dans l'item, permettant ainsi, une identification rapide des erreurs séquentielles pour ces items.

3.5. Au niveau des essais de normalisation

Nous avons rencontré des difficultés du fait de la non-normalité de notre population. Il ne nous a alors pas été possible de proposer une norme avec moyennes et écart-types chez les enfants tout-venant, mais le calcul de catégories normalisées était, lui, en partie réalisable. Nous avons constaté des effets plafond sur un nombre important d'épreuves, qui ne nous permettent pas d'affirmer que l'élaboration de notre batterie a abouti et ne nous permettant pas non plus de réaliser une normalisation complète de la batterie. Des modifications devront être apportées concernant les épreuves à effet plafond, si nous souhaitons proposer cet outil aux enfants de CE2. Néanmoins, il se pourrait que la batterie soit adaptée aux enfants de CP/CE1, sans rencontrer d'effet plafond.

De plus, les épreuves n'ayant pu permettre la constitution de catégories normalisées doivent être allongées (ajout d'items). Cela permettra d'autant plus une meilleure sensibilité.

4. Perspectives

4.1. Modifications à apporter

Des modifications doivent impérativement être apportées afin d'envisager une normalisation de la batterie auprès d'enfants de CE2 et, par la suite, un étalonnage de celle-ci. En effet, les effets plafond ou les problèmes de traitement statistique mis en évidence par l'étude des coefficients d'asymétrie et d'aplatissement des valeurs ainsi que des catégories normalisées obtenues témoignent de la nécessité de complexifier et/ou d'augmenter le nombre d'items des épreuves concernées. Notons néanmoins que le temps de passation de la batterie sera nécessairement augmenté.

Les épreuves qui restent valables, sans modification, pour une évaluation chez les CE2 sont :

- Épreuve n° 6 « Reproduction de séquences de mouvements sur imitation »
- Épreuve n° 12 « Reproduction d'une sériation de bâtonnets »

Épreuves avec effets plafond	Épreuves pour lesquelles la normalisation n'est pas réalisable
Complexification et/ou augmentation du nombre d'items	
N°1 Comparaison de deux séquences rythmiques (complexification)	N°3 Comparaison de deux logatomes (complexification)
N°2 Reproduction de séquences rythmiques (complexification)	N°7 Localisation d'un mot dans une phrase (ajout d'items)
N°4 Répétition d'un logatome (complexification)	N°8 Localisation d'une syllabe dans un logatome (ajout d'items)
N°5 Exécution de consignes complexes (ajout d'items/complexification)	N°10 Sériation de nombres ayant les mêmes chiffres (ajout d'items/complexification)
N°9 Reproduction d'une suite de désignations sur une planche de cubes (ajout d'items/augmentation de l'empan)	N°13 Reconstitution en lettres mobiles d'un logatome entendu (ajout d'items)
N°11 Réalisation de séquences de mouvements de main sur ordre (ajout d'items/augmentation de l'empan)	N°15 Comparaison de deux séquences de signes visuels (complexification)
N°14 Dénombrement (complexification)	N°16 Appariement d'un logatome entendu à sa forme écrite (ajout d'items)

Tableau VIII : Tableau synthétique du type de modifications à apporter aux épreuves

La batterie, telle qu'elle est construite à ce jour, pourrait en revanche être administrée auprès d'enfants de CP ou CE1, pour lesquels le niveau de complexité pourrait être adéquat et ne nécessiter aucune modification. De plus, il serait tout à fait pertinent de proposer un outil d'évaluation de la séquentialité dès le CP. En effet, il n'est actuellement plus nécessaire d'attendre le niveau de CE2 pour poser un

diagnostic de dyslexie. Le DSM V (American Psychiatric Association, 2013) autorise effectivement désormais la pose d'un diagnostic précoce de trouble des apprentissages (oral et écrit) à partir d'un décalage de 6 mois dans les apprentissages. La séquentialité étant en relation étroite avec les domaines du langage oral et du langage écrit notamment, il serait tout à fait recevable et pertinent d'accompagner l'évaluation orthophonique du langage (oral et/ou écrit) par une évaluation des capacités séquentielles et de la mémoire de l'ordre.

4.2. Perspectives générales

Pour que notre batterie soit la plus simple et pratique à utiliser possible, nous proposons ci-dessous quelques perspectives d'améliorations.

Afin que notre outil intéresse une population plus large, il faudrait l'adapter puis le normaliser sur différentes classes d'âges. Nous pourrions adapter les items à chaque classe d'âge en proposant, par exemple, d'arrêter la passation d'une épreuve à un item de référence suivant l'âge de l'enfant ; les enfants les plus âgés pourraient, eux, réaliser la totalité de l'épreuve, ou commenceraient la passation à un niveau de difficulté plus avancé que celui du premier item.

Ajoutons que les futurs utilisateurs de notre batterie pourraient demander des justifications aux enfants, notamment dans les épreuves de comparaison de séquences, dans le but d'obtenir des indices sur le fonctionnement cognitif de l'enfant. Nous n'avons pu l'appliquer nous-mêmes puisque nous étions limitées par une trentaine de minutes de passation.

Nous pourrions améliorer le système de cotation en créant un manuel de correction des erreurs difficiles à analyser, qui pourraient être rencontrées. Ainsi, nous y proposerions une solution pour chacune d'entre elles. Ceci reste un projet intéressant, mais nous manquons de temps pour le réaliser.

Aussi, nous pourrions proposer de calculer un score total à notre batterie afin d'observer des hétérogénéités inter-individuelles sur le développement global de la séquentialité. Cependant, les domaines comportent un nombre inégal d'épreuves et celles-ci ne sont pas toutes cotées sur le même nombre de points. Il faudrait ramener sur une même note chaque épreuve, puis chaque domaine, pour que leurs poids soient équivalents. Aussi, nous n'avons pas réalisé de total des épreuves dans notre batterie à ce jour ; nous avons déjà le nombre total d'erreurs séquentielles, mais cela peut être une idée intéressante d'évolution pour notre batterie.

Également, nous pourrions étudier le nombre d'erreurs commises à chaque épreuve et leur type et, ainsi, éventuellement, faire ressortir la présence récurrente de certains types d'erreurs dans certaines épreuves ou dans certains domaines. Malheureusement, une étude des observations du type d'erreurs par épreuve n'a pas été possible en raison du temps.

Notre système de cotation pourrait, dans l'épreuve « reproduction d'une sériation de bâtonnets », prendre en compte le fait que les enfants respectent ou pas la ligne de base dans la production de leur sériation.

Enfin, notre outil devra faire l'objet d'un travail de remaniement, de normalisation et enfin d'étalonnage, pour qu'il puisse être utilisé dans la pratique à des fins comparatives, et de dépistage de difficultés des troubles de la séquentialité et de la mémoire de l'ordre.

5. Intérêts orthophoniques de notre travail

Notre travail a consisté en la création d'un outil d'évaluation de la séquentialité destiné à la pratique orthophonique, qui devait respecter les critères méthodologiques de construction d'un test avec une standardisation permettant l'obtention de scores relatifs à la norme, pouvant être retranscrits sur le compte-rendu de bilan orthophonique.

L'évaluation des troubles de la séquentialité revêt des intérêts divers dans le champ de l'orthophonie, tels que la recherche sur le développement cognitif de l'enfant ou sur la fréquence et la place des difficultés séquentielles chez les enfants atteints d'une pathologie particulière (trouble spécifique développemental, trisomie 21, autisme, etc.) ou tels que l'expérimentation clinique auprès d'une population plus restreinte d'enfants ou d'un individu en particulier, présentant un développement séquentiel et un fonctionnement cognitif propres.

Notre batterie permet l'évaluation globale de la séquentialité et prend en compte différentes modalités et différents domaines. Notre batterie met aussi en avant le type d'erreurs séquentielles prédominantes chez l'enfant évalué, par l'analyse quantitative et qualitative (stratégies de l'enfant) qu'elle propose. Ainsi, l'orthophoniste pourra déterminer les capacités sur lesquelles s'appuyer dans la mise en place de sa rééducation. En ce sens, nous pourrions adopter une approche adaptée au style cognitif préférentiel de l'enfant. Nous rappelons que le développement des capacités séquentielles n'est pas homogène ; il est donc

pertinent de partir d'un domaine dont le développement est normal pour remédier aux difficultés présentes dans un autre domaine. Nous pourrions aussi envisager des axes de travail et de progression dans la prise en charge en prenant en compte l'enfant dans sa globalité (pas uniquement le domaine langagier).

Notre outil permet d'établir des objectifs thérapeutiques grâce à la mise en évidence de déficits et de compétences. Également, il permet de déterminer plus finement l'impact de la séquentialité dans les erreurs en lecture ou en écriture par exemple, dans le cadre d'une dyslexie. Dans le cadre d'un diagnostic, notre outil permettrait d'identifier les difficultés séquentielles présentes dans le cadre de troubles langagiers, logico-mathématiques ou praxiques. Dans ce cas, il serait possible d'adapter la prise en charge au plus près du développement des capacités séquentielles de l'enfant et de mieux respecter sa zone proximale de développement.

Nous tenons aussi à rappeler que l'entraînement séquentiel a déjà montré son intérêt chez les dyslexiques, les dysphasiques et les déficients intellectuels (amélioration du langage oral, de la répétition verbale avec un travail sur l'agencement séquentiel des phonèmes à l'intérieur des syllabes, des syllabes dans les mots, des mots dans les phrases, de la motricité bucco-faciale pour permettre un développement des capacités praxiques, des capacités mnésiques et des capacités rythmiques). En effet, en nous référant aux travaux de Mansy et Guerrien (2004), il semble que l'entraînement séquentiel, verbal et moteur, puisse être pratiqué dans une prise en charge orthophonique classique après évaluation des déficits et capacités séquentielles.

De plus, à travers cet outil, les orthophonistes évaluant la séquentialité pourraient se rendre compte de l'intérêt de cette problématique dans leur champ de compétences. Permettre la mise en évidence de troubles séquentiels chez les enfants est un moyen privilégié de faire prendre conscience des capacités et des difficultés séquentielles des enfants. Face à ce constat, la problématique de la séquentialité pourrait se développer.

6. Apports personnels

La réalisation de notre mémoire sur la séquentialité et la mémoire de l'ordre nous aura tout d'abord permis de prendre conscience de l'importance que ces capacités occupent dans le développement du langage et des capacités numériques

notamment. Nous avons concrètement pris conscience de la part majeure que la séquentialité représentait dans les activités humaines, qu'il s'agisse d'enfants ou d'adultes et nous portons désormais un regard différent sur les pathologies rencontrées dans le cadre de nos stages. De plus, nos nombreuses passations auprès d'enfants tout-venant, nous ont permis de développer une meilleure conscience du développement normal de la séquentialité, que nous pourrions réutiliser dans notre future pratique. Elles nous ont également permis de nous familiariser davantage à l'exercice de passations de bilans.

Notre implication dans ce projet de création d'un outil d'évaluation et de son analyse statistique a été l'occasion d'établir une relation de confiance et d'apports mutuels avec les différentes personnes concernées : tout d'abord les enfants, les enseignants, les directeurs d'établissement, ainsi que nos maîtres de stages et référents de stages respectifs.

Aussi, nous avons désormais une approche différente et plus rigoureuse de l'outil d'évaluation et des critères nécessaires à son utilisation. Nous mesurons toute l'importance à accorder à la prise en main d'un nouveau matériel d'évaluation et à l'évaluation des outils disponibles sur le marché. Cette expérience nous a permis de développer une rigueur, des capacités d'analyses et un esprit critique, car la création d'un test est complexe. Nous avons pu mesurer la difficulté et l'investissement que représentaient la création d'épreuves, l'établissement d'un système de cotation cohérent et précis, l'importance de la standardisation des épreuves et l'impact des critères et variables permettant d'effectuer une normalisation, l'analyse et l'interprétation des résultats.

Enfin, ce mémoire de fin d'études d'orthophonie nous aura enrichies, aussi bien sur le plan personnel que professionnel, et nous aura appris à nous intéresser particulièrement à la recherche, à la consolidation et à l'actualisation des connaissances théoriques. Ce travail en binôme nous aura aussi permis de développer des compétences qui nous seront utiles dans notre pratique future : nous avons appris à travailler ensemble malgré la distance. Aussi avons nous apprécié ce travail conjoint, et sommes heureuses de le présenter, en équipe.

Conclusion

L'objectif de notre travail visait à élaborer un outil d'évaluation des capacités séquentielles normalisé auprès d'enfants de CE2, et à réaliser une étude de cas auprès d'enfants présentant un trouble spécifique développemental. Nous avons effectivement créé cet outil d'évaluation, dont la passation dure en moyenne 30 minutes, et jusqu'à 60 minutes chez les enfants contrôles (dyscalculique, dysphasique, dyslexique).

Les corrélations obtenues suggèrent que nos épreuves sont pertinentes et spécifiques à l'exploration des capacités séquentielles ; aussi nous ne relevons pas d'épreuves qui soient redondantes et vaines. Les résultats aux différents empan (classique, item, envers), qu'il s'agisse d'un empan verbal (mots) ou non verbal (chiffres) soulignent des différences de score entre la cotation utilisée traditionnellement dans les tests d'évaluation de l'empan mnésique et la prise en compte de l'ordre, avec la cotation de l'empan relatif. Il nous paraît alors nécessaire de suggérer l'adoption de ce système de cotation.

Aussi, les résultats des enfants présentant un trouble spécifique développemental (dyscalculie, dysphasie et dyslexie), suggèrent bien l'existence de difficultés séquentielles chez ces enfants, pouvant être mises en évidence par notre batterie.

Globalement, nous avons observé une hétérogénéité inter-individuelle des performances aux différentes épreuves, avec des difficultés n'intéressant pas un domaine de la séquentialité en particulier.

Cependant, la normalisation de notre batterie n'a pu être effectuée et certaines modifications, dans des travaux ultérieurs, doivent être amenées afin de présenter un outil fiable pour la pratique orthophonique.

La batterie courte d'évaluation des capacités séquentielles que nous proposons apparaît fonctionnelle et spécifique à la problématique. Nous souhaiterions qu'elle puisse, à l'avenir, être utilisée dans le cadre des évaluations orthophoniques du langage oral, du langage écrit ou encore des logico-mathématiques. Nous espérons que l'étude des capacités séquentielles intéressera davantage de professionnels et qu'elle saura causer un impact sur la prise en charge orthophonique.

Bibliographie

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders : DSM-5*. American Psychiatric Publishing.
- Attout L, Noël MP, Majerus S (2014). The relationship between working memory for serial order and numerical development : a longitudinal study. *Developmental Psychology* : 50(6) : 1667-79.
- Baddeley AD, Hitch GJ (1974). Working memory. In : Bower GH (Ed.). *The psychology of learning and motivation*. San Diego, Academic press : 47-90.
- Baddeley A (1986). *Working memory*. Oxford, Clarendon Press/Oxford University Press.
- Baddeley AD (2000). The episodic buffer : a new component of working memory ? *Trends in Cognitive Sciences* : 4(11) : 417-423.
- Balu-Onfray C, Caze-Blanc L (2005). *Intérêt orthophonique d'un travail de séquentialité auprès d'enfants déficients intellectuels*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- Brin-Henry F, Courrier C, Lederlé E, Masy V (2011). *Dictionnaire d'Orthophonie*. Villeneuve d'Ascq, Ortho Edition.
- Brock J, Jarold C (2004). Language influences on verbal short-term memory performance in Down syndrome : Item and order recognition, *Journal of Speech, Language and Hearing Research* : 47 : 1334-1346.
- Champdoyseau AL, Juston B (2003). *Intérêt orthophonique d'un travail de séquentialité auprès d'enfants dyslexiques et dysphasiques*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- Cowan N (1995). *Attention and memory : An integrated framework*. New York, Oxford University Press.
- Cowan N (1999). An embedded-processes model of working memory. In : Miyake A, Shah P (Eds.). *Models of working memory : Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge, Cambridge University Press : 62-101.
- De Coatpont A, Coevoet P (2001). *Relation langage-motricité : intérêt d'un travail de séquentialité*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- Delos T (2012). *Protocole de rééducation de la séquentialité dans les troubles de développement du langage oral*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- Dominey PF, Ramus F (2000). Neural network processing of natural language: Sensitivity to serial, temporal and abstract structure of language in the infant. *Psychology Press* : 15(1) : 87-127.
- Dufour E, Maatouk S (2009). *Élaboration d'un outil d'évaluation des troubles de la séquentialité chez les enfants dyslexiques de 8 à 12 ans*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.

- Fougnie D, Marois R (2007). Executive working memory load induces inattentive blindness. *Psychonomic Bulletin and Review* : 14 : 142-147.
- Gallistel CR, Gelman R (1978). The child's understanding of number. *Harvard University Press*.
- Gathercole SE (2002). Memory development during childhood years. In : Baddeley AD, Kopelman MD, Wilson BA (Eds.). *The Handbook of Memory Disorders*. Chichester : John Wiley & Sons Ltd. : 475-500.
- Gérard CL (1991). *L'enfant dysphasique*. Collection Science de la rééducation. Paris : Edition Universitaires.
- Hachmann WM, Bogaerts L, Szmalec A, Woumans E, Duyck W, Job R (2014). Short-term memory for order but not for item information is impaired in developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia* : 64 : 121-136.
- Hadji C (1989). *L'évaluation, règles du jeu*. Paris, ESF éditeur.
- Hauert CL A., Deiber MP, Sorino O (1996). Organisation temporelle de la motricité séquentielle uni-manuelle et bi-manuelle. *Science et Motricité* : 28 : 21-28.
- Hurlstone MJ, Hitch GJ, Baddeley AD (2014). Memory for Serial Order Across Domains : An Overview of the Literature and Directions for Future Research. *Psychological Bulletin* : 140(2) : 339-373.
- Jacquier-Roux M, Lequette C, Pouget G, Valdois S, Zorman M (2010). *BALE : Batterie Analytique du Langage Écrit*. Grenoble, Groupe Cogni-Sciences - Université Pierre Mendès-France.
- Katz RC, Goodglass H (1990). Deep dysphasia : An analysis of a rare form of repetition disorder. *Brain and Language* : 39 : 153-185.
- Keele SW, Jennings P, Jones S, Caulton D, Cohen A (1995). On the modularity of sequence representation. *Journal of a Motor Behavior* : 27(1) : 17-30.
- Lafon A (2010). *Les troubles du traitement séquentiel chez l'enfant dysphasique*. Mémoire d'Orthophonie. Université Nancy 1.
- Lambert E, Chesnet D (2001). Novlex : une base de données lexicales pour les élèves de primaire. *L'année Psychologique* : 101 : 277-288.
- Leclercq AL, Majerus S (2010). Serial-Order Short-Term Memory Predicts Vocabulary Development : Evidence From a Longitudinal Study. *Developmental Psychology* : 46(2) : 417-427.
- Maatouk S, Dufour E (2010). *Élaboration d'un outil d'évaluation des troubles de la séquentialité chez les enfants dyslexiques de 8 à 12 ans*. Mémoire d'Orthophonie, Université de Lille 2.
- Mahieux F, Outrebon C (2007). *Élaboration d'une batterie comparant les capacités séquentielles dans différents domaines chez les enfants de CE2*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.

- Majerus S, Lekeu F, Van Der Linden M, Salmon E (2001). Deep dysphasia : Further evidence on the relationship between phonological short-term memory and language processing impairments. *Cognitive Neuropsychology* : 18 : 385-410.
- Majerus S, Van Der Linden M (2001). La composante verbale de la mémoire de travail : le modèle de Baddeley et les conceptions apparentées. In : Majerus S, Van Der Linden M, Belin C (éd.). *Relations entre perception, mémoire de travail et mémoire à long terme*. Marseille, Solal : 13-50.
- Majerus S, Van der Linden M (2003). The development of long-term memory effects on verbal short-term memory : A replication study. *British Journal of Developmental Psychology* : 21 : 303-310.
- Majerus S, Poncelet M, Greffe C, Van der Linden M (2006a). Relations between vocabulary development and verbal short-term memory : the relative importance of short-term memory for serial order and item information. *Journal of Experimental Child Psychology*. : 93(2) : 95-119.
- Majerus S, Poncelet M, Elsen B, Van Der Linden M (2006b). Exploring the relationship between new word learning and short-term memory for serial order recall, item recall and item recognition. *European Journal of Cognitive Psychology* : 18 : 848-873.
- Majerus S (2008). La mémoire verbale à court terme : un simple produit des interactions entre systèmes langagiers, attentionnels et de traitement de l'ordre sériel ?. *Psychologie Française* : 53 : 327-341.
- Majerus S, Poncelet M, Van der Linden M, Weekes BS (2008). Lexical learning in bilingual adults : The relative importance of short-term memory for serial order and phonological knowledge. *Cognition* : 107(2) : 395-419.
- Majerus S (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations : the importance of distinguishing item and order information. In : Thorn AS, Page M (Eds.). *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain*. Hove, *Psychology Press* : 244-276.
- Majerus S, Heiligenstein L, Gautherot N, Poncelet M, Van Der Linden M (2009a). The impact of auditory selective attention on verbal short-term memory and vocabulary development. *Journal of Experimental Child Psychology* : 103 : 66-86.
- Majerus S, Leclercq AL, Grossmann A, Billard C, Touzin M, Van der Linden M, Poncelet M (2009b). Serial order short-term memory capacities and specific language impairment : no evidence for a causal association. *Cortex, Journal Elsevier* : 45(6) : 708-720.
- Majerus S (2010a). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme : Implications théoriques et évaluatives. *Développements* : 4 : 5-15.
- Majerus S (2010b). Das verbale Kurzzeitgedächtnis als Produkt der Interaktion zwischen Aufmerksamkeitskapazitäten, Sequenzverarbeitung und Aktivierung des Sprachsystems. *Psychologische Rundschau* : 61 : 10-17.

- Maljean R (2013). *Enjeux de l'évaluation et de la cotation, différences interindividuelles dans les stratégies du maintien de l'ordre sériel*. Mémoire de Psychologie, Université de Lille 3.
- Maljean R (2014). *Profils cognitifs de l'organisation sérielle, hypothèse item/ordre et degré d'autonomie chez la personne âgée dépendante*. Mémoire de Psychologie, Université de Lille 3.
- Mansy A, Guerrien A (2004). Entraînement de la motricité séquentielle et production orale chez l'enfant. *Glossa* : 87 : 4-14.
- Margolin DI (1984). The neuropsychology of writing and spelling : semantic, phonological, motor and perceptual processes. *Quarterly Journal of Experimental psychology* : 36(A) : 459-489.
- Marquet A (2011). « *Relations entre lecture et mémorisation de l'ordre des éléments dans une séquence* » : Étude auprès d'enfants normo-lecteurs et d'enfants dyslexiques et entraînement aux différentes stratégies de mémorisation de l'ordre. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- Martin S (2010). *Entraînement à la séquentialité, de la mémoire de travail chez des adolescents dyslexiques sévères*. Mémoire d'orthophonie. Université de Lille 2.
- Martin N, Saffran EM (1992). A computational account of deep dysphasia : Evidence from a single case study. *Brain and Language* : 43 : 240-274.
- Martinet (1960). *Éléments de linguistique générale*. Paris, Colin.
- Martinez Perez T, Poncelet M, Majerus S (2009). Rétention de l'ordre sériel en mémoire verbale à court-terme chez des adultes dyslexiques. Liège, Université de Liège [référence du 10 décembre 2014]. <http://hdl.handle.net/2268/34694>
- Martinez Perez T, Majerus S, Mahot A, Poncelet M (2012). Evidence for a Specific Impairment of Serial Order Short-term Memory in Dyslexic Children. *Dyslexia* : 18 : 94-109.
- Moings H, Trentesaux L (2010). *Relations entre les capacités de la mémoire de l'ordre et les capacités de lecture au cycle 3*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'État de Psychologue Scolaire. Université de Lille 3.
- Naglieri JA, Das JP (2003). « Planning, Attention, Simultaneous, Successive (PASS) Theory : A revision of the concept of intelligence ». In: Flanagan DP, Harrison PL (2005). *Contemporary Intellectual Assessment : Theories, tests, and issues*. The Guildford Press : 120-135.
- Plaza (1995). Dyslexie de développement et défaillance du traitement séquentiel : les difficultés du rappel en ordre. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*. 34 : 132-138.
- Poncelet M, Majerus S, Van Der Linden M (2001). Troubles de la rétention à court terme d'informations auditivo-verbales : évaluation et prise en charge. *Rééducation Orthophonique* : 208 : 121-137.

- Rondal JA, Seron X (2000). Évaluation du langage. In : *Troubles du langage : bases théoriques, diagnostic et rééducation*, Bruxelles, Mardaga : 373-434.
- Rossi M (2001). Les lapsus et la production de la parole. *Psychologie française* : 46(1) : 27-41.
- Saussure (1967). *Cours de Linguistique Générale*. Paris, Grande bibliothèque Payot : 170-175.
- Seigneuric A, Gyselinck V, Ehrlich MF (2001). La mémoire de travail dans la compréhension du langage : quel système pour quelles fonctions ? In : Majerus S, Van Der Linden M, Belin C (Eds.). *Relations entre perception, mémoire de travail et mémoire à long terme*. Marseille, Solal : 83-115.
- Semjen A (1994). Qu'y a-t-il de programmé dans les activités motrices ? Les avatars du programme moteur. *Science et motricité* : 23 : 48-57.
- Shaffer LH (1984). Timing in solo and duet piano performances. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology – Section A : Human Experimental Psychology* : 36(4) : 577-595.
- Sockeel P, Anceaux F (2002). La démarche expérimentale en psychologie. Paris, In Press.
- Tallal P, Merzenich MM, Miller S, Jenkins W (1998). Language learning impairments : integrating basic science, technology, and remediation. *Experimental Brain Research* : 123 : 210-219.
- Todd JJ, Fougny D, Marois R (2005). Visual short-term memory load suppresses temporo-parietal junction activity and induces inattentive blindness. *Psychological Science* : 16 : 965-972.
- Tran TM (2001). Les accidents de la parole dans le langage ordinaire et aphasique : du normal au pathologique. *Revue française de linguistique appliquée* : VI(1) : 35-46.
- Versace R, Nevers B, Padovan C (2002). *La mémoire dans tous ses états*. Marseille, Solal.
- Wynn K (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. *Cognitive Psychology* : 24(2) : 220-251.
- Zazzo (1969). *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*. Neuchâtel, Delachaux.
- Site Web consulté pour la création de l'épreuve d'empan de mots :
- NOVLEX : Une Base de Données Lexicales pour les Élèves de Primaire. Lambert E, Chesnet D. www2.mshs.univ-poitiers.fr/novlex/ [consulté le 14/12/2014].

Liste des annexes

Annexe n°1 : Courrier aux IEN

Annexe n°2 : Autorisation parentale

Annexe n°3 : Tableau de sélection des épreuves

Annexe n°4 : Matériel nécessaire à l'utilisation de la Batterie Courte d'Évaluation de la Séquentialité

Annexe n°5 : Livret de passation

Annexe n°6 : Tableau de présentation des épreuves et des compétences sollicitées

Annexe n°7 : Coefficients d'asymétrie et d'aplatissement

Annexe n°8 : Création de catégories normalisées

Annexe n°9 : Tableau des scores bruts des enfants tout-venant

Annexe n°10 : Matrice de corrélations inter-épreuves

Annexe n°11 : Matrice de corrélations inter-domaines

Annexe n°12 : Matrice de corrélations intra-domaines

Annexe n°13 : Matrice de corrélations des empan

Annexe n°14 : Matrice de corrélations empan VS épreuves

Annexe n°15 : Matrice de corrélations des types d'erreurs séquentielles

Annexe n°16 : Matrice de corrélations des empan VS erreurs séquentielles

Annexe n°17 : Scores bruts des enfants dyscalculique, dyslexique et dysphasique