

MEMOIRE

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

Amandine VASSEUR

soutenu publiquement en juin 2016 :

Comparaison de 2 méthodes d'évaluation des habiletés logiques et mathématiques de l'enfant

MEMOIRE dirigé par :

Sandrine MEJIAS, Maître de Conférences, Université de Lille 2

Remerciements

Je souhaiterais adresser mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui m'ont aidée, de près ou de loin, à élaborer ce mémoire.

Je remercie tout particulièrement Sandrine Mejias, maître de conférences à l'université de Lille 2, sans qui ce projet n'aurait pas vu le jour et qui, en tant que directrice de ce mémoire, s'est toujours montrée disponible et à l'écoute, m'a soutenue et aidée tout au long de la réalisation de ce travail.

Un grand merci également à Marie Thiollier, orthophoniste à Lille et maître de stage, pour son soutien, ses précieux conseils et son investissement, du début à la fin de mon expérimentation.

Je tiens à remercier Élodie Guenin et Laetitia Vidal, orthophonistes en libéral, d'avoir offert leur participation et leur temps, d'avoir porté de l'intérêt à cette étude.

J'exprime bien évidemment ma gratitude aux six enfants ayant accepté de se prêter aux diverses évaluations, ainsi qu'à leurs parents pour leur autorisation.

Sur une note plus personnelle, j'aimerais remercier ma mère pour son soutien inestimable depuis toujours, ainsi que ma famille et mes amis.

Enfin, je témoigne de manière générale ma reconnaissance envers l'institut d'orthophonie « Gabriel Decroix ».

Un grand merci à tous.

Résumé :

L'objet de cette recherche est de comparer deux méthodes d'évaluation des habiletés logiques et mathématiques de l'enfant – l'une constructiviste, l'autre cognitiviste – dans le but de mettre en évidence différents profils d'enfants, ainsi que l'indépendance de ces habiletés et la complémentarité des deux méthodes. Pour cela, six patients ayant été évalués à l'aide de l'ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé, 2009) par leur orthophoniste se sont ensuite vu administrer un protocole d'épreuves cognitivistes. Les différents diagnostics et projets thérapeutiques pour chaque patient ont ensuite été mis en relation, puis une synthèse des six comparaisons a été réalisée. Au terme de cette étude, les résultats affirment l'existence de différents profils d'enfants, avec des atteintes logiques et mathématiques parfois isolées, parfois coexistantes, parfois associées à des troubles d'autres domaines. Il en ressort également que les deux types de bilan évaluent bien deux champs différents, soulignant leur complémentarité et l'importance de s'adapter aux troubles de chaque patient, en choisissant la meilleure évaluation possible en fonction de la demande.

Mots-clés :

Orthophonie – Logico-mathématique – Cognition mathématique – Raisonnement logique – Bilan constructiviste – Bilan cognitiviste.

Abstract :

The object of this research is to compare two assessment methods of logical and mathematical skills of the child – one constructivist, the other cognitivist – with the aim of highlighting children's various profiles, as well as the independence of these skills and the complementarity of both methods. For that purpose, six patients having been evaluated by means of ERLA (Exploration of the Reasoning and the Associated Language, 2009) by their speech therapist then were administered a protocol of cognitivists tests. The various diagnoses and therapeutic projects for each patient were then put in relation, a synthesis of the six comparisons was realized afterwards. In the term of this study, the results assert the existence of children's various profiles, with sometimes isolated, sometimes coexisting logical and mathematical impairments, sometimes associated with disorders of other domains. It also emerges from it that both types of assessment evaluate indeed two different fields, underlining their complementarity and the importance to adapt to the disorders of each patient, by choosing the best possible evaluation according to the request.

Keywords :

Speech therapy – Logical-mathematical – Mathematical cognition – Logical reasoning – Constructivist assessment – Cognitivist assessment.

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	3
1. Bref historique de la psychologie du développement cognitif	4
1.1. Le courant piagétien	4
1.1.1. Théorie générale : le modèle « en escalier »	4
1.1.2. Cas particulier : la construction du nombre	5
1.2. Le courant cognitiviste	7
1.2.1. Le modèle de Siegler	7
1.2.2. Le modèle de McCloskey	8
1.2.3. Le modèle de Dehaene et Cohen	10
2. Actuellement : le glissement de l'appellation logico-mathématique à celle de cognition mathématique	11
2.1. Un domaine vaste et confus	11
2.1.1. Définitions	11
2.1.2. Critiques	12
2.1.3. Remaniement actuel	12
2.2. Les dyscalculies et les troubles logico-mathématiques : définitions et troubles associés	13
2.2.1. De nombreuses définitions	13
2.2.2. Troubles associés	14
2.3. Inventaire des outils diagnostiques	15
2.3.1. UDN-II (Construction et Utilisation du Nombre)	16
2.3.2. TEDI-MATH (Test Diagnostique des compétences de base en Mathématiques)	16
2.3.3. TTR (Tempo Test Rekenen)	17
2.3.4. Numerical (Test neurocognitif pour l'apprentissage du nombre et du calcul)	17
2.3.5. ZAREKI-R (Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant)	17
2.3.6. ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)	18
3. Vers un état des lieux de la cognition mathématique et de sa place en orthophonie	19
3.1. Objectifs du mémoire	19
3.2. Hypothèses	19
Sujets, matériel et méthode	20
1. Population étudiée	21
1.1. Critères d'inclusion	21
1.1.1. Suivi orthophonique	21
1.1.2. Niveau scolaire	21
1.1.3. Intervalle de temps entre les deux bilans	21
1.2. Critères d'exclusion	21
1.3. Présentation des sujets	22
2. Matériel	23
2.1. Sélection des bilans et épreuves	23
2.1.1. Le bilan ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)	23
2.1.2. Le bilan élaboré dans le cadre de l'étude	23
2.2. Description des bilans et épreuves	24
2.2.1. Le bilan ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)	24

2.2.2.Le bilan élaboré dans le cadre de l'étude.....	25
3.Méthode.....	28
3.1.Analyse du bilan ERLA pour un patient donné.....	28
3.2.Analyse du bilan cognitiviste pour un patient donné.....	28
3.3.Comparaison des deux bilans pour ce même patient.....	28
3.4.Synthèse des comparaisons de bilans des six patients.....	28
Résultats.....	29
1.Bilans de Marnie.....	30
1.1.Analyse du bilan ERLA de Marnie.....	30
1.1.1.Épreuves et résultats.....	30
1.1.2.Conclusions.....	31
1.2.Analyse du bilan cognitiviste de Marnie.....	31
1.2.1.ZAREKI-R.....	32
1.2.2.TEDI-MATH : « Opérations logiques ».....	33
1.2.3.TTA : « Additions » et « Soustractions ».....	34
1.2.4.WNV : « Matrices ».....	35
1.2.5.Conclusions.....	35
1.3.Comparaison des deux bilans de Marnie.....	36
2.Bilans de Séléna.....	37
2.1.Analyse du bilan ERLA de Séléna.....	37
2.1.1.Épreuves et résultats.....	37
2.1.2.Conclusions.....	38
2.2.Analyse du bilan cognitiviste de Séléna.....	39
2.2.1.ZAREKI-R.....	39
2.2.2.TEDI-MATH : « Opérations logiques ».....	40
2.2.3.TTA : « Additions » et « Soustractions ».....	41
2.2.4.WNV : « Matrices ».....	41
2.2.5.Conclusions.....	41
2.3.Comparaison des deux bilans de Séléna.....	42
3.Bilans de Laura.....	43
3.1.Analyse du bilan ERLA de Laura.....	43
3.1.1.Épreuves et résultats.....	43
3.1.2.Conclusions.....	44
3.2.Analyse du bilan cognitiviste de Laura.....	44
3.2.1.ZAREKI-R.....	44
3.2.2.TEDI-MATH : « Opérations logiques ».....	45
3.2.3.TTA : « Additions » et « Soustractions ».....	45
3.2.4.WNV : « Matrices ».....	45
3.2.5.Conclusions.....	46
3.3.Comparaison des deux bilans de Laura.....	46
4.Bilans de Jules.....	47
4.1.Analyse du bilan ERLA de Jules.....	47
4.1.1.Épreuves et résultats.....	47
4.1.2.Conclusions.....	48
4.2.Analyse du bilan cognitiviste de Jules.....	49
4.2.1.ZAREKI-R.....	49
4.2.2.TEDI-MATH : « Opérations logiques ».....	50
4.2.3.TTA : « Additions » et « Soustractions ».....	51
4.2.4.WNV : « Matrices ».....	51
4.2.5.Conclusions.....	51
4.3.Comparaison des deux bilans de Jules.....	52
5.Bilans de Juliette.....	53

5.1.Analyse du bilan ERLA de Juliette.....	53
5.1.1.Épreuves et résultats.....	53
5.1.2.Conclusions.....	54
5.2.Analyse du bilan cognitiviste de Juliette.....	55
5.2.1.ZAREKI-R.....	55
5.2.2.TEDI-MATH : « Opérations logiques ».....	56
5.2.3.TTA : « Additions » et « Soustractions ».....	57
5.2.4.WNV : « Matrices ».....	57
5.2.5.Conclusions.....	57
5.3.Comparaison des deux bilans de Juliette.....	58
6.Bilans d'Éline.....	59
6.1.Analyse du bilan ERLA d'Éline.....	59
6.1.1.Épreuves et résultats.....	59
6.1.2.Conclusions.....	60
6.2.Analyse du bilan cognitiviste d'Éline.....	60
6.2.1.ZAREKI-R.....	60
6.2.2.TEDI-MATH : « Opérations logiques ».....	61
6.2.3.TTA : « Additions » et « Soustractions ».....	62
6.2.4.WNV : « Matrices ».....	62
6.2.5.Conclusions.....	62
6.3.Comparaison des deux bilans d'Éline.....	63
7.Synthèse des comparaisons de bilans des six patients.....	64
Discussion.....	66
Conclusion.....	77
Bibliographie.....	79
Liste des annexes.....	82
Annexe n°1 : Objectifs généraux de l'ERLA.....	83
Annexe n°2 : Descriptif des épreuves du ZAREKI-R.....	83
Annexe n°3 : Descriptif des épreuves du TEDI-MATH, du TTR et de la WNV faisant partie du protocole d'étude.....	83

Introduction

A l'heure actuelle, la rééducation logico-mathématique occupe une place importante dans la prise en charge orthophonique. Importante mais controversée, encore un peu floue pour certains, du fait de sa complexité et des différents points de vue qui s'opposent. Les deux principaux, la théorie piagétienne et le cognitivisme, sont perçus comme exclusifs et contradictoires. Mais qu'en est-il réellement ?

Le terme « logico-mathématique » regroupe deux notions : la logique, c'est-à-dire le raisonnement, et les mathématiques. Il est né de la théorie de Piaget, celle-ci affirmant que l'acquisition des structures logiques est nécessaire à la construction des capacités numériques. Or, déjà en 1984, Clements démontrait le mécanisme inverse dans son article « Training effects on the development and generalization of Piagetian logical operations and knowledge of number ». Les résultats de cette étude montraient que l'entraînement des capacités numériques améliorerait ces dernières ainsi que les capacités logiques, alors que l'entraînement des capacités logiques n'améliorait que celles-ci.

Aujourd'hui, nous assistons à un glissement de l'appellation logico-mathématique à celle de cognition mathématique. En effet, le cognitivisme développemental considère le fonctionnement de l'enfant comme un ensemble de processus cognitifs, sans les concepts de structure et de stade de Piaget. Comme l'explique Alain Ménissier (2014, p.1), « *parler de cognition mathématique, c'est reconnaître que ce domaine recouvre des activités très diverses qui impliquent un grand nombre de fonctions cognitives* ».

Le besoin s'est donc fait ressentir d'un état des lieux de ce vaste domaine qu'est la cognition mathématique et de sa place en orthophonie. Pour cela, nous avons choisi de comparer deux méthodes d'évaluation des habiletés logiques et mathématiques : l'une issue des travaux piagétiens, le bilan ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé, 2009), l'autre réalisée à partir de tests et d'épreuves majoritairement cognitivistes sélectionnés par nos soins. Cette comparaison chez des enfants de primaire bénéficiant d'une rééducation logico-mathématique n'a pas pour but de mettre en valeur ou critiquer l'une ou l'autre méthode, mais vise plutôt à faire ressortir les points forts de chacune, ainsi que leur complémentarité, tout en faisant émerger différents profils d'enfants.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Bref historique de la psychologie du développement cognitif

La psychologie du développement cognitif a connu au fil des siècles et connaît encore aujourd'hui plusieurs courants, de nombreuses théories, ainsi que de multiples auteurs.

Dans ce chapitre, sont développés les courants piagétien et cognitiviste, les deux principaux et les plus pertinents pour le sujet qui nous intéresse. Il en existe d'autres, comme les néo-piagétiens, mais nous n'en parlerons pas ici.

1.1. Le courant piagétien

Jean Piaget (1896-1980), psychologue suisse, a marqué le XX^e siècle par ses multiples travaux sur le développement de l'intelligence, principalement chez le bébé et chez l'enfant.

Ses recherches se sont centrées sur de nombreuses observations, notamment de ses propres enfants, à l'aide de méthodes d'investigation de leurs conduites et de leur raisonnement. Il a pu en déduire ainsi leur fonctionnement de pensée.

1.1.1. Théorie générale : le modèle « en escalier »

Sa théorie énonce que, pour développer son intelligence, l'enfant passe par 3 grands stades (Piaget et Inhelder, 1966) :

- le stade sensori-moteur, de 0 à 18 mois,
- le stade de préparation et de mise en place des opérations concrètes, de 18 mois-2 ans à 11-12 ans,
- le stade des opérations formelles, de 11-12 ans à 14-16 ans.

Il imagine le développement cognitif comme une succession de ces stades, à l'intérieur desquels l'enfant construit ses différentes structures de pensée, par ses actions sur le monde qui l'entoure et qu'il découvre peu à peu, grâce à 2 mécanismes :

- l'assimilation, processus par lequel un objet du milieu est appréhendé tel qu'il est par la structure de l'organisme,
- et l'accommodation, son inverse, processus par lequel la structure de l'organisme se modifie pour s'adapter au milieu.

C'est donc une évolution linéaire et cumulative, que l'on appelle constructiviste, liée à l'idée d'acquisition et de progrès, suivant un modèle dit « en escalier » : l'enfant se construit grâce à la coordination ou la coactivation d'unités structurales, en passant d'un stade à un autre, comme on monte les marches d'un escalier (figure 1).

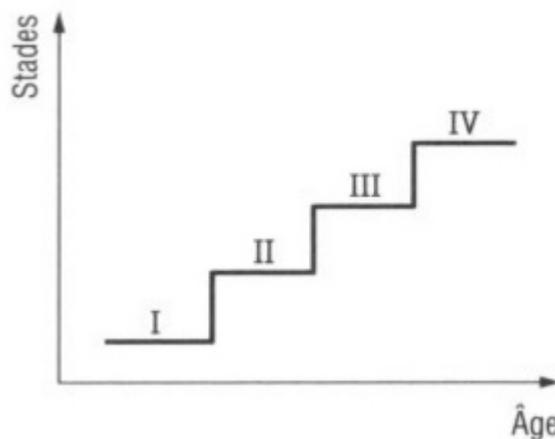


Figure 1 : Modèle du développement cognitif « en escalier » selon Piaget ;

issu de : HOUDÉ et LEROUX (2015). *Psychologie du développement cognitif*. (p.14)

1.1.2. Cas particulier : la construction du nombre

Selon ce principe, Piaget et Szeminska (1941) considèrent que la construction du nombre nécessite :

- l'acquisition de son aspect cardinal à travers les compétences de classifications (regrouper des objets selon leur caractère commun en faisant abstraction de leurs différences),
- l'acquisition de son aspect ordinal grâce aux compétences de sériations (ranger des éléments en fonction de leurs différences ordonnées en faisant abstraction de leurs points communs),
- l'acquisition de son aspect invariant, reposant sur la notion de conservation des quantités numériques, au moyen de la correspondance terme à terme

- (faire correspondre à chaque élément d'un premier ensemble un élément unique d'un second ensemble),
- la simultanéité, la mise en relation de ces trois aspects.

Piaget en conclut donc qu'elle ne peut se faire qu'à partir de l'âge de 7 ans.

Il prouvait cela par l'expérience suivante : l'enfant était placé devant deux rangées de jetons en nombre égal, mais de longueurs différentes en fonction de l'écartement des jetons.

Avant 7 ans, le jeune enfant déclare qu'il y a plus de jetons quand c'est plus long, ce que Piaget interprétait comme une non acquisition du concept de nombre, de sa structure logico-mathématique.

Or, il a été démontré un peu plus tard, par Mehler et Bever (1967), que si l'on remplaçait les jetons par des nombres inégaux de bonbons, la tâche était réussie dès l'âge de 2 ans, l'enfant choisissant la rangée contenant le plus de bonbons, même si l'autre rangée était plus longue.

C'est une des premières remises en question des différents repères développementaux de Piaget et de son modèle de l'escalier.

Houdé et Leroux (2015) en proposent une explication :

« En fait, tout porte à croire que ce qui pose réellement problème à l'enfant d'école maternelle dans la tâche de Piaget, ce n'est pas d'avoir ou de ne pas avoir la notion de nombre (les preuves de capacités numériques précoces sont maintenant solides), mais c'est d'être incapable d'inhiber une stratégie perceptive inadéquate : « longueur = nombre », stratégie qui d'habitude marche bien (tant pour l'adulte que pour l'enfant d'ailleurs) » (Psychologie du développement cognitif, p.172).

Cette notion d'inhibition, en tant que fonction exécutive, n'est pas prise en compte par Piaget, car c'est un concept plus récent, qui est au cœur des théories cognitivistes et de la nouvelle psychologie du développement.

1.2. Le courant cognitiviste

Le cognitivisme est né dans les années 1950, il s'agit de l'étude du fonctionnement du cerveau dans le but d'expliquer la construction du savoir.

Contrairement au constructivisme qui s'intéresse au développement cognitif à l'échelle de la vie d'un individu, le cognitivisme développemental étudie de façon précise et locale un domaine cognitif particulier, pour une tranche d'âge donnée.

L'apparition de nouveaux moyens technologiques, tels que la vidéo et l'imagerie, que Piaget ne possédait pas à son époque, ont rendu possibles ces études ultérieures, et ont contribué à une remise en cause partielle des interprétations du psychologue.

Le courant cognitiviste connaît plusieurs modèles théoriques, dont trois ont été choisis ici pour leur pertinence et leur contribution au domaine qui nous intéresse : la cognition mathématique.

1.2.1. Le modèle de Siegler

En opposition au modèle « en escalier » de Piaget, un modèle théorique actuel représentant bien la dynamique du traitement numérique chez l'enfant préscolaire et scolaire (de la maternelle à la primaire) est celui de Robert Siegler (2000, 2001 ; cité par Houdé et Leroux, 2015).

Il a démontré que, pour résoudre des opérations arithmétiques plus complexes que celles réussies par le bébé (exemples : $6 + 2 = ?$, $4 + 5 = ?$ ou encore $8 + 2 = ?$), l'enfant dispose d'un certain nombre de stratégies cognitives entrant en compétition dans son cerveau : deviner, compter sur les doigts, en commençant par le nombre le plus grand ou par le plus petit, retrouver le résultat en mémoire, etc.

Siegler conçoit donc plutôt le développement logico-mathématique comme des vagues qui se chevauchent (voir la figure 2), représentant les différentes stratégies connues par l'enfant pour résoudre un problème arithmétique donné, et qui évoluent

en fonction de l'âge et de l'expérience qu'il aura acquise, lui permettant peu à peu de choisir la meilleure façon de procéder, celle la mieux adaptée à chaque situation.

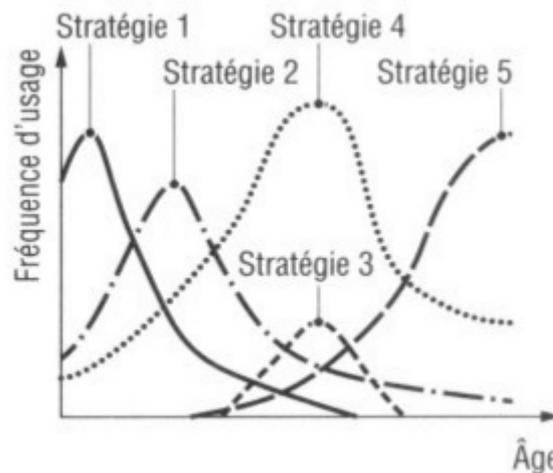


Figure 2 : Modèle du développement cognitif en vagues qui se chevauchent, selon Siegler ;
issu de : HOUDÉ et LEROUX (2015). *Psychologie du développement cognitif*. (p.14)

Le concept d'inhibition a donc son importance ici : l'enfant apprend à inhiber les stratégies inadéquates pour ne garder que les plus efficaces.

« Ainsi, se développer, c'est non seulement construire et activer des stratégies cognitives, comme le pensait Piaget, mais c'est aussi apprendre à inhiber des stratégies qui entrent en compétition dans le cerveau (Houdé, 2004) » (Houdé et Leroux, 2015).

1.2.2. Le modèle de McCloskey

Le modèle de McCloskey (1985) organise les capacités numériques de l'adulte en différents modules (figure 3) :

- un module d'entrée (compréhension),
- un module de sortie (production),
- un module de calcul.

Les modules d'entrée et de sortie sont composés chacun d'un sous-système numérique arabe et d'un sous-système numérique verbal.

Le traitement des informations est effectué par un système sémantique central, dans lequel les nombres sont représentés de façon abstraite.

Le module de calcul comporte trois parties, l'une servant à reconnaître le type d'opération à effectuer, l'autre traitant des faits numériques, et la dernière s'occupant de l'exécution du calcul.

Ce modèle est intéressant mais critiqué, notamment du fait qu'il soit basé sur le fonctionnement cérébral adulte, et développé à partir de l'observation de profils de performances de patients cérébrolésés.

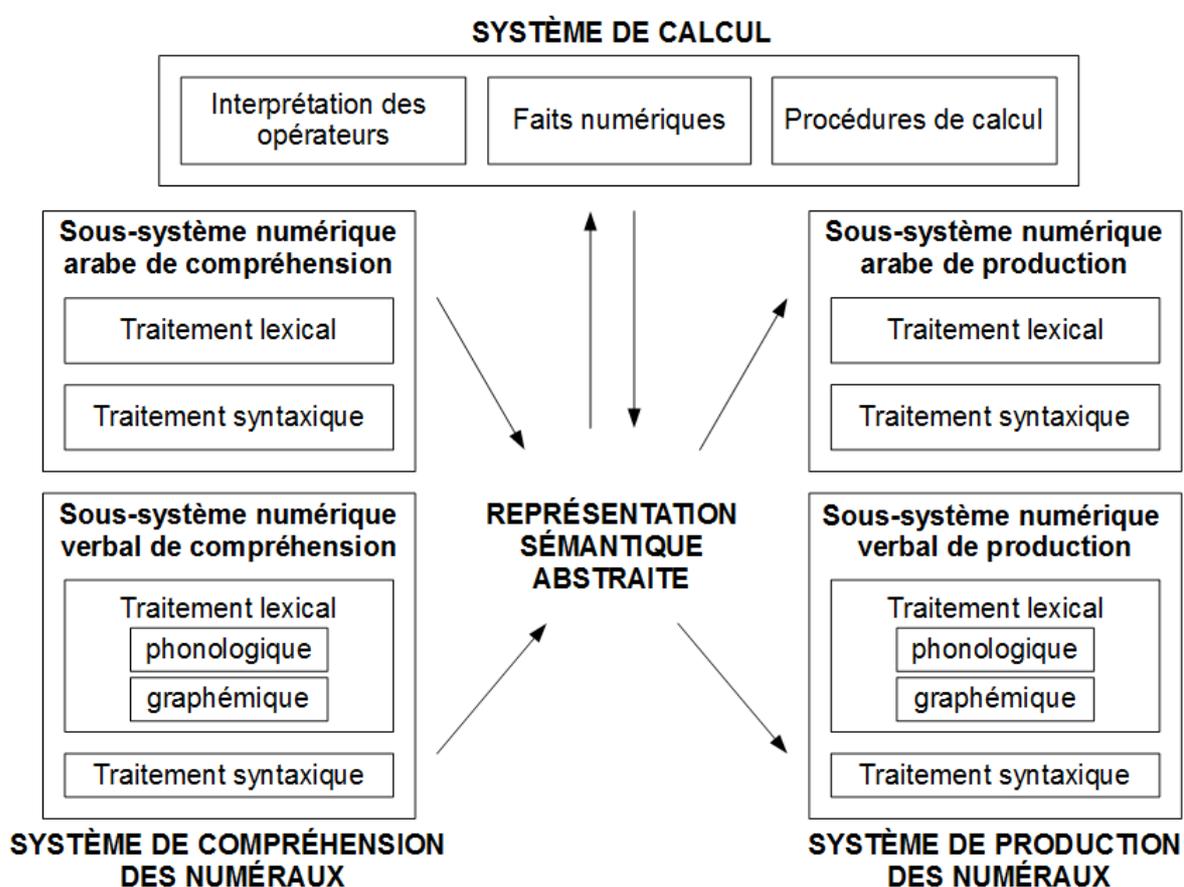


Figure 3 : d'après le modèle du traitement des nombres de McCloskey (1992)

1.2.3. Le modèle de Dehaene et Cohen

Le modèle de Dehaene et Cohen (1991) s'inspire de la théorie de McCloskey (1985) et définit trois types de représentations : visuelle arabe, auditive verbale et analogique (figure 4), chacune étant impliquée dans un traitement particulier du nombre, mais communiquant avec les autres et permettant les transcodages.

Le système des nombres arabes est utilisé dans les calculs à plusieurs chiffres, ainsi que pour le jugement de parité.

Le système auditivo-verbal est celui qui permet l'accès aux tables d'addition et de multiplication stockées en mémoire à long terme.

La représentation analogique est reconnue utile dans la comparaison des nombres et le calcul approximatif.

C'est un modèle localisationniste, chaque représentation étant associée à une zone cérébrale spécifique.

Il est reconnu pour être applicable autant chez l'homme (de tout âge) que chez l'animal, et également car il permet d'expliquer l'aspect développemental, ainsi que l'aspect pathologique.

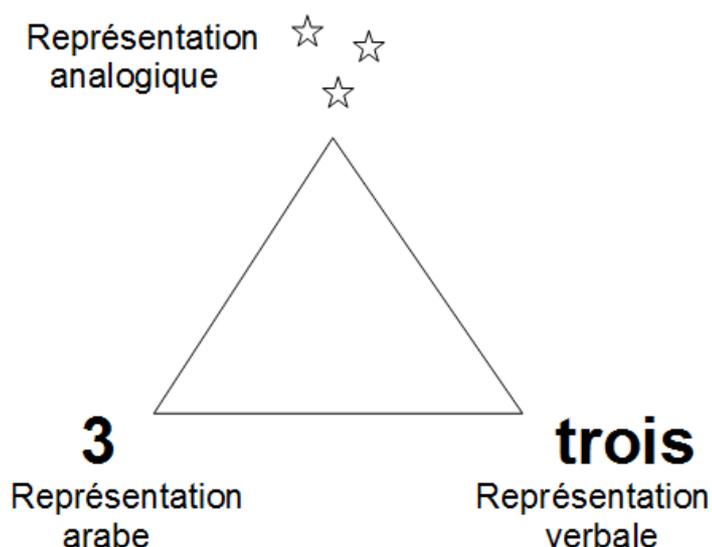


Figure 4 : d'après le modèle du triple code de Dehaene et Cohen (1991)

2. Actuellement : le glissement de l'appellation logico-mathématique à celle de cognition mathématique

En orthophonie, la rééducation des troubles logico-mathématiques occupe une place importante. Elle est souvent axée sur les fonctions logiques, le terme « logico-mathématique » dérivant des travaux piagétiens et faisant alors référence à un système de structures et de stades, que nous avons abordé précédemment.

Les recherches plus récentes ne doivent cependant pas être négligées, l'orthophonie étant un domaine en constante évolution, nous nous devons de prendre en compte tous les éléments nécessaires à une évaluation des troubles la plus juste possible.

Dans ce chapitre, nous expliquerons d'abord l'étendue du champ de la cognition mathématique et le pourquoi de ce remaniement en orthophonie.

Puis, dans un second temps, nous aborderons les différentes définitions de la dyscalculie et des troubles logico-mathématiques, ainsi que les troubles associés.

Enfin, un inventaire des outils diagnostiques à notre disposition sera établi.

2.1. Un domaine vaste et confus

Avant de parler du glissement actuel entre ces deux appellations, il est nécessaire de faire un rappel de leurs définitions, ainsi que des critiques apportées.

2.1.1. Définitions

Le terme « logico-mathématique » est issu du constructivisme, qui conçoit le développement cognitif comme un ensemble de compétences logiques devant être acquises pour accéder aux différentes structures de pensée, et évoluer à travers plusieurs stades, au cours des premières années de la vie (de la naissance à l'adolescence).

Le terme « cognition mathématique » provient du cognitivisme, qui aborde le fonctionnement cognitif de l'enfant sous forme de divers processus cognitifs.

2.1.2. Critiques

Comme l'explique Ménissier (2014), de nombreuses critiques ont été formulées concernant le modèle « en escalier » de Piaget. Parmi celles-ci, nous retiendrons le fait que chaque enfant évolue différemment, et qu'il existe donc une grande variabilité inter-individuelle mais également intra-individuelle, en regard des différents repères développementaux établis par Piaget. Le développement cognitif n'est donc pas linéaire mais beaucoup plus complexe.

D'où la place du cognitivisme, qui essaie d'expliquer cette variabilité par l'existence de nombreuses fonctions cognitives en jeu.

Mais là encore, alors que Piaget accorde une place importante aux capacités logiques, la cognition mathématique se concentre principalement sur les compétences mathématiques.

C'est pourquoi il est essentiel d'extraire le meilleur de chaque théorie, et de reconnaître « *à la fois l'importance des compétences précoces mais aussi l'étendue des cheminements développementaux à parcourir* » (Ménissier, 2014, p.1).

2.1.3. Remaniement actuel

À l'heure actuelle, la pratique orthophonique connaît un remaniement.

Tout d'abord, au niveau de la formation initiale, les cours ont connu un élargissement théorique dans le récent Master en Orthophonie. On y parle maintenant de « cognition mathématique ».

Avec la place importante que prend l'EBP (Evidence Based Practice) ou « pratique fondée sur des preuves », les cliniciens se doivent d'utiliser les meilleures données actuelles de la recherche clinique pour établir le projet thérapeutique le plus efficace et le mieux adapté à chaque patient, tout en tenant compte des préférences de celui-ci.

Malheureusement, il n'existe pas de consensus en orthophonie sur la démarche à suivre lorsqu'un patient se présente avec une plainte de l'ordre du raisonnement logique ou des mathématiques.

Même au niveau de la Nomenclature Générale des Actes Professionnels (NGAP), l'appellation du bilan est confuse : « Bilan de la dyscalculie et des troubles du raisonnement logico-mathématique ».

La dyscalculie étant un trouble purement numérique, elle est différenciée des troubles logico-mathématiques. On retrouve encore ici l'opposition des deux courants de pensée.

Devant l'étendue de ce domaine, les confusions sont nombreuses et à différents niveaux.

La cognition mathématique englobe actuellement les processus cognitifs propres aux compétences numériques, se pose alors la question de la place de la logique dans ce nouveau glissement.

En effet, bien que l'on parle de deux choses différentes, le domaine logique reste présent en orthophonie et doit être pris en compte également.

2.2. Les dyscalculies et les troubles logico-mathématiques : définitions et troubles associés

Face à une plainte relative aux mathématiques, l'orthophoniste se doit, dans la mesure du possible, d'établir ou d'écarter un diagnostic de dyscalculie, de même qu'un diagnostic de troubles du raisonnement logico-mathématique. Nous allons donc définir ces termes et les détailler, afin de mieux les appréhender.

2.2.1. De nombreuses définitions

Legeay et Morel (2003) recensent 72 définitions différentes de la dyscalculie.

En effet, le flou est international et il n'existe pas de consensus sur la signification du terme.

Cependant, la définition de Temple (1992) reste une référence en neuropsychologie. Il définit la dyscalculie développementale comme un « *trouble des compétences numériques et des habiletés arithmétiques qui se manifesterait chez des enfants d'intelligence normale qui ne présentent pas de déficits neurologiques acquis* » (p.211). En se basant sur « *l'architecture cognitive proposée par*

McCloskey », il distingue une *dyscalculie du traitement numérique* (difficultés du traitement des symboles numériques ou des mots), une *difficulté des faits numériques* (difficulté de maîtrise des faits arithmétiques tels que les tables de multiplication, les additions simples, etc.) et une *dyscalculie procédurale* (difficulté à planifier et à conduire la séquence ordonnée des opérations nécessaires à la réalisation des calculs complexes).

Le DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders, 4^e édition) emploie le terme de « *trouble du calcul* », dont le diagnostic requiert trois critères : un retard significatif dans les tests standardisés de mathématiques par rapport à l'âge chronologique et au niveau intellectuel, ainsi qu'une interférence de ce retard dans les activités de la vie courante et de la réussite scolaire, et le fait que ce retard ne soit pas la conséquence d'un déficit sensoriel.

La dyscalculie est un terme issu du cognitivisme.

Les troubles du raisonnement logico-mathématique, quant à eux, se définissent par le retard ou l'absence des structures logiques (classifications, sériations, conservations...) nécessaires à la construction du nombre, à l'apprentissage des mathématiques et de façon plus générale au raisonnement, selon le modèle des stades développementaux de Piaget. Ils se rapportent donc davantage à la logique générale et se réfèrent au courant constructiviste.

2.2.2. Troubles associés

Comme l'énonce Fayol (2013), « *les troubles en mathématiques sont souvent associés à d'autres difficultés d'apprentissage ou à des faiblesses de certaines capacités* » (*L'acquisition du nombre*, p.109).

Selon l'auteur, l'association la plus fréquente concerne le langage écrit, c'est-à-dire la dyslexie.

On trouve également une comorbidité importante entre le déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH) et la dyscalculie.

L'auteur mentionne aussi le fait que de nombreuses études ont mis en évidence des capacités en mémoire de travail (MT) ou en mémoire à court terme inférieures chez les enfants dyscalculiques, par rapport à celles d'enfants du même âge obtenant des performances normales.

D'autre part, certains auteurs proposent une association étroite entre un déficit des habiletés visuo-spatiales (ou visuo-constructives) et certains sous-types de dyscalculies, émettant l'hypothèse d'un impact négatif de ce déficit sur la résolution des opérations posées ou sur le transcodage, notamment l'écriture positionnelle.

Enfin, le langage jouerait un rôle important dans certaines acquisitions qui semblent ne pas pouvoir s'effectuer sans système verbal, comme le dénombrement ou le calcul précis, selon Spelke et Tsivkin (2001). Les troubles du raisonnement logico-mathématique, affectant la logique générale et donc le système verbal, peuvent également être liés à des troubles langagiers.

Par ailleurs, le DSM-5 rejoint cette association de différents troubles en regroupant la dyslexie, les troubles de la lecture, la dyscalculie, les troubles d'apprentissage des mathématiques et les troubles de l'expression écrite sous le nom de « *troubles spécifiques d'apprentissages* » :

« Les troubles spécifiques d'apprentissages ont une origine neurodéveloppementale, ils entravent les capacités pour apprendre et donc pour accéder aux compétences académiques (comme par exemple la lecture, l'expression écrite ou l'arithmétique) qui sont à la base des autres apprentissages scolaires. Ces troubles spécifiques d'apprentissages sont inattendus du fait d'un développement normal dans les autres domaines ».

2.3. Inventaire des outils diagnostiques

Les approches étant variées, les tests diagnostiques le sont aussi.

Voici un bref inventaire de ceux les plus utilisés par les orthophonistes, face à une plainte de l'ordre du raisonnement logique et/ou des mathématiques. Il en existe d'autres, comme répertoriés dans l'article de Lafay et al. (2014), mais nous avons sélectionné ici les plus répandus et les plus pertinents par rapport à notre étude.

Tout d'abord, sont présentés les tests utilisables sans nécessité de formation supplémentaire, et enfin, est abordée l'ERLA, un des tests nécessitant une formation complémentaire.

2.3.1. UDN-II (Construction et Utilisation du Nombre)

L'UDN-II de Meljac & Lemmel (1999), aux éditions ECPA, évalue les capacités de compréhension et d'utilisation de notions en rapport avec la construction et l'utilisation du nombre.

Cette batterie se compose de 8 épreuves inspirées des expériences de Piaget et de 8 épreuves originales centrées sur l'étude des premières notions logico-mathématiques. Ces 16 épreuves portent sur :

- la logique élémentaire (classification, inclusion, sériation),
- la conservation,
- l'utilisation du nombre,
- l'origine spatiale (comment, par la logique, transposer et affirmer des identités),
- la connaissance et la compréhension des termes et des opérations mathématiques.

L'échantillon de normalisation comprend 420 enfants français, de 4 à 11 ans.

Ce test s'inscrit dans le champ théorique constructiviste.

2.3.2. TEDI-MATH (Test Diagnostique des compétences de base en Mathématiques)

Le TEDI-MATH de Van Nieuwenhoven & al. (2001), aux éditions ECPA, évalue les opérations logiques sur les nombres, la chaîne numérique verbale, la quantification numérique, les systèmes numériques symboliques et l'arithmétique, de la fin de la deuxième année de maternelle (MSM) au début du CE2.

L'échantillon de normalisation comprend 583 enfants français et belges francophones, de 5 à 8 ans.

Il s'inscrit dans les champs théoriques piagétien et cognitiviste.

2.3.3. TTR (Tempo Test Rekenen)

Le TTR de De Vos (1992), édité par Swets & Zeitlinger, évalue l'automatisation des quatre différents types d'opérations (additions, soustractions, multiplications et divisions), au moyen du calcul mental, à l'écrit, du CP à la cinquième.

Il a été standardisé pour la Flandre, avec un échantillon de normalisation comprenant 10059 enfants flamands (Ghesquière & Ruijssenaars, 1994).

Il s'inscrit dans le champ de la cognition mathématique.

2.3.4. Numerical (Test neurocognitif pour l'apprentissage du nombre et du calcul)

Le Numerical de Gaillard (2000), publié dans *Actualités psychologiques*, évalue la représentation digitale, orale, spatiale, analogique, alphabétique du nombre, le calcul oral et écrit, et l'estimation, du CE1 au CM1.

L'échantillon de normalisation comprend 293 enfants suisses, de 7 à 10 ans.

Il s'inscrit dans le champ de la cognition mathématique.

2.3.5. ZAREKI-R (Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant)

Le ZAREKI-R de Von Aster & Dellatolas (2005), aux éditions ECPA, évalue le comptage et le dénombrement, le transcodage, le calcul mental, le lien analogique et symbolique (estimation, comparaison et positionnement) et la résolution de problème, du CP au CM2.

L'échantillon de normalisation comprend 250 enfants français, de 6 à 11 ans et demi.

Il s'inscrit dans le champ de la cognition mathématique.

2.3.6. ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)

L'ERLA de Legeay & al. (2009), aux éditions Cogilud, évalue les activités logicomathématiques et infralogiques, le calcul et les situations numériques, ainsi que les conduites langagières.

La batterie est non normée, elle permet une analyse quantitative en référence à des repères développementaux et une analyse qualitative de chaque épreuve, afin d'effectuer des hypothèses quant au fonctionnement de pensée du patient.

Son utilisation nécessite une formation complémentaire.

Elle s'inscrit dans le champ théorique piagétien.

3. Vers un état des lieux de la cognition mathématique et de sa place en orthophonie

Au vu des différentes approches existantes que nous venons de détailler, il nous a paru nécessaire d'établir un état des lieux de la cognition mathématique et de sa place en orthophonie.

Pour cela, nous avons choisi de comparer deux méthodes d'évaluation : l'une d'approche principalement piagétienne, et l'autre d'approche majoritairement cognitiviste.

3.1. Objectifs du mémoire

L'objectif de ce mémoire est d'observer ce qu'il se passe à partir d'une demande de « Bilan de la dyscalculie et des troubles du raisonnement logico-mathématique » en orthophonie.

L'orthophoniste étant libre du choix de ses outils d'évaluation diagnostique, le but de cette étude est de comparer deux approches diagnostiques différentes, et de voir ce que conclut chaque bilan, ainsi que leur issue : propose-t-on une rééducation orthophonique pour ce patient, ou non ? Et si oui, laquelle ?

L'objectif principal de notre travail est de mettre en évidence les forces et les faiblesses des différentes approches. En effet, nous espérons que ce mémoire puisse servir d'outil orthophonique aidant à une meilleure évaluation des troubles logiques et mathématiques.

3.2. Hypothèses

Nos hypothèses sont :

- Chaque méthode évalue des compétences différentes, les deux sont donc complémentaires.
- Les capacités logiques et les capacités mathématiques sont distinctes et indépendantes, leur atteinte pouvant être isolée.

Sujets, matériel et méthode

1. Population étudiée

La population choisie pour notre étude a évolué au cours de la construction de ce mémoire. En effet, nous avons d'abord sélectionné des patients de 7 à 9 ans, bénéficiant d'une rééducation logico-mathématique. Par manque de sujets, nous avons élargi le champ d'application de certains critères, détaillés ci-dessous.

1.1. Critères d'inclusion

1.1.1. Suivi orthophonique

Les sujets choisis sont pris en charge en orthophonie pour une rééducation des troubles logico-mathématiques, diagnostiqués à l'aide d'un bilan ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé, 2009), initial ou de renouvellement.

1.1.2. Niveau scolaire

Il s'agit d'élèves de primaire, c'est-à-dire du CP au CM2.

1.1.3. Intervalle de temps entre les deux bilans

Entre la passation du bilan ERLA et celle de notre bilan, le patient n'a pas bénéficié de plus de trois mois de rééducation logico-mathématique.

1.2. Critères d'exclusion

Tout trouble acquis ou sensoriel, ainsi que le diagnostic d'une déficience intellectuelle, sont des critères d'exclusion.

1.3. Présentation des sujets

L'échantillon de notre population devait être constitué au départ de 15 enfants, mais à cause de désistements et de divers aléas, il en compte au final 6.

Ce groupe expérimental de cinq filles et un garçon se répartit donc du CE1 au CM2, et est âgé de 7 ans 3 mois à 10 ans 3 mois.

Il est composé d'enfants de trois régions françaises différentes, et qui sont pris en charge par trois orthophonistes différentes.

Dans le tableau récapitulatif (tableau I), on y voit parfois plusieurs âges pour un même patient, en raison d'une période de testing plus ou moins longue en fonction des disponibilités des sujets, ainsi que des vacances scolaires pour certains.

Les prénoms des enfants ont été changés, pour garder l'anonymat.

Patient	Sexe	Age	Niveau scolaire
Marnie	Fille	De 8 ans 1 mois à 8 ans 3 mois	- Fin de CE1 - Début de CE2
Séléna	Fille	De 8 ans à 8 ans 1 mois	CE2
Laura	Fille	De 9 ans 10 mois à 10 ans 2 mois	CM2
Jules	Garçon	10 ans 3 mois	CM2
Juliette	Fille	De 7 ans 3 mois à 7 ans 7 mois	CE1
Éline	Fille	De 9 ans 2 mois à 9 ans 3 mois	CM1

Tableau I : Tableau récapitulatif des sujets participant à l'étude

2. Matériel

Pour rappel, les deux méthodes d'évaluation à comparer sont :

- le bilan ERLA, majoritairement constructiviste,
- un bilan principalement cognitiviste, dont les épreuves sont tirées de différents tests / batteries.

2.1. Sélection des bilans et épreuves

2.1.1. Le bilan ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)

Dès le début de la création de ce mémoire, nous avons décidé de nous intéresser au bilan ERLA. Principalement parce qu'il est très utilisé par les orthophonistes français, mais nécessite une importante formation complémentaire. Il est donc peu connu de ceux n'ayant pas bénéficié de cette formation.

2.1.2. Le bilan élaboré dans le cadre de l'étude

Sachant que l'ERLA est issue du courant constructiviste, il nous fallait lui « opposer » une évaluation inspirée du cognitivisme. Pour cela, plusieurs outils pertinents étaient à notre disposition :

- TEDI-MATH de Van Nieuwenhoven & al. (2001),
- ZAREKI-R de Von Aster & Dellatolas (2005),
- TTA de De Vos (2010).

Une épreuve de la WNV, échelle non verbale d'intelligence de Wechler (2009), aux éditions ECPA, a également été retenue, pour s'assurer que les patients ne possèdent pas de capacités de raisonnement limitées, qui causeraient leurs difficultés « logiques ».

2.2. Description des bilans et épreuves

Après avoir mentionné les bilans et épreuves sélectionnés, nous allons maintenant les détailler.

2.2.1. Le bilan ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)

« Cet outil est composé d'une part d'épreuves issues des travaux du courant constructiviste et d'autre part d'épreuves créées spécifiquement. Il permet une analyse quantitative en référence à des repères développementaux ainsi qu'une analyse qualitative de chaque épreuve. La confrontation de ces analyses avec celle des conduites langagières permet d'effectuer des hypothèses quant au fonctionnement de pensée du patient » (Legeay M.-P. & al., 2013, Rééducation orthophonique, n°255, p.75).

Marie-Paule Legeay, Lydie Morel et Martine Voye, orthophonistes créatrices d'ERLA, décrivent dans l'article précédemment cité la conception et le contenu de ce bilan. Voici un bref descriptif des domaines explorés.

Tout d'abord, au niveau des activités logicomathématiques et infralogiques :

- Investigation de l'activité logique (conduites classificatrices, de mises en relations et de combinatoire),
- Investigation des invariants (conservations physiques, spatiales et numériques),
- Investigation des relations spatiales et temporelles.

Dans un second temps, au niveau du calcul et des situations numériques :

- Investigation de l'aspect numération,
- Investigation de l'aspect conceptuel du nombre,
- Investigation des énigmes numériques.

Dans un troisième temps, au niveau des conduites langagières :

- Recueil du langage spontané et induit lors des épreuves,
- Épreuves spécifiques de langage.

Enfin, au niveau des observations complémentaires, sont explorées les organisations d'actions lors de constructions d'objets, ou de situations de jeux.

Le détail des épreuves étant la propriété de leurs auteures, seuls les orthophonistes ayant reçu la formation associée y ont accès, avec interdiction de les diffuser. Nous ne possédons donc pas l'autorisation de les publier et ne pouvons les décrire précisément.

Un tableau résumant leurs objectifs généraux est disponible en annexe 1 (tiré de *Rééducation orthophonique*, n°255, p.81-82).

2.2.2. Le bilan élaboré dans le cadre de l'étude

Les épreuves retenues pour notre protocole sont :

- la totalité du ZAREKI-R (2005),
- la partie « Opérations logiques » du TEDI-MATH (2001),
- les additions et les soustractions du TTA (2010),
- le sous-test des « Matrices » de la WNV (2009).

Nous avons en effet essayé de créer une évaluation de différents champs de la cognition numérique, à l'aide des outils cognitivistes à notre disposition.

Seul le TEDI-MATH est à la fois cognitiviste et constructiviste. Le versant mathématique étant déjà bien exploré par le ZAREKI-R, nous n'avons gardé du TEDI-MATH que la partie évaluant le domaine logique.

Le ZAREKI-R est une batterie évaluant le traitement des nombres et du calcul, étalonnée pour des enfants âgés de 6 ans 6 mois à 11 ans 6 mois, ce qui couvre la tranche d'âge des sujets de notre étude.

En revanche, le TEDI-MATH, dont nous n'utilisons que la partie explorant les fonctions logiques, est étalonné de la fin de la GSM au début du CE2, ce qui ne concerne que la moitié de nos sujets : Marnie (début de CE2), Séléna (début de CE2) et Juliette (début de CE1).

Pour Laura (CM2), Jules (CM2) et Éline (CM1), leurs performances aux épreuves du TEDI-MATH ne seront donc pas exprimées en pourcentages cumulés mais en niveau scolaire moyen correspondant.

Le TTR (Tempo Test Rekenen) et le TTA (Tempo Test Automatiseren) sont des tests papier-crayon évaluant l'automatisation des faits arithmétiques pour les quatre opérations (+, -, X, et ÷). Seules les additions et les soustractions ont été sélectionnées pour notre protocole de recherche.

Le TTA (2010) est la version actualisée du TTR (1992). Alors que nous avons choisi de faire passer le TTA, plus récent, il est apparu que nous ne pourrions disposer des normes de cette version (consultables sur Internet mais payantes à chaque passation). C'est pourquoi nous avons été contraints d'utiliser les normes du TTR. Ce dernier est étalonné du CP à la cinquième, ce qui est en adéquation avec les enfants participant à notre étude. Il est néanmoins important de noter que le temps de passation par type d'opération est de deux minutes pour le TTA et d'une minute pour le TTR. Les résultats de chaque sujet ont alors été divisés par deux.

La WNV est un instrument clinique d'évaluation cognitive, de 4 ans à 21 ans 11 mois. L'épreuve qui nous intéresse ici, intitulée « Matrices », est donc bien étalonnée pour les âges de nos sujets.

Il s'agit pour le patient de compléter des matrices constituées de différentes formes, traits et couleurs, de « trouver la pièce manquante du puzzle », selon des critères logiques.

De façon synthétique, les épreuves constituant notre bilan sont listées dans le tableau III, et décrites en annexes 2 et 3.

Le temps de passation de la totalité du protocole est estimé à environ une heure et demi. Il peut varier de une heure et quart à une heure et quarante-cinq minutes, selon les sujets.

ZAREKI-R
1. Dénombrement de points
2. Comptage oral à rebours
3. Dictée de nombres
4. Calcul mental oral
<i>Additions</i>
<i>Soustractions</i>
<i>Multiplications</i>
5. Lecture de nombres
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale
7. Répétition de chiffres
<i>À l'endroit</i>
<i>À rebours</i>
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement
9. Estimation visuelle de quantités
10. Estimation qualitative de quantités en contexte
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement
12. Comparaison de deux nombres écrits
TEDI-MATH
4. Opérations logiques
4.A Sériation numérique
<i>4.A.1 Sériation de patterns d'arbres</i>
<i>4.A.2 Sériation de chiffres arabes</i>
4.B Classification numérique
4.C Conservation numérique
<i>4.C.1 Élargissement d'une rangée</i>
<i>4.C.2 Jetons en tas</i>
4.D Inclusion numérique
4.E Décomposition additive
TTR
Additions
Soustractions
WNV
Matrices

Tableau II : Liste des épreuves du bilan élaboré dans le cadre de l'étude

3. Méthode

Chaque patient est évalué par son orthophoniste à l'aide de l'ERLA, puis par moi-même ou par l'orthophoniste à l'aide du bilan cognitiviste que nous avons élaboré. Les deux bilans sont analysés et comparés. Enfin, une mise en relation des six comparaisons de bilans est réalisée.

3.1. Analyse du bilan ERLA pour un patient donné

Le compte-rendu de bilan ERLA est rédigé par l'orthophoniste du patient, avant d'administrer le bilan cognitiviste, pour qu'elle ne soit pas influencée par les résultats de ce dernier. Un résumé de cet écrit est effectué ici, avec la mise en avant du diagnostic et du projet thérapeutique proposés.

3.2. Analyse du bilan cognitiviste pour un patient donné

Le travail de cotation des épreuves ainsi que de rédaction du compte-rendu de bilan cognitiviste est réalisé par nos soins. Il s'agit d'une analyse quantitative normée et identique pour chaque sujet.

3.3. Comparaison des deux bilans pour ce même patient

Les deux évaluations et leurs conclusions sont ensuite comparées.

On observe principalement si les diagnostics et projets thérapeutiques sont les mêmes, on juge ainsi de la pertinence des épreuves proposées par chaque bilan.

3.4. Synthèse des comparaisons de bilans des six patients

À l'issue des analyses et comparaisons des différentes évaluations individuelles, une synthèse globale est effectuée, à l'échelle des six sujets.

Résultats

1. Bilans de Marnie

Marnie est en **fin de CE1** au moment de la passation de l'ERLA et du ZAREKI-R. Elle a alors **8 ans 1 mois**.

Elle est **prise en charge en orthophonie depuis quatre ans**, la demande initiale portait sur l'**inintelligibilité** de Marnie, qui avait développé son propre langage, comprenant de **nombreuses déformations phonologiques**. Le diagnostic d'origine était donc un **retard de parole et de langage**, qui a évolué en un **trouble phonologique persistant**, accompagné de **difficultés lexicales et morphosyntaxiques**, à l'oral.

Depuis un an, Marnie bénéficie d'une rééducation logico-mathématique, la plainte portant sur une **atteinte de la compréhension orale**, ayant des **répercussions scolaires dans différentes matières, notamment en mathématiques**.

Le bilan initial, réalisé treize mois plus tôt, concluait :

« Marnie présente des difficultés au niveau du raisonnement logico-mathématique. Les structures logiques ne sont pas acquises, le nombre ne peut être utilisé en outil. Son fonctionnement de pensée est immature. »

Après les vacances scolaires d'été, où la rééducation s'est interrompue, Marnie a maintenant **8 ans 3 mois** et **début le CE2**. Les **« Opérations logiques »** du TEDI-MATH, les **additions et soustractions du TTR**, ainsi que les **matrices de la WNV** lui sont administrées à ce moment.

1.1. Analyse du bilan ERLA de Marnie

1.1.1. Épreuves et résultats

Des épreuves de classification / inclusion, de sériation, de conservation numérique et de transcodages de nombres ont été proposées à Marnie.

En voici les principaux résultats :

- **La structure des classes est en cours d'acquisition.** Marnie se situe à un niveau d'environ 8-9 ans, ce qui correspond à son âge.
- **L'inclusion, même empirique, n'est pas acquise (niveau de développement : avant 5-6 ans).**
- **La sériation est intuitive.** La relation commence à être précisée mais sans coordinations « plus petit que, plus grand que » (**niveau : 6-7 ans**).
- **Les relations sériales ne sont pas opératoires,** elles sont en cours d'acquisition (âge d'acquisition : 7-10 ans). On observe un manque de coordination, permettant d'utiliser la relation asymétrique en outil.
- **La conservation numérique se situe à un niveau préopératoire (niveau de 6 ans environ).**
- **Le lexique et la syntaxe numériques, ainsi que la numération de position sont compris.**

1.1.2. Conclusions

Marnie présente encore des **difficultés au niveau du raisonnement logico-mathématique**, malgré une bonne évolution : l'inclusion, même empirique, n'est pas acquise. Les autres structures logiques - classification, sériation, conservation - sont en cours d'acquisition, ce qui est normal pour son âge.

Le nombre peut aujourd'hui être utilisé en outil, c'est-à-dire que Marnie peut le manipuler, s'en servir dans différentes situations le mettant en jeu. Le lexique et la syntaxe numériques sont compris.

Son fonctionnement de pensée est plus mature, par rapport au bilan précédent.

On note des difficultés de dénombrement.

La poursuite de la prise en charge orthophonique est recommandée. Elle aura pour objectifs de **faire évoluer le mode de fonctionnement de pensée de Marnie**, pour acquérir l'inclusion, et mieux maîtriser les autres structures logiques.

1.2. Analyse du bilan cognitiviste de Marnie

1.2.1. ZAREKI-R

Pour aider à l'interprétation des écarts-types (ET), voici un tableau des critères quantitatifs d'évaluation des performances (tableau III).

ECARTS-TYPES (ET)	NIVEAU
$\geq +2$ ET	Supérieur à la norme
Entre $+1$ ET et $+2$ ET	Dans la moyenne supérieure
$+1$ ET	Dans la moyenne supérieure
0 ET	Moyen
-1 ET	Limite
Entre -1 ET et -2 ET	Faible
≤ -2 ET	Déficitaire

Tableau III : Critères quantitatifs d'évaluation des performances

Les scores sont écrits en vert lorsqu'ils sont élevés, en noir quand dans la norme, en orange lorsqu'ils sont faibles, en rouge quand déficitaires.

Épreuves du ZAREKI-R	Notes brutes	ET
1. Dénombrement de points	5/6	-0,44
2. Comptage oral à rebours	4/4	0,85
3. Dictée de nombres	9/16	-1,5
4. Calcul mental oral	14/44	-1,31
<i>Additions</i>	10/16	-0,57
<i>Soustractions</i>	4/16	-0,71
<i>Multiplications</i>	0/12	-1,87
5. Lecture de nombres	12/16	-0,86
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	16/24	-0,14
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	12/16	-0,36
9. Estimation visuelle de quantités	5/5	1,56
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	4/10	-0,59
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	0/12	-1,68
12. Comparaison de deux nombres écrits	10/10	0,73
→ TOTAL	91/163	-1,20
7. Répétition de chiffres	5/24	-2,04

Tableau IV : Résultats de Marnie au ZAREKI-R

La batterie met en évidence des faiblesses :

- en dictée de nombres :

La numération de position, à partir du millier, n'est pas encore acquise.

Le nombre 756 nécessite une répétition, tandis que 503 est écrit « 1003 ».

- en calcul mental oral :

Marnie ne réussit aucune multiplication, même les plus simples.

On observe également une **certaine lenteur pour les soustractions**.

- en problèmes arithmétiques présentés oralement :

Marnie n'arrive à résoudre aucun problème, malgré ses **multiples demandes de répétition des énoncés**.

Au total, cela se traduit par un **score global faible**.

Par ailleurs, il est important de noter que **la mémoire de travail est déficitaire**, les résultats de Marnie sont donc à nuancer.

1.2.2. TEDI-MATH : « Opérations logiques »

Un pourcentage cumulé correspond au pourcentage d'élèves du même niveau scolaire ayant obtenu un score brut inférieur ou égal à celui du sujet évalué.

Il est faible quand inférieur à 25, déficitaire quand inférieur à 10.

Concernant les épreuves :

La sériation numérique consiste à ordonner d'une part des patterns d'arbres de différentes quantités, d'autre part des chiffres arabes.

La classification numérique consiste à trier des cartes sur lesquelles sont représentés divers symboles en diverses quantités, selon le critère numérique.

Dans la conservation numérique, l'enfant doit comparer deux quantités égales de jetons, selon différentes dispositions spatiales.

L'inclusion numérique consiste à demander au patient si, avec un certain nombre de jetons cachés à l'intérieur d'une enveloppe, il est possible de lui en donner tel ou tel nombre, et pourquoi.

Dans la décomposition additive, l'enfant doit répartir six moutons dans deux prés, puis huit moutons dans deux prés, de diverses façons.

Épreuves du TEDI-MATH	Notes brutes	% cumulés
4. Opérations logiques	15/18	21
4.A Sériation numérique	3/3	100
4.B Classification numérique	2/2	100
4.C Conservation numérique	4/4	100
4.D Inclusion numérique	3/3	100
4.E Décomposition additive	3/6	< 3

Tableau V : Résultats de Marnie au TEDI-MATH

Marnie présente un score déficitaire à l'épreuve de décomposition additive : elle décompose 6 en 6+0 et 2+2, et 8 en 5+3 et 4+4 seulement.

L'inclusion et la conservation numériques étant pourtant réussies, il s'agit donc probablement de **difficultés d'équivalences** (ex : $8 = 4 + 4 = 5 + 3 = 1 + 7 = \dots$).

1.2.3. TTA : « Additions » et « Soustractions »

Sont utilisées ici les normes flamandes (Ghesquière & Ruijsenaars, 1994) du TTR (1992), exprimées en niveau scolaire moyen (mois de l'année) correspondant au score de l'enfant.

– Additions : **10**.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **avril - mai du CP**.

Marnie présente donc un **retard d'apprentissage d'un an**.

– Soustractions : **4**.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **décembre du CP**.

Marnie présente donc un **retard d'apprentissage d'un an et cinq mois**.

1.2.4. WNV : « Matrices »

La note T50 correspond à la performance moyenne d'un groupe d'âge donné, les notes T40 et T60 se situent à un écart-type, respectivement en dessous et au-dessus de la moyenne, ce qui reste dans la limite de la norme, tandis que les notes T30 et T70 sont à 2 ET autour de la moyenne, marquant respectivement le seuil d'un niveau déficitaire et celui d'un niveau supérieur à la norme.

Note brute : **17** → Note T : **52**.

Marnie possède donc des capacités de raisonnement perceptif **dans la norme** des enfants de son âge.

1.2.5. Conclusions

Marnie présente une **mémoire de travail déficitaire**, ce qui peut expliquer ses **difficultés pour les soustractions**, ainsi que pour la **manipulation des nombres** en général.

Elle est consciente de ses lacunes mais se prête tout de même aux épreuves proposées, avec parfois une certaine réticence, mêlée à de l'appréhension, par crainte de l'échec. Elle est hésitante et se sert beaucoup de ses doigts pour les additions, mais effectue les soustractions de tête uniquement, ce qui lui demande beaucoup d'effort et de temps.

Les multiplications les plus simples sont méconnues, car elles n'ont pas encore été apprises.

La rééducation orthophonique est donc recommandée, avec pour objectif principal une **stimulation des compétences mathématiques**, telles que les soustractions et la résolution de problèmes arithmétiques, afin d'aider Marnie à développer des stratégies.

L'orientation vers un psychologue pour un entraînement de la mémoire de travail est également recommandée.

1.3. Comparaison des deux bilans de Marnie

Les deux bilans diffèrent dans leurs analyses autant que dans leurs diagnostic et projet thérapeutique.

L'ERLA adopte une approche centrée sur les fonctions logiques et propose un travail spécifique de celles-ci, notamment de l'inclusion.

Le bilan cognitiviste se concentre sur les capacités numériques et mathématiques, avec une approche neuropsychologique qui met en évidence un déficit de la mémoire de travail, ainsi que ses conséquences sur les habiletés mathématiques.

Marnie possède donc des troubles logiques, une mémoire de travail déficitaire et des difficultés mathématiques, qui nécessitent trois projets thérapeutiques différents.

Les deux approches se complètent ici et sont pertinentes par rapport à la demande initiale (portant sur la compréhension orale et les apprentissages mathématiques), mais seulement à moitié, puisqu'elles ne détectent chacune qu'une partie des troubles de la jeune patiente.

2. Bilans de Séléna

Séléna est en **CE2**. Elle a **8 ans** au moment de la passation de l'ERLA, et **8 ans 1 mois** pour celle du bilan cognitiviste.

Séléna bénéficie d'une **prise en charge orthophonique depuis quatre ans et demi**, tout d'abord pour du **langage oral**, puis du **langage écrit**, principalement sur le plan réceptif, mais également expressif. En effet, au niveau scolaire, Séléna présente un profil homogène, avec des **difficultés dans l'ensemble des matières**.

Les projets thérapeutiques précédents n'étant pas suffisants à une évolution positive de la **compréhension globale** de la fillette, une **approche logico-mathématique est abordée depuis deux ans et demi**.

Le bilan précédent (datant de 9 mois auparavant) concluait :

« Au niveau du raisonnement logico-mathématique, les structures logiques ont atteint un niveau correspondant à l'âge de Séléna : la classification est en cours d'acquisition, la sériation est intuitive, tout comme la conservation numérique. La conservation de la matière est opératoire. Seule l'inclusion n'est pas acquise, ce qui est dans les normes de son âge.

Au niveau de la numération, la suite numérique est connue, mais pas fluide, Séléna ne peut l'utiliser facilement en outil. On note encore quelques difficultés de pointage lors du dénombrement, que Séléna parvient en partie à contourner. Sur le plan syntaxique, il existe une méconnaissance de la numération de position, ainsi que des confusions phonologiques et visuelles. »

2.1. Analyse du bilan ERLA de Séléna

2.1.1. Épreuves et résultats

Des épreuves de classification / inclusion, de sériation, de conservation et d'inclusion numériques, de transcodages numériques et de compréhension de problèmes arithmétiques ont été proposées à Séléna.

En voici les principaux résultats :

- **La structure des classes est acquise** (âge d'acquisition : 8-12 ans). Elle ne l'était pas lors du bilan précédent.
- **L'inclusion n'est pas acquise**, ce qui correspond à un **âge indicatif inférieur à 5-6 ans**.
- On note une **réversibilité dans la pensée de Séléna** qui est capable, à partir d'une relation de grandeur, de déduire sa réciproque. **La sériation est acquise** (âge d'acquisition : 7-10 ans). Elle était en cours d'acquisition lors du bilan précédent.
- Séléna est **conservante**, elle maîtrise la conservation de quantités discontinues (âge d'acquisition : 7-8 ans). Elle est **capable d'anticiper le résultat** d'une action de transvasement, ainsi que de donner des **arguments opératoires**.
- Par rapport au bilan précédent, on observe une évolution dans la dictée de nombres, Séléna est désormais **capable d'écrire les centaines mais pas de les lire, ni de les transcoder des chiffres aux lettres et réciproquement. La numération de position demeure méconnue**.
- **L'inclusion numérique n'est pas acquise** (âge d'acquisition non précisé).
- Au niveau des problèmes arithmétiques, Séléna présente des **difficultés quant à la différenciation des parties et du tout**. Séléna n'est pas capable de composer des problèmes à partir des informations d'un énoncé.

2.1.2. Conclusions

Séléna a bien évolué au niveau de sa pensée logique : la sériation, la classification et la conservation sont acquises, ce qui n'est pas le cas de l'inclusion.

La numération est en train de se mettre en place chez Séléna, la **manipulation du nombre lui est difficile, son aspect conceptuel étant encore fragile**.

On observe encore des difficultés de langage oral.

Bénéficiant d'une prise en charge orthophonique depuis quatre ans et demi, tout d'abord en langage oral, puis en langage écrit et enfin en logico-mathématiques depuis deux ans et demi, Séléna a fait de **nombreux progrès**.

La rééducation s'essouffant un peu, nous avons décidé d'interrompre indéfiniment le suivi orthophonique et de laisser à Séléna la possibilité d'évoluer seule.

2.2. Analyse du bilan cognitiviste de Séléna

2.2.1. ZAREKI-R

Épreuves du ZAREKI-R	Notes brutes	ET
1. Dénombrement de points	5/6	-0,44
2. Comptage oral à rebours	2/4	-0,65
3. Dictée de nombres	8/16	-1,85
4. Calcul mental oral	22/44	-0,51
<i>Additions</i>	10/16	-0,57
<i>Soustractions</i>	0/16	-1,56
<i>Multiplications</i>	12/12	0,96
5. Lecture de nombres	8/16	-2,30
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	18,5/24	0,55
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	10/16	-1,32
9. Estimation visuelle de quantités	4/5	0,45
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	2/10	-1,30
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	3/12	-0,80
12. Comparaison de deux nombres écrits	8/10	-1,10
→ TOTAL	90,5/163	-1,22
7. Répétition de chiffres	10/24	-0,57

Tableau VI : Résultats de Séléna au ZAREKI-R

La batterie met en évidence des faiblesses :

- en dictée de nombres :

Séléna commet des erreurs au niveau de la numération de position, à partir du millier (exemples : 120 pour 1200, 46158 pour 4658).

- en calcul mental oral de soustractions :
Séléna refuse de réaliser l'épreuve et me dit qu'elle n'y arrive pas. En effet, le mécanisme de la soustraction n'est pas maîtrisé, tout comme sa signification. Il lui est donc impossible de se représenter l'opération et de l'effectuer à l'oral.
- en comparaison de deux nombres, à l'oral et à l'écrit :
Ses erreurs sont la conséquence d'une numération de position non acquise : elle pense, par exemple, en présentation orale, que $465 > 546$, ou encore que $612 < 389$. Séléna ne prend en compte en effet que les derniers chiffres connus, les dizaines, et les compare ($65 > 46$, $12 < 89$).
À l'écrit, ses confusions sont à partir du millier : $1007 > 1070$ et $9768 > 35201$.
La signification de la place du zéro ne paraît pas comprise.
- en estimation qualitative de quantités en contexte :
Séléna a du mal à se représenter la valeur des nombres dans différentes situations réelles et concrètes. Par exemple, elle trouve que huit lampes dans une pièce, c'est normal, tout comme dix feuilles sur un arbre, ou encore que quatre professeurs dans la même classe, c'est peu.
Elle ne prend en compte que la valeur absolue du nombre : 8 et 10, c'est moyen, alors que 4, c'est peu.

La lecture de nombres est déficitaire, on retrouve des **confusions dans la numération de position**, à partir des centaines.

La base 10 ne semble pas maîtrisée.

2.2.2. TEDI-MATH : « Opérations logiques »

Épreuves du TEDI-MATH	Notes brutes	% cumulés
4. Opérations logiques	16/18	35
4.A Sériation numérique	3/3	100
4.B Classification numérique	2/2	100
4.C Conservation numérique	4/4	100
4.D Inclusion numérique	3/3	100
4.E Décomposition additive	4/6	5

Tableau VII : Résultats de Séléna au TEDI-MATH

Séléna présente un score déficitaire à l'épreuve de décomposition additive : elle décompose bien 6 en 3+3 et 5+1, mais ne trouve que deux décompositions pour 8 (7+1 et 5+3), sur quatre attendues.

L'inclusion et la conservation numériques étant pourtant réussies, il s'agit donc probablement de **difficultés d'équivalences numériques**.

2.2.3. TTA : « Additions » et « Soustractions »

– Additions : 8.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **février du CP**.

Séléna présente donc un **retard d'apprentissage d'un an et demi**.

– Soustractions : 3.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **octobre du CP**.

Séléna présente donc un **retard d'apprentissage d'un an et dix mois**.

2.2.4. WNV : « Matrices »

Note brute : 18 → Note T : 54.

Séléna possède donc des capacités de raisonnement perceptif **dans la norme** des enfants de son âge.

2.2.5. Conclusions

Séléna présente des **difficultés mathématiques**.

La **numération de position et la base 10 ne sont pas maîtrisées**, ce qui lui cause des difficultés de lecture et d'écriture des nombres, à partir de la centaine.

Le mécanisme de la soustraction, ainsi que sa signification, ne sont pas acquis.

Le **sens du nombre est encore flou** pour Séléna, qui a du mal à se représenter des quantités en contexte, ainsi qu'à décomposer un tout en plusieurs parties.

La prise en charge orthophonique est donc recommandée, avec une **rééducation des habiletés mathématiques de base**, pour développer le sens du nombre ainsi que sa manipulation.

2.3. Comparaison des deux bilans de Séléna

Les deux bilans se rejoignent au niveau de leur diagnostic.

En effet, ils détectent chacun des lacunes mathématiques, concernant la numération de position et l'aspect conceptuel du nombre.

L'ERLA met également en évidence un déficit de l'inclusion, fonction logique non acquise chez Séléna, selon les repères développementaux de Piaget.

Cependant, le projet thérapeutique de l'orthophoniste est un peu particulier : il propose une interruption indéfinie du suivi orthophonique, car il s'agit d'une prise en charge se comptant en années, la rééducation s'essouffle alors.

Il n'est donc pas comparable à celui du bilan cognitiviste. Celui-ci est en outre pertinent par rapport à la plainte initiale, affectant les mathématiques.

3. Bilans de Laura

Laura est en **CM2**. Elle a **9 ans 10 mois au moment de la passation de l'ERLA**, et **10 ans 2 mois pour celle du bilan cognitiviste**, qui a eu lieu après les vacances scolaires de Noël (sans suivi orthophonique).

Laura a été **prise en charge en orthophonie pendant deux ans** pour des **difficultés de langage oral et écrit**. La plainte initiale portait sur des confusions à l'écrit, signalées par son enseignante. Les troubles persistant au niveau de la compréhension de consignes et d'énoncés complexes, avec une demande concernant principalement le langage écrit, une approche logico-mathématique a alors été envisagée.

Il s'agit donc d'un bilan initial.

3.1. Analyse du bilan ERLA de Laura

3.1.1. Épreuves et résultats

Des épreuves de classification / inclusion, de sériation, de combinatoire et de transcodages numériques ont été proposées à Laura.

En voici les principaux résultats :

- **La structure des classifications est préopératoire (niveau de développement : environ 8-9 ans).**
- **L'inclusion n'est pas tout à fait opératoire** (niveau : 8-10 ans environ).
- Les réponses de Laura se rapportent parfois à du perceptif, du ressenti (**manque de décentration**).
- **La structure des sériations est en cours d'acquisition**, avec un **manque de coordination** des relations (âge d'acquisition : 7-10 ans).
- **La conduite de combinatoire n'est pas opératoire (niveau : 8-9 ans).**
- **Le système numérique et sa syntaxe semblent compris.**
- Le langage ne lui permet pas toujours d'exprimer clairement sa pensée.

3.1.2. Conclusions

Les structures logiques : classification, inclusion, sériation, combinatoire n'ont pas tout à fait atteint le stade opératoire. Le fonctionnement de pensée de Laura est **oscillant**, et ne lui permet pas d'expliquer clairement ce qu'elle pense.

Le système numérique et sa syntaxe semblent compris.

La prise en charge orthophonique est recommandée.

Elle a pour objectif de **faire évoluer le mode de fonctionnement de pensée** de Laura, afin de **mieux maîtriser les structures logiques**, et de l'aider à **exprimer plus précisément sa pensée**.

3.2. Analyse du bilan cognitiviste de Laura

3.2.1. ZAREKI-R

Épreuves du ZAREKI-R	Notes brutes	ET
1. Dénombrement de points	6/6	0,75
2. Comptage oral à rebours	4/4	0,75
3. Dictée de nombres	16/16	0,69
4. Calcul mental oral	32/44	-0,41
<i>Additions</i>	12/16	-0,27
<i>Soustractions</i>	8/16	-0,80
<i>Multiplications</i>	12/12	0,50
5. Lecture de nombres	16/16	0,35
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	12/24	-1,51
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	16/16	0,85
9. Estimation visuelle de quantités	4/5	0,02
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	10/10	0,94
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	9/12	0,12
12. Comparaison de deux nombres écrits	10/10	0,21
→ TOTAL	135/163	-0,08
7. Répétition de chiffres	14/24	0,12

Tableau VIII : Résultats de Laura au ZAREKI-R

Laura ne présente **pas de difficultés de traitement du nombre et du calcul**, elle se situe dans la moyenne pour la majorité des épreuves.

On note seulement une faiblesse au niveau du positionnement de nombres sur une échelle verticale : Laura a du mal à estimer la valeur d'un nombre quand il s'agit de le placer elle-même sur une échelle vierge allant de 0 à 100.

3.2.2. TEDI-MATH : « Opérations logiques »

Devant la trivialité des épreuves présentées à Laura, le TEDI-MATH ne lui a pas été administré entièrement, car étalonné jusqu'au CE2. Laura étant en CM2, ses résultats maximaux n'auraient pu être objectivés.

Nous considérons donc que Laura n'a **pas de difficultés logiques** détectables par le TEDI-MATH.

3.2.3. TTA : « Additions » et « Soustractions »

– Additions : 14.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **janvier du CE1**.

Laura présente donc un **retard d'apprentissage de deux ans et sept mois**.

– Soustractions : 8.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **avril – mai du CP**.

Laura présente donc un **retard d'apprentissage de trois ans et un mois**.

3.2.4. WNV : « Matrices »

Note brute : **23** → Note T : **58**.

Laura possède donc des capacités de raisonnement perceptif **dans la norme** des enfants de son âge.

3.2.5. Conclusions

Laura ne présente donc pas en bilan de difficulté particulière, exceptée une **lenteur de réalisation des additions et des soustractions**, selon le TTA.

Pourtant, on ne retrouve pas de plainte de cet ordre dans la demande initiale de bilan. Il s'agit donc d'une **faiblesse isolée**, tout comme la difficulté à positionner des nombres sur une échelle verticale vierge allant de 0 à 100, ainsi que les difficultés de représentation du nombre, mais **ne gênant pas les apprentissages scolaires mathématiques**.

Les **fonctions logiques** semblent **opérationnelles**.

La rééducation orthophonique n'est donc pas nécessaire sur les plans logique et mathématique.

3.3. Comparaison des deux bilans de Laura

Les deux évaluations s'accordent sur un point : Laura ne possède pas de troubles mathématiques.

Cependant, l'ERLA met en évidence des difficultés logiques que le TEDI-MATH ne détecte pas : des structures logiques pas tout à fait opératoires et un fonctionnement de pensée oscillant.

Les deux bilans diffèrent donc sur leurs diagnostic et projet thérapeutique.

Les épreuves du bilan cognitiviste ne sont pas pertinentes par rapport à la demande initiale, car aucune plainte mathématique n'est exprimée, alors que celles du bilan constructiviste le sont, les troubles de Laura se situant uniquement au niveau des fonctions logiques, tels qu'objectivés de manière plus approfondie par l'ERLA.

4. Bilans de Jules

Jules est en **CM2**. Il a **10 ans 3 mois** lors des passations de l'ERLA et du bilan cognitiviste.

Il est **pris en charge en orthophonie depuis un an et quatre mois**, pour des **troubles logiques et mathématiques**. La plainte initiale était :

*« Les différentes enseignantes ont relevé que **certaines notions étaient assez floues**, que la **numération peinait à se construire**. Jules passe du temps sur ses devoirs, en ayant **recours à la manipulation**. Les doubles et les compléments à 10 posaient encore problème au CE2, à présent ils sont acquis. Les tables de multiplication sont fréquemment retravaillées. »*

Le bilan initial concluait :

« Jules présente un trouble logico-mathématique portant à la fois sur le versant logique et le versant numérique. En logique, le retard est homogène avec des difficultés de décentration, d'anticipation et de coordination dans tous les domaines. Sur le plan de la cognition mathématique, la file mentale n'est pas bien constituée, ce qui engendre des difficultés de calcul mental. Jules a également du mal à se représenter un problème et à comprendre comment le résoudre. En revanche, les techniques opératoires sont connues et maîtrisées. »

4.1. Analyse du bilan ERLA de Jules

4.1.1. Épreuves et résultats

Ce bilan a été réalisé à l'aide de l'ERLA, complétée par des épreuves de l'EDA (Evaluation Des fonctions cognitives et Apprentissages de l'enfant), outil de dépistage des troubles des apprentissages de 4 à 11 ans, de Billard et Touzin (2012), chez Ortho Edition.

Dans l'ERLA, des épreuves de sériation, de classification / inclusion, de conservation de la matière et d'inclusion numérique ont été proposées à Jules.

Dans l'EDA, des épreuves de compréhension morphosyntaxique orale, de comptage, de positionnement de nombres sur une échelle verticale, de comparaison

de nombres, de transcodages numériques, de calcul mental, d'opérations et de problèmes (à l'oral) ont été administrées.

En voici les principaux résultats :

- Les **difficultés de compréhension orale** persistent, Jules peine à traiter certaines structures morphosyntaxiques complexes.
- **La sériation est réussie** (était impossible sans aide lors du bilan initial).
- Jules a besoin de procédures d'aide pour que sa réflexion et sa compréhension des relations sériales coordonnées aboutisse.
- Au sujet des conduites classificatrices, Jules se situe maintenant entre les niveaux de 8-9 ans et 10 ans et plus : **il accède aux classes, peut anticiper**. Ses **capacités de décentration ont énormément progressé**, même si quelques difficultés peuvent encore persister.
- Pour l'**inclusion**, Jules se situe maintenant au **niveau attendu entre 8 et 10 ans**. Il n'utilise pas encore la relation inclusive comme argument mais a rattrapé sa classe d'âge pour cette structure logique.
- **La conservation de la matière n'est pas encore complètement construite et affirmée**, mais Jules est passé à un niveau intermédiaire, avec **utilisation de l'argument d'identité**. La conservation est **intuitive mais non opératoire** (conservation opératoire pour la matière attendue à 8 ans).
- L'inclusion numérique et le comptage sont acquis.
- Jules arrive à comparer des nombres sur présentation écrite mais rencontre des difficultés sur présentation orale.
- Le positionnement de nombres sur une échelle verticale est dans la norme.
- Les transcodages numériques sont réussis.
- **Le calcul mental (oral et écrit) est déficitaire**.
- **Les capacités de résolution de problèmes sont faibles**.

4.1.2. Conclusions

Jules présente toujours un **décalage logique dans certaines épreuves**, mais il a rattrapé sa classe d'âge dans d'autres. **Le versant logique a donc bien évolué**.

Au niveau numérique, **le calcul mental est déficitaire**. Par ailleurs, **les capacités de résolution de problèmes sont faibles**. Ce domaine est particulièrement lié à la logique et à la compréhension orale. Or, **la compréhension orale morphosyntaxique reste déficitaire** chez Jules.

Les difficultés mathématiques sont à mettre en lien avec le retard logique (en cours de compensation) **et le déficit de compréhension orale**, il ne s'agit pas d'un trouble spécifique mathématique.

La poursuite de la prise en charge orthophonique est recommandée, mais avec un changement de stratégie thérapeutique. Elle s'orientera désormais vers la **rééducation de la compréhension orale**.

4.2. Analyse du bilan cognitiviste de Jules

4.2.1. ZAREKI-R

Épreuves du ZAREKI-R	Notes brutes	ET
1. Dénombrement de points	6/6	0,75
2. Comptage oral à rebours	4/4	0,75
3. Dictée de nombres	16/16	0,69
4. Calcul mental oral	20/44	-2,36
<i>Additions</i>	6/16	-2,43
<i>Soustractions</i>	4/16	-2,03
<i>Multiplications</i>	12/12	0,50
5. Lecture de nombres	15/16	-0,5
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	17/24	-0,17
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	12/16	-0,96
9. Estimation visuelle de quantités	4/5	0,02
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	2/10	-2,45
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	7/12	-0,60
12. Comparaison de deux nombres écrits	10/10	0,21
→ TOTAL	113/163	-1,67
7. Répétition de chiffres	20/24	1,86

Tableau IX : Résultats de Jules au ZAREKI-R

Le profil de Jules est **hétérogène**.

Il présente des **scores déficitaires** en **calcul mental oral** (additions et soustractions ; les multiplications sont connues) et en **estimation qualitative de quantités en contexte**, compétence liée à la compréhension du sens des nombres et à la connaissance du monde (pour exemples : il trouve que douze spectateurs à un match de football, quinze mots dans un livre, ou encore quatre réfrigérateurs dans une cuisine, c'est normal).

Son score global est donc faible.

La comparaison de nombres est mieux réussie à l'écrit qu'à l'oral, ce qui peut traduire des difficultés de représentation mentale des nombres.

Jules possède une **bonne mémoire de travail**.

4.2.2. TEDI-MATH : « Opérations logiques »

Épreuves du TEDI-MATH	Notes brutes	Interprétations
4. Opérations logiques	13/18	Niveau moyen CP période 1
4.A Sériation numérique	3/3	Dans la norme
4.B Classification numérique	1/2	Niveau moyen GSM période 1
4.C Conservation numérique	2/4	Niveau moyen CP période 1
4.D Inclusion numérique	3/3	Dans la norme
4.E Décomposition additive	4/6	Moyenne forte CP période 1

Tableau X : Résultats de Jules au TEDI-MATH

Jules présenterait, selon ce test, un **retard d'acquisition des fonctions logiques d'environ 4 ans**.

En effet, la classification numérique correspond au niveau moyen des élèves de grande section de maternelle (période 1), et le score de Jules en conservation numérique le situe à un niveau moyen de CP (période 1).

La sériation et l'inclusion numériques sont réussies donc semblent dans la norme, l'étalonnage des épreuves s'arrêtant au CE2 (période 1).

La décomposition additive est déficitaire, du fait de difficultés d'équivalences.

4.2.3. TTA : « Additions » et « Soustractions »

- Additions : **10**.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **avril – mai du CP**.

Jules présente donc un **retard d'apprentissage de trois ans**.

- Soustractions : **4**.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **décembre du CP**.

Jules présente donc un **retard d'apprentissage de trois ans et cinq mois**.

4.2.4. WNV : « Matrices »

Note brute : **16** → Note T : **43**.

Jules possède donc des capacités de raisonnement perceptif **dans la norme** des enfants de son âge.

4.2.5. Conclusions

Jules présenterait un **retard d'acquisition des structures logiques d'environ 4 ans** (la classification et la conservation numériques ne sont pas opératoires), ainsi que des **troubles mathématiques**, le **calcul mental des additions et des soustractions** étant **déficitaire à l'oral et à l'écrit**.

On note également un **déficit de l'estimation qualitative de quantités en contexte** et des **difficultés d'équivalences numériques**.

La prise en charge orthophonique est donc recommandée, à raison d'une **rééducation des fonctions logiques** de classification et de conservation, ainsi que d'un **projet thérapeutique stimulant le calcul, la compréhension du sens du nombre et sa manipulation**, afin d'aider Jules à développer des stratégies et à être plus à l'aise dans les apprentissages mathématiques.

4.3. Comparaison des deux bilans de Jules

Les deux évaluations diffèrent au niveau de leurs diagnostic et projet thérapeutique, du fait d'un versant supplémentaire pris en compte dans le bilan constructiviste : la compréhension orale.

En effet, celle-ci est déficitaire et l'orthophoniste de Jules interprète cela, ainsi que le retard logique du patient, comme les causes de ses difficultés mathématiques, et choisit donc de la rééduquer en priorité, le raisonnement logique ayant déjà évolué.

Le bilan cognitiviste ne permet pas de mettre en évidence ces informations et objective simplement d'un côté les troubles logiques, et de l'autre les troubles mathématiques, sans les mettre en lien.

L'ajout des épreuves de l'EDA pour compléter l'ERLA est donc une richesse pour analyser et expliquer l'origine des lacunes de Jules, car elles permettent une évaluation mathématique plus poussée que celle proposée par l'ERLA.

Cependant, les épreuves cognitivistes sont également pertinentes par rapport à la plainte initiale, relative aux difficultés dans les apprentissages mathématiques.

5. Bilans de Juliette

Juliette est en **début de CE1** et a **7 ans 3 mois** lors de la passation du bilan ERLA.

Elle est **prise en charge en orthophonie depuis un an** pour des **difficultés d'entrée dans le langage écrit**.

Juliette progresse mais **les troubles résistent à la rééducation**. Selon le premier bilan, la mémoire et l'attention sont satisfaisantes, de même que les capacités langagières. Ce sont la phonologie et la métaphonologie qui posent problème. **Juliette peine à accéder à la forme phonologique de ce qu'elle voit**.

Il est trop tôt pour poser un diagnostic mais les troubles de Juliette sont **fortement évocateurs d'une dyslexie**.

La raison de ce bilan initial est une **plainte de difficultés en mathématiques** également. Juliette **peinerait notamment à retenir certains mots-nombres**, ce qui serait cohérent avec le trouble d'accès à la forme phonologique évoqué ci-dessus.

Après les vacances scolaires de Noël (sans suivi orthophonique), Juliette a maintenant **7 ans 7 mois** lorsque le bilan cognitiviste lui est administré.

5.1. Analyse du bilan ERLA de Juliette

5.1.1. Épreuves et résultats

Ce bilan a été réalisé à l'aide de l'ERLA, complétée par des épreuves de l'EDA (Evaluation Des fonctions cognitives et Apprentissages de l'enfant) de Billard et Touzin (2012).

Dans l'ERLA, des épreuves de sériation, de classification et de conservation numérique ont été proposées à Juliette.

Dans l'EDA, des épreuves de comptage, de positionnement de nombres sur une échelle verticale, de comparaison de nombres, de transcodages numériques, de calcul mental, d'opérations et de problèmes (à l'oral) ont été administrées.

En voici les principaux résultats :

- Juliette parvient à la sériation avec aide, par tâtonnements empiriques.
La sériation n'est pas encore véritablement construite, ce qui est dans la norme pour son âge.
- Au niveau des **conduites classificatrices**, Juliette obtient une note de dichotomies de 4/12 et une note de classements de 5/16. Elle tâtonne dans la constitution des collections, ce qui reste **normal à 7 ans**.
- La **conservation numérique est acquise**, comme attendu à partir de 6-7 ans.
- **Juliette peut démarrer un comptage avec une borne inférieure, mais elle n'y parvient que jusqu'à 14.** Elle exprime sa difficulté, elle sait que le nombre 15 lui pose habituellement problème, et propose "cinquante".
Juliette ne peut pas compter à rebours à partir de 15.
- **Elle obtient 0/3 au positionnement de nombres sur une échelle verticale.**
Le 3 est placé trop haut, et Juliette ne peut placer 49 et 85 puisqu'elle ne maîtrise pas ces nombres.
- **La comparaison de nombres est réussie sur présentation écrite mais pas sur présentation orale.**
- **La dictée de nombres est mieux réussie (2/3) que la lecture (0/3).** Juliette est en échec avec les noms irréguliers, mais certains réguliers lui posent également problème. (12 est lu "32", 29 est méconnu, 40 est lu "14". 50 et 32 sont bien transcrits, mais pas 13.).
- **Le calcul mental et les opérations sont réussis**, on note cependant une **latence importante** ainsi qu'un comptage sur les doigts.
- Juliette réalise correctement 2 problèmes sur 3.

5.1.2. Conclusions

Juliette présente des **difficultés portant sur le plan numérique** malgré une **construction des structures infra-logiques dans la norme**.

L'accès aux mots-nombres est difficile, on retrouve le **trouble d'accès à la forme phonologique du mot** déjà objectivé par le bilan de langage écrit. En conséquence, **la suite numérique ne peut être maîtrisée, les transcodages sont échoués**. Juliette peut cependant **maîtriser les techniques de résolution des opérations et accéder à la compréhension des problèmes simples**.

Le diagnostic orthophonique est donc celui d'un **trouble spécifique retentissant sur le langage écrit et sur la numération**.

La mise en place d'une **rééducation orthophonique des troubles logico-mathématiques** est recommandée.

L'objectif thérapeutique principal sera la **construction du système numérique en base 10 sans les mots-nombres irréguliers** (dénomination "à la chinoise"), de manière à mettre en place une file numérique mentale malgré le trouble d'accès à la forme phonologique des mots-nombres irréguliers.

5.2. Analyse du bilan cognitiviste de Juliette

5.2.1. ZAREKI-R

Épreuves du ZAREKI-R	Notes brutes	ET
1. Dénombrement de points	5/6	-0,25
2. Comptage oral à rebours	0/4	-1,70
3. Dictée de nombres	6/16	-0,89
4. Calcul mental oral	10/44	-0,93
<i>Additions</i>	6/16	-0,98
<i>Soustractions</i>	0/16	-1,08
<i>Multiplications</i>	4/12	-0,13
5. Lecture de nombres	2/16	-2,49
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	8,5/24	-1,18
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	13/16	0,63
9. Estimation visuelle de quantités	2/5	-1,13
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	3/10	-0,74
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	1/12	-0,85
12. Comparaison de deux nombres écrits	9/10	0
→ TOTAL	59,5/163	-1,39
7. Répétition de chiffres	9/24	-0,50

Tableau XI : Résultats de Juliette au ZAREKI-R

La batterie met en évidence des faiblesses :

- en comptage oral à rebours :
Il est impossible pour Juliette de compter à rebours, ce qui est faible par rapport aux enfants de son âge.
- en calcul mental oral de soustractions :
Aucune soustraction n'a pu être réalisée correctement par Juliette, l'épreuve a dû être arrêtée à mi-chemin.
- en positionnement de nombres sur une échelle verticale :
Sur les lignes marquées, la désignation est mieux réussie sur présentation orale que sur présentation écrite du nombre.
Sur les lignes vierges, Juliette parvient à mieux placer les nombres écrits que ceux donnés à l'oral.
- en estimation visuelle de quantités :
Lorsque le nombre de points ou d'objets représentés est supérieur à dix, après une présentation du stimulus de 5 secondes, Juliette donne une estimation trop faible de la quantité.
Pour exemples : 14 points sont représentés → elle en estime 8 ; entre 90 et 100 verres sont dessinés → elle en estime 14.

Au total, cela donne un **score global faible**.

La **lecture de nombres** est **déficitaire**. Seul 15 est correctement lu. Pour exemples : 57 est impossible à lire pour Juliette, 305 est lu « 35 », 1900 est lu « 19 ».

5.2.2. TEDI-MATH : « Opérations logiques »

Épreuves du TEDI-MATH	Notes brutes	% cumulés
4. Opérations logiques	10/18	5
4.A Sériation numérique	2/3	5
4.B Classification numérique	1/2	40
4.C Conservation numérique	2/4	35
4.D Inclusion numérique	3/3	100
4.E Décomposition additive	2/6	5

Tableau XII : Résultats de Juliette au TEDI-MATH

La **sériation numérique** est **déficitaire** chez Juliette : elle a réalisé une inversion entre les cartes avec 6 et 7 arbres, ce qui est à mettre **en lien avec la faiblesse de l'estimation visuelle de quantités**, et donc **relève du domaine numérique**.

La **décomposition additive** est **pathologique**, ce qui s'explique par des **difficultés de manipulation du nombre et d'équivalences**.

La classification et la conservation numériques sont faibles mais non déficitaires, Juliette ne possède donc **pas de retard logique**.

En effet, les épreuves échouées sont plus d'ordre numérique que logique.

5.2.3. TTA : « Additions » et « Soustractions »

– Additions : 4.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **novembre du CP**.

Juliette présente donc un **retard d'apprentissage d'un an et un mois**

– Soustractions : 4.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **décembre du CP**.

Juliette présente donc un **retard d'apprentissage d'un an**.

5.2.4. WNV : « Matrices »

Note brute : **19** → Note T : **59**.

Juliette possède donc des capacités de raisonnement perceptif **dans la norme** des enfants de son âge.

5.2.5. Conclusions

Les troubles de Juliette sont principalement numériques : faiblesse de la chaîne numérique, de l'estimation visuelle et qualitative de quantités, de la manipulation des nombres et de leur transcription arabe, ainsi qu'un déficit de leur lecture.

Ils sont à mettre **en lien avec un trouble d'accès à la forme phonologique des mots**, se répercutant déjà sur le langage écrit, et pouvant également se manifester dans le domaine des mathématiques.

Une **rééducation des habiletés numériques de base** est donc recommandée, avec en priorité la **mise en place de la chaîne numérique et des différentes représentations du nombre** (arabe, analogique et verbale), en utilisant **divers supports et modalités**, pour compenser le déficit verbal de la fillette.

5.3. Comparaison des deux bilans de Juliette

Les deux évaluations mettent en évidence les mêmes troubles et proposent un projet thérapeutique similaire, centré sur la numération.

L'ERLA est ici moins intéressante car le versant logique n'est pas atteint, mais reste pertinente par rapport à la plainte relative aux apprentissages mathématiques, puisqu'il a permis d'écarter un éventuel trouble logique.

Cependant, les épreuves de l'EDA qui complètent le bilan constructiviste de l'orthophoniste, par leur évaluation des compétences numériques, sont essentielles et permettent le diagnostic.

On remarque également que les épreuves « logiques » du TEDI-MATH échouées par Juliette testent en réalité principalement les capacités numériques, et sont donc différentes de celles de l'ERLA, notamment concernant la sériation (l'ERLA requiert d'ordonner des baguettes de différentes tailles, alors que le TEDI-MATH exige d'ordonner diverses quantités d'arbres, ou encore des chiffres arabes).

Le bilan cognitiviste est, quant à lui, complet et adapté aux difficultés mathématiques de Juliette énoncées dans la plainte initiale.

6. Bilans d'Éline

Éline est en **CM1**. Elle a **9 ans 2 mois** au moment de la passation du bilan **ERLA**, et **9 ans 3 mois** durant celle du bilan **cognitiviste**.

La plainte porte sur des **difficultés dans les mathématiques en général**, notamment des lacunes dans l'apprentissage des tables de multiplications, ainsi que des interversions de nombres.

Il s'agit d'un bilan initial.

6.1. Analyse du bilan ERLA d'Éline

6.1.1. Épreuves et résultats

Des épreuves de classification / inclusion, de sériation, de conservations physiques et numériques, de comptage, de dénombrement et de transcodages numériques ont été proposées à Éline.

En voici les principaux résultats :

- Lors des conduites classificatrices, **le vocabulaire n'est pas en adéquation avec la manipulation (niveau de développement : 5-6 ans)**.

Sa pensée devrait être réversible.

- **Les inclusions entre classes sont échouées.**

Aujourd'hui, Éline n'a **pas encore pleinement acquis ce système de construction emboîtée**. Ce qui, en parallèle, peut l'empêcher d'accéder à des consignes multiples. **(Niveau de développement : 6-7 ans)**.

- **La notion de sériation est encore empirique.**

Zone proximale de développement : la sériation est quasiment opératoire et est source de déductions. **(Niveau de développement : 7-8 ans)**.

- **La conservation de la matière devrait être opératoire et argumentée.**

La coordination des deux dimensions avec centration sur la transformation n'est pas possible. **La perception domine (niveau : 5-7 ans)**.

- **La conservation des longueurs n'est pas acquise. (Niveau : 5-6 ans)**.

- **La conservation numérique est en cours d'acquisition.**
Éline utilise à bon escient les mot-nombres mais ne conserve pas la quantité.
La pensée est encore irréversible et la conservation empirique.
(Niveau de développement : 6 ans).
- **Le concept d'infinité du nombre n'est pas acquis. (Niveau : 6-7 ans).**
- Éline n'utilise pas encore le nombre et le dénombrement en tant qu'outil, ce qui est faible par rapport aux enfants de son âge.
- **La dictée de nombres comme la lecture de nombres sont adéquates.**

6.1.2. Conclusions

Sont relevées dans ce bilan des **difficultés d'organisation et d'anticipation.**

Certaines structures logiques et infra-logiques ne sont pas encore opératoires, notamment les conduites classificatrices et l'inclusion. **Les invariants ne sont pas mis en place**, que ce soit au niveau physique, spatial et numérique.

Sont relevés également des **troubles au niveau de la chaîne numérique** avec un **concept du nombre encore flou.**

Éline se situe encore au **stade pré-opératoire pour la majorité des acquisitions développementales (avant 7 ans).**

Elle est vite déstabilisée lorsque la situation nécessite un changement de point de vue ou une manipulation mentale pour organiser et anticiper ses actions.

En somme, Éline présente donc des **troubles du raisonnement logique et des mathématiques.**

La **prise en charge orthophonique** est donc **recommandée**, avec pour projet thérapeutique d'**exercer les concepts logiques et infralogiques** (conservation, sériation...) au travers de jeux et de matériel à manipuler, afin d'**accompagner Éline dans son acquisition du nombre et de celui-ci en tant qu'outil.**

6.2. Analyse du bilan cognitiviste d'Éline

6.2.1. ZAREKI-R

Épreuves du ZAREKI-R	Notes brutes	ET
1. Dénombrement de points	6/6	0,75
2. Comptage oral à rebours	3/4	-0,02
3. Dictée de nombres	16/16	0,52
4. Calcul mental oral	32/44	0,27
<i>Additions</i>	14/16	0,69
<i>Soustractions</i>	8/16	0,14
<i>Multiplications</i>	10/12	-0,20
5. Lecture de nombres	16/16	0,53
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	14/24	-0,76
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	16/16	1,18
9. Estimation visuelle de quantités	3/5	-1,02
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	9/10	0,81
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	8/12	0,08
12. Comparaison de deux nombres écrits	10/10	0,57
→ TOTAL	130/163	0,23
7. Répétition de chiffres	13/24	0,04

Tableau XIII : Résultats d'Éline au ZAREKI-R

Éline n'obtient aucun score pathologique au ZAREKI-R, elle ne présente donc **pas de trouble de traitement du nombre et du calcul.**

On note juste une faiblesse au niveau de l'estimation visuelle de petites quantités (9 points → elle en estime 14 ; 14 points → elle en estime 23).

6.2.2. TEDI-MATH : « Opérations logiques »

Épreuves du TEDI-MATH	Notes brutes	Interprétations
4. Opérations logiques	12/18	Niveau moyen CP période 1
4.A Sériation numérique	3/3	Dans la norme
4.B Classification numérique	0/2	Moyenne faible GSM période 1
4.C Conservation numérique	2/4	Niveau moyen CP période 1
4.D Inclusion numérique	3/3	Dans la norme
4.E Décomposition additive	4/6	Moyenne forte CP période 1

Tableau XIV : Résultats d'Éline au TEDI-MATH

Éline posséderait, selon ce test, un **retard d'acquisition des structures logiques d'environ 3 ans**.

En effet, le score obtenu à l'épreuve de classification numérique correspond à la moyenne faible des élèves de grande section de maternelle (période 1), tandis que les épreuves de classification numérique et de décomposition additive la situent au niveau moyen des élèves de CP (période 1).

La sériation et l'inclusion numériques semblent dans la norme (score maximal obtenu, pour un étalonnage allant jusqu'au CE2, période 1).

6.2.3. TTA : « Additions » et « Soustractions »

– Additions : **13**.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **novembre – décembre du CE1**.
Éline présente donc un **retard d'apprentissage d'un an et dix mois**.

– Soustractions : **3**.

C'est le score moyen obtenu par les élèves en **novembre du CP**.

Éline présente donc un **retard d'apprentissage de deux ans et neuf mois**.

En 2 minutes, elle a effectué 11 soustractions, mais a commis 5 erreurs :

$3 - 0 = 0$; $9 - 2 = 8$; $14 - 2 = 8$; $20 - 8 = 16$; $18 - 12 = 20$.

6.2.4. WNV : « Matrices »

Note brute : **17** → Note T : **48**.

Éline possède donc des capacités de raisonnement perceptif **dans la norme** des enfants de son âge.

6.2.5. Conclusions

Éline présente **quelques troubles mathématiques : une lenteur et une imprécision de réalisation des soustractions à l'écrit**, ainsi que des difficultés dans l'estimation visuelle de petites quantités numériques.

Notons que ce sont des épreuves réalisées à l'aide d'un support visuel, et que le même genre d'exercice (par exemple, les soustractions) est réussi à l'oral.

Ces faiblesses isolées peuvent donc être liées à un problème de représentation mentale lorsque le stimulus est écrit / visuel, ou encore à un déficit de compréhension des nombres et de leur utilisation.

Éline présenterait également un **retard d'acquisition des structures logiques d'environ trois ans**.

Une **rééducation orthophonique des habiletés logiques** est donc recommandée, associée à une **prise en charge au niveau mathématique**, portant sur la **compréhension des nombres**, de leur **valeur associée**, ainsi que de leur **manipulation sur des supports visuels et écrits, notamment via des soustractions**.

6.3. Comparaison des deux bilans d'Éline

Les deux évaluations mettent en avant les mêmes troubles dans les domaines logique et mathématique.

L'investigation de l'ERLA est cependant plus poussée au niveau des fonctions logiques et donc mieux adaptée aux troubles d'Éline, plus importants dans ce champ.

Cependant, le bilan cognitiviste est intéressant ici aussi, par son analyse des compétences mathématiques selon différentes modalités (orale, écrite, visuelle).

Les deux bilans sont donc pertinents et adaptés à la demande initiale, relative à des difficultés dans les apprentissages mathématiques en général.

Par leur spécificité d'épreuves respective, ils sont même complémentaires.

7. Synthèse des comparaisons de bilans des six patients

	Diagnostic ERLA	Diagnostic cognitiviste	Projet thérapeutique ERLA	Projet thérapeutique cognitiviste
Marnie	Troubles des fonctions logiques	Déficit de la mémoire de travail retentissant sur les capacités mathématiques	Faire évoluer le mode de fonctionnement de pensée	Stimuler la mémoire de travail (par un psychologue) et les compétences mathématiques
Séléna	Déficit de l'inclusion et troubles mathématiques	Difficultés dans les apprentissages mathématiques	Arrêt indéfini de la prise en charge orthophonique	Rééduquer les habiletés mathématiques de base, pour développer le sens du nombre ainsi que sa manipulation
Laura	Structures logiques pas tout à fait opératoires	Aucun trouble logique ni mathématique	Faire évoluer le mode de fonctionnement de pensée	Aucune prise en charge orthophonique
Jules	Difficultés mathématiques en lien avec un retard logique et un déficit de compréhension orale	Retard d'acquisition des structures logiques et troubles mathématiques	Rééduquer la compréhension orale	Rééduquer les fonctions logiques et les compétences mathématiques (calcul, sens et manipulation des nombres)
Juliette	Trouble spécifique retentissant sur le langage écrit et sur la numération	Troubles numériques	Construire le système numérique en base 10, sans les mots-nombres irréguliers	Rééduquer les habiletés numériques (chaîne numérique et représentations du nombre)
Éline	Troubles du raisonnement logique et des mathématiques	Retard d'acquisition des structures logiques et troubles mathématiques	Exercer les concepts logiques et infralogiques, dans le but d'une acquisition du nombre et de celui-ci en tant qu'outil	Rééduquer les habiletés logiques, ainsi que la compréhension et la manipulation du nombre

Tableau XV : Synthèse des comparaisons de bilans des six patients

Code couleurs : habiletés logiques / habiletés mathématiques / autres habiletés.

Ce tableau de synthèse montre donc la variabilité des troubles existants se rapportant aux champs du raisonnement logique et de la cognition mathématique.

Les résultats font ressortir différents profils d'enfants :

- avec des troubles logiques uniquement (Laura),
- avec des troubles logiques et mathématiques (Séléna et Éline),
- avec des troubles logiques, mathématiques et d'un autre domaine (Jules),
- avec des troubles logiques et d'un autre domaine (Marnie),
- avec des troubles mathématiques et d'un autre domaine (Juliette).

La complémentarité des deux évaluations a été mise en évidence dans six cas sur six.

Remarque

Au vu des résultats au TTA dans le présent mémoire, assez faibles chez les six participants (même chez Laura qui ne présente pourtant pas de difficultés scolaires en mathématiques), et de la discussion dans l'article de Lafay & al. (2015), nous avons décidé de vérifier rapidement ce qui se passe chez des enfants contrôles.

Deux enfants tout-venant, sans difficultés mathématiques, ont donc été testés à l'aide du TTA, selon les mêmes modalités que les patients de notre étude.

La première fillette, en mars du CE1, a obtenu 7 en additions (score moyen de janvier – février du CP → retard d'un an et un mois) et 4 en soustractions (score moyen de décembre du CP → retard d'un an et trois mois).

La seconde fillette, en mars du CE1 également, a obtenu 10 en additions (score moyen de mai du CP → retard de 10 mois) et 6 en soustractions (score moyen de février du CP → retard d'un an et un mois).

Leurs résultats sont donc faibles également, avec toujours un retard plus ou moins important.

Discussion

L'objectif de cette étude était de comparer deux méthodes d'évaluation des habiletés logiques et mathématiques (l'une constructiviste, l'autre cognitiviste), chez des enfants de primaire, bénéficiant d'une « rééducation des troubles du calcul et du raisonnement logico-mathématique » (appellation de la NGAP).

Pour ce faire, nous avons sélectionné six patients ayant été évalués par leur orthophoniste à l'aide de l'ERLA en tant que bilan principal, et nous leur avons administré un bilan majoritairement cognitiviste ensuite.

Enfin, les conclusions de chaque bilan pour chaque enfant ont été analysées et mises en relation, avant de réaliser une synthèse globale des six comparaisons.

Nos hypothèses de travail étaient :

- Chaque méthode évalue des compétences différentes, les deux sont donc complémentaires.
- Les capacités logiques et les capacités mathématiques sont distinctes et indépendantes, leur atteinte pouvant être isolée.

Les analyses de chaque bilan ont validé nos deux hypothèses.

En effet, les six sujets étudiés présentent des profils tous différents, mis en évidence grâce aux deux méthodes évaluatives.

Marnie possède des troubles logiques et une mémoire de travail déficitaire.

Cela confirme donc notre deuxième hypothèse : Marnie présente une atteinte des habiletés logiques, sans trouble des compétences mathématiques. Celles-ci sont faibles à cause du déficit de mémoire de travail, mais non pathologiques.

Ce dernier a été diagnostiqué par le bilan cognitiviste, alors que les troubles des fonctions logiques ont été objectivés par l'ERLA. Notre première hypothèse est donc validée : chaque évaluation a mis en avant des atteintes différentes, les deux méthodes sont bien complémentaires.

Séléna présente un déficit logique et des troubles mathématiques.

Ces derniers ont été mis en évidence par l'ERLA et par le bilan cognitiviste, celui-ci ayant permis une analyse plus poussée des difficultés de la fillette, par rapport au domaine mathématique.

En revanche, seule l'évaluation constructiviste a pu objectiver des troubles logiques. Cette complémentarité des deux méthodes valide ici aussi notre première hypothèse, qui est que chaque méthode évalue des compétences différentes.

Laura possède des difficultés logiques uniquement, diagnostiquées par l'ERLA. Cela confirme l'indépendance des capacités mathématiques et des compétences logiques, ainsi que la complémentarité des méthodes : en effet, le bilan cognitiviste a objectivé l'absence d'atteinte mathématique, même s'il n'était pas pertinent par rapport à la plainte initiale.

Les troubles de Jules sont de l'ordre de la compréhension orale, de la logique et des mathématiques (calcul mental et valeur associée au nombre).

L'orthophoniste a utilisé un bilan composé de L'ERLA pour la partie logique, et de l'EDA pour les versants compréhension orale et mathématiques.

L'évaluation cognitiviste complète ce bilan par ses épreuves et modalités variées, ce qui valide notre première hypothèse.

Juliette présente un trouble spécifique retentissant sur le langage écrit et sur la numération. Ce dernier aspect a été évalué de manière plus élaborée par le bilan cognitiviste, mais l'ERLA a également permis de montrer que les fonctions logiques ne sont pas touchées, prouvant encore la complémentarité des deux méthodes, ainsi que l'indépendance des habiletés logiques et mathématiques.

Éline possède des troubles logiques et mathématiques, diagnostiqués par les deux méthodes d'évaluation, chacune spécialisée dans l'un des deux versants, et donc complémentaires ici aussi.

Notre première hypothèse d'une complémentarité des deux méthodes, chacune évaluant des compétences différentes, a donc été confirmée dans six cas sur six, tandis que la seconde, concernant l'indépendance des capacités logiques et mathématiques et leur éventuelle atteinte isolée, est validée chez la moitié des sujets.

Cependant, l'existence à la fois de troubles logiques et mathématiques chez un même patient ne veut pas dire que ces habiletés sont dépendantes les unes des autres, mais plutôt qu'elles sont souvent associées car leur atteinte présente une comorbidité.

En effet, tout comme la dyslexie et la dyscalculie peuvent parfois exister chez un même sujet, il est également probable que les troubles du raisonnement logique et de la cognition mathématique se manifestent en même temps chez un enfant, sans être liés.

Difficultés rencontrées dans l'élaboration du projet

L'élaboration de cette étude s'est déroulée de manière non linéaire, avec des avancées et des retours en arrière, tout au long de l'année écoulée.

La sélection des épreuves a été difficile et a évolué au cours des premiers mois de réalisation du mémoire. Nous avons d'abord décidé d'administrer les trois principaux tests (ZAREKI-R, TEDI-MATH et TTA) entièrement, mais le temps de passation était beaucoup trop long, ce qui n'était pas pratique car difficilement réalisable pour les orthophonistes (sur un nombre trop élevé de séances), et fatigant pour les enfants. De plus, certaines épreuves étaient redondantes dans le TEDI-MATH et le ZAREKI-R, nous craignons donc un effet retest, et surtout que cela soit inutile et nous fasse perdre du temps. Les épreuves du ZAREKI-R ont donc été choisies, ainsi que la partie « logique » du TEDI-MATH, celle-ci n'étant pas présente dans le ZAREKI-R. Concernant le TTA, nous avons privilégié les additions et les soustractions, car réalisables par tous les enfants de notre étude, ce qui n'était pas le cas des multiplications et des divisions, trop difficiles voire impossibles à effectuer pour les plus jeunes.

À mi-parcours, un autre problème s'est présenté : comment comparer ces deux évaluations si différentes et leurs résultats ? D'un côté l'ERLA, qualitative avec quelques repères développementaux, de l'autre le bilan cognitiviste, quantitatif avec des données chiffrées en majorité.

Comment mettre en relation des explorations si discordantes ?

L'idée d'une liste de points de comparaison nous est alors venue, mais s'est avérée irréalisable, du fait d'une trop grande hétérogénéité, à tous les niveaux.

La comparaison qualitative des diagnostics et projets thérapeutiques en fonction de la demande a donc été choisie par défaut, mais reste tout de même valable, pertinente et efficace, malgré son caractère approximatif.

Biais et limites du travail

La subjectivité, très présente dans ce travail, est un biais important.

D'une part, au niveau des interprétations des bilans ERLA : les diagnostics et projets thérapeutiques dépendent de l'analyse critique et personnelle des différentes orthophonistes, qui sont au nombre de trois, et qui ont chacune leur propre sélection d'épreuves, adaptée à l'évaluation de chaque patient, et basée sur la plainte initiale, en fonction des outils dont elles disposent.

D'autre part, au niveau des interprétations des bilans cognitivistes : les diagnostics et projets thérapeutiques dépendent des scores normés de chaque test, mais aussi de mon analyse critique et personnelle, en regard des résultats et des observations cliniques de chaque sujet.

La comparaison des deux types d'interprétations est donc également teintée de subjectivité, puisqu'effectuée par nos soins.

Au sujet de ces analyses, plusieurs obstacles ont été rencontrés, concernant :

- l'étalonnage du TEDI-MATH,
- l'étalonnage néerlandais du TTR,
- l'adaptation des scores du TTA aux normes du TTR,
- les « Opérations logiques » du TEDI-MATH,
- l'existence d'un lien entre les domaines logique et langagier,

Nous allons donc aborder ces cinq points ci-dessous.

Tout d'abord, dès le commencement de cette étude, nous savions que le TEDI-MATH était étalonné de la fin de la deuxième année de maternelle (MSM) au début du CE2, ce qui correspondait, en majorité, à notre premier critère d'échantillonnage : des enfants de 7 à 9 ans. Or, lors de l'élargissement de ce critère, du CP au CM2,

nous avons tout de même choisi de garder les épreuves de ce test, et de les administrer en fonction des troubles des patients.

C'est ainsi que, pour Laura (en CM2), la passation a été écourtée, du fait d'une trop grande facilité à réaliser les exercices présentés. La conclusion d'une réussite aux « Opérations logiques » a alors été tirée.

En revanche, les résultats de Jules (en CM2) et Éline (en CM1) se sont révélés intéressants car déficitaires pour certains, et ont donc pu être interprétés en niveaux scolaires moyens correspondant à leurs scores.

Ensuite, nous avons remarqué que les résultats au TTA de De Vos (2010) étaient très faibles voire déficitaires, chez tous nos sujets, même chez Laura, qui ne présente pourtant pas de difficultés scolaires en mathématiques.

Nous avons donc décidé de tester deux enfants tout-venant, des fillettes en mars du CE1, sans difficultés mathématiques, et leurs résultats présentent toujours un retard plus ou moins important, variant de 10 mois à un an et trois mois.

En effet, les résultats des enfants français semblent différents de ceux des enfants flamands ayant participé à l'étalonnage du TTR, dans le sens où ils sont plus faibles. Cette constatation est appuyée par Lafay et al. (2015), évoquant des variations de performances liées à des facteurs culturels et éducationnels, d'un pays à l'autre.

C'est donc problématique, il faudrait un meilleur étalonnage, adapté aux enfants français, car nous ne doutons pas de l'intérêt du test.

L'interprétation des résultats au TTA a donc été faite avec précaution, en fonction de la présence de répercussions sur le plan scolaire ou non.

De plus, le fait d'avoir administré aux sujets le TTA en deux minutes, et d'avoir ensuite divisé leurs résultats par deux pour pouvoir utiliser les normes flamandes du TTR, crée un biais supplémentaire non négligeable, la vitesse de réalisation des opérations n'étant pas homogène pendant les deux minutes écoulées.

Malgré ces normes discutables et ces obstacles rencontrés, nous avons tout de même choisi de garder les résultats au TTA dans notre étude, car ils offrent une comparaison intéressante des performances en calcul mental à l'oral (dans le ZAREKI-R) et à l'écrit. Leur mise en parallèle permet de mettre en évidence l'hétérogénéité ou l'homogénéité des calculs selon les deux modalités.

Au sujet du TEDI-MATH, l'analyse des divers résultats des enfants a soulevé le questionnement de ce que testait réellement chaque épreuve des « Opérations logiques », car elles possèdent toutes l'adjectif « numérique » dans leur nom, sauf la « décomposition additive », qui elle ne laisse pas trop de doute sur son caractère mathématique.

En effet, elles mettent toutes en jeu le nombre et, mise à part la « conservation numérique » qui évalue réellement la structure logique de conservation du nombre, elles font appel aux compétences numériques de l'enfant.

Leur interprétation a donc été réalisée selon cette constatation, en décomposant chaque épreuve et ses résultats, et en les mettant en lien avec ceux obtenus au ZAREKI-R.

En ce sens, la sériation numérique fait appel au dénombrement des arbres sur chaque carte, et à la connaissance de la suite numérique pour les ordonner. Cette dernière est utilisée aussi pour les cartes avec les différents chiffres arabes.

La classification numérique nécessite également un dénombrement efficace, pour pouvoir isoler le critère numérique des cartes contenant des quantités variables de divers symboles, ainsi que de celles avec différentes quantités de croix.

L'inclusion numérique met en jeu la comparaison de petits nombres (entre 6 et 8) à l'oral, et donc la connaissance de la chaîne numérique.

La conservation numérique, quant à elle, est similaire à l'épreuve piagétienne correspondante (deux quantités de jetons égales, avec des variations de disposition spatiale) et évalue alors les capacités d'inhibition d'interférences de l'enfant, selon Houdé & Leroux (2015), comme déjà évoqué précédemment.

Enfin, une autre constatation a été faite : plusieurs profils présentent des troubles logiques associés à des troubles du langage oral : Séléna, Laura et Jules, ce qui fait un total de 3 patients sur les 5 possédant une atteinte du raisonnement logique.

Or, le lien entre ce dernier et le langage verbal est étroit. Il est donc difficile de déterminer la cause des troubles quand les deux sont en jeu : l'atteinte logique entraîne-t-elle les difficultés langagières, ou est-ce que ce sont celles-ci qui engendrent des troubles logiques ? Ou encore, peuvent-ils exister indépendamment ?

Les bilans cognitivistes ont donc été analysés selon cette dernière hypothèse.

En outre, un dernier biais se situe au niveau de l'interprétation de plusieurs bilans cognitivistes : pour trois d'entre eux, la passation a été administrée par l'orthophoniste du patient, et non par moi-même. Or, le côté clinique et qualitatif est aussi important lors d'une évaluation, et une partie des informations m'est donc manquante pour ces enfants. Les orthophonistes ont cependant retranscrit au mieux les données cliniques essentielles à mon analyse.

Cette étude possède également une limite liée au faible nombre de participants, elle n'a donc pas assez de puissance pour être valable d'un point de vue scientifique et généraliser les observations que nous en avons tirées.

Malgré cette faiblesse du versant quantitatif, elle est cependant intéressante d'un point de vue qualitatif et clinique, car riche de diversité, à plusieurs niveaux que nous allons aborder ci-dessous.

Points forts du travail

En effet, différents profils d'enfants ont pu être observés.

Les six participants de notre étude possèdent chacun un profil particulier, ce qui est un atout majeur pour l'objectif principal de ce travail : montrer que chaque patient est différent, et que de ce fait, l'évaluation de ses troubles logiques et/ou mathématiques doit être adaptée à la plainte initiale.

Pour rappel, les résultats ont généralisé cinq types de diagnostics :

- présence de troubles logiques uniquement (Laura),
- présence de troubles logiques et mathématiques (Séléna et Éline),
- présence de troubles logiques, mathématiques et d'un autre domaine (Jules),
- présence de troubles logiques et d'un autre domaine (Marnie),
- présence de troubles mathématiques et d'un autre domaine (Juliette).

À noter que si Séléna et Éline possèdent un diagnostic similaire, leurs troubles sont pourtant bien différents et hétérogènes, plus prononcés sur le versant logique pour Éline et du côté mathématique pour Séléna, ce qui confirme la complexité de ces domaines, et l'unicité de chaque enfant.

Ainsi, il en ressort de ces observations que lorsque la raison de demande de bilan comprend des difficultés dans les apprentissages mathématiques uniquement, il est suggéré d'administrer une évaluation cognitive, en priorité.

En revanche, si d'autres troubles sont associés, à l'échelle de plusieurs matières scolaires, l'évaluation constructiviste serait la mieux adaptée.

Par contre, si la plainte ne concerne pas les mathématiques mais plutôt la compréhension en général, seul un bilan constructiviste est recommandé.

Encore une fois, ceci est une simplification, une règle générale, mais la réalité n'est pas si simple et, souvent, les deux méthodes sont nécessaires pour un bilan le plus complet possible, afin de pouvoir faire la part des choses.

Parfois même, un autre domaine, tel que le langage oral, doit être exploré.

La richesse de ce travail se trouve dans la variété des différents participants, mais également des diverses méthodes.

Si la plupart des orthophonistes ont utilisé l'ERLA seule pour leur bilan, l'une d'entre elles a choisi de la compléter par des épreuves de l'EDA (Billard et Touzin, 2012), de l'ordre de la compréhension orale et/ou des compétences numériques, selon les troubles du patient.

Ceci illustre bien la variété des profils d'enfants, et l'adaptation évaluative à effectuer en fonction de ceux-ci.

Un autre point fort se situe au niveau des passations cognitives de trois sujets, que j'ai pu administrer moi-même, sur l'un de mes terrains de stages.

En effet, cela m'a permis d'avoir des informations qualitatives importantes, en regard du déroulement des épreuves et du comportement des patients.

L'analyse de leurs résultats a donc été plus complète et plus fidèle à la réalité.

Liens avec de précédentes études

Lors de la réalisation de cette étude, j'ai eu l'opportunité de pouvoir assister également à la passation d'épreuves piagétienne de l'ERLA. L'une d'entre elles a retenu plus particulièrement mon attention : l'inclusion simple des fruits.

Tout comme Piaget demandait à l'enfant s'il y avait plus de marguerites ou plus de fleurs, sont manipulés ici différents fruits.

À un certain moment, on demande au sujet de faire en sorte qu'il y ait autant de fruits mais plus de pommes dans sa corbeille que dans celle d'à côté.

Le fait d'échouer à cet exercice est interprété comme un dysfonctionnement de la structure d'inclusion.

Or, comme l'expliquent Houdé et Leroux (2009/2015), il s'agirait en fait d'un déficit de la capacité d'inhibition d'interférences. L'enfant a appris à l'école que « plus de » veut dire que l'on ajoute, et à la fois on lui dit de mettre « pareil, la même chose », les deux stratégies connues entrent donc en conflit, et il n'arrive pas à comprendre ce qu'on attend de lui.

C'est du moins l'interprétation personnelle que j'ai pu en tirer, au sujet d'une des patientes observée.

Il s'agit donc d'un point de vue intéressant sur le fonctionnement de la pensée de l'enfant entre 7 et 12 ans, qui rejoint le modèle de Siegler (2000, 2001), décrivant le développement cognitif sous forme de vagues (stratégies) qui se chevauchent.

Se pose alors la question de la pertinence des épreuves piagésiennes et surtout de leur interprétation : que testent-elles réellement ?

Nous avons déjà vu que celles de conservation du nombre et d'inclusion simple évaluaient en réalité les capacités d'inhibition d'interférences de l'enfant.

De plus, les repères développementaux établis par Piaget ont été remis en cause, du fait d'une grande variabilité inter- et intra-individuelle (Ménissier, 2014).

Les différentes épreuves ne peuvent donc plus être interprétées de la façon dont le faisait Piaget, mais elles sont pourtant très intéressantes, car riches d'informations cliniques.

Alors comment les utiliser aujourd'hui, en tenant compte des connaissances récentes apportées par la neuropsychologie ?

Serait-il possible de combiner les expériences constructivistes et les données cognitivistes ?

Ces pistes seraient intéressantes à explorer, et pourraient faire l'objet de recherches futures, avec, pourquoi pas, le projet de création d'une évaluation comprenant ces épreuves revisitées d'un nouveau point de vue.

Perspectives d'études

L'échantillon de notre population étant trop faible pour explorer tous les profils existants et généraliser nos découvertes, une étude similaire avec un groupe plus important de sujets, à l'échelle de la France entière, pourrait se révéler passionnante et riche d'informations. Celles-ci porteraient sur la diversité des patients et des troubles qu'ils présentent, mais également sur les multiples méthodes d'évaluation des divers orthophonistes français.

Ainsi, l'objectif visé serait, pour ces derniers, une adaptation optimale aux difficultés logiques et mathématiques des patients, au moyen d'une évaluation personnalisée la plus complète possible, accessible à tous.

Pour cela, certaines modifications devraient être apportées concernant les différentes épreuves à administrer, afin d'améliorer la qualité des résultats, et de diminuer les biais :

- remplacer le TTR par un test similaire étalonné pour une population d'enfants français voire francophones,
- effectuer des testings plus systématiques,
- faire analyser les bilans cognitivistes par plusieurs étudiants/orthophonistes, et recouper les divers avis, pour diminuer la subjectivité d'une analyse unique,
- établir des points de comparaison précis et listés des deux types d'évaluation et de leurs résultats.

Conclusion

Notre étude consistait à comparer deux méthodes d'évaluation des habiletés logiques et mathématiques de l'enfant – l'une constructiviste, l'autre cognitiviste – afin de mettre en évidence la complémentarité des deux premières et l'indépendance des dernières.

Pour cela, un bilan cognitiviste a été administré à six enfants de primaire bénéficiant d'une rééducation logico-mathématique, à la suite d'une évaluation récente au moyen de l'ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé, 2009).

Les différents diagnostics et projets thérapeutiques pour chaque patient ont ensuite été mis en relation, puis une synthèse des six comparaisons a été réalisée.

Les résultats ont affirmé l'existence de différents profils d'enfants, avec des atteintes logiques et mathématiques parfois isolées, parfois coexistantes, parfois associées à des troubles d'autres domaines.

Il en est également ressorti que les deux types de bilan évaluaient bien deux champs différents, soulignant leur complémentarité.

Cependant, cette étude présentant des biais et peu de participants, elle ne possède aucun poids scientifique et mériterait donc d'être améliorée, à plus grande échelle géographique et d'échantillonnage, avec des épreuves mieux étalonnées, ainsi qu'un protocole plus élaboré.

Ce travail nous a tout de même permis de réaliser un modeste état des lieux de la cognition mathématique et de sa place en orthophonie, ainsi que des outils diagnostiques à la disposition des orthophonistes français.

Reste à chacun de choisir librement ses méthodes d'évaluation, en essayant de s'adapter au mieux aux troubles des patients, qu'ils soient d'ordre logique, mathématique, ou même des deux.

Bibliographie

- BILLARD C., TOUZIN M. (2012). *EDA : Évaluation Des fonctions cognitives et Apprentissages de l'enfant*. Isbergues : Ortho Édition.
- CLEMENTS (1984). Training effects on the development and generalization of Piagetian logical operations and knowledge of number. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 76, n° 5, p. 766-776.
- DE VOS T. (1992). *Tempo Test Rekenen*. Swets & Zeitlinger.
- DE VOS T. (2010). *Tempo Test Automatiseren*. Boom Test Publishers.
- DEHAENE S., COHEN L. (1991). Two mental calculation systems : a case study of severe dyscalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*. 29, 1045-1074.
- DELLATOLAS G., VON ASTER M. (2006). *Zareki-R : batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant*. Paris : ECPA.
- FAYOL M. (2013). *L'acquisition du nombre*. « Que sais-je ? ». Paris : PUF.
- GAILLARD F. (2000). *Numerical : test neurocognitif pour l'apprentissage du nombre et du calcul*. Signes Ed.
- GHESQUIÈRE P., RUIJSSENAARS A. (1994). *Vlaamse normen voor studietoetsen Rekenen en technisch lezen lager onderwijs. [Flemish standards for study evaluation of mathematics and technical reading in primary school]*. Leuven : K.U.L.-C.S.B.O.
- HOUDÉ O. (2004). *La Psychologie de l'enfant*. « Que sais-je ? ». Paris : PUF.
- HOUDÉ O., LEROUX G. (2015). *Psychologie du développement cognitif*. Paris : PUF (édition Quadrige, 2015).
- LAFAY A., ST-PIERRE M.-C., MACOIR J. (2014). L'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant : inventaire critique des outils disponibles. *Glossa*. N° 116, p. 33-58.
- LAFAY A., ST-PIERRE M.-C., MACOIR J. (2015). Validation franco-qubécoise du Tempo Test Rekenen pour l'évaluation des habiletés mathématiques auprès d'enfants de 8-9 ans. *Glossa*. N° 118, p. 27-39.
- LEGEAY M.-P., MOREL L. (2003). Différentes définitions de la dyscalculie liées à des champs théoriques divers. *L'Orthophoniste*. N° 227, p.19-26.
- LEGEAY M.-P., MOREL L., VOYE M. (2009). *Mallette ERLA (Exploration du Raisonnement et du Langage Associé)*. Trucy sur Yonne : Cogilud.
- LEGEAY M.-P., MOREL L., VOYE M. (2013). Le bilan ERLA : Exploration du Raisonnement et du Langage Associé. *Rééducation orthophonique*, n°255 – L'évaluation des troubles du raisonnement logique, p.75-86.
- MCCLOSKEY M., CARAMAZZA A., BASILI A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation : Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*. 4, p.171-196.

- MCCLOSKEY M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing : Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*. 44, p.107-157.
- MELJAC C., LEMMEL G. (1999). *UDN 2 Construction et Utilisation du nombre*. Paris : ECPA.
- MEHLER J., BEVER T. (1967). Cognitive Capacity of Very Young Children. *Science*. Vol. 158, n° 3797, p.141-142.
- MÉNISSIER A. (2014). Du glissement de l'appellation logico-mathématique à celle de cognition mathématique : Quelles incidences sur la prise en charge des troubles ? *Les entretiens de Bichat*. p. 1-21.
- PIAGET J., INHELDER B. (1966). *La Psychologie de l'enfant*. « Que sais-je ? ». Paris : PUF.
- PIAGET J., SZEMINSKA A. (1941). *La Genèse du nombre chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé.
- SIEGLER R. (2000). *Intelligence et développement de l'enfant*. Bruxelles : De Boeck.
- SIEGLER R. (2001). *Enfant et raisonnement*. Bruxelles : De Boeck.
- SPELKE E. S., TSIVKIN S. (2001). Language and Number : a Bilingual Training Study. *Cognition*. N° 78, p.45-88.
- TEMPLE C.-M. (1992). Developmental dyscalculia. Dans : RAPIN I., SEGALOWITZ S.-G., SIDNEY J. *Handbook of neuropsychology*. Vol. 7, p. 211-222. New York : Elsevier.
- VAN NIEUWENHOVEN C., GRÉGOIRE J., NOËL M.-P. (2001). *Tedi-Math. Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*. Paris : ECPA.
- WECHSLER D., NAGLIERI J. (2009). *Échelle non verbale d'intelligence de Wechsler (WNV)*. Paris : ECPA.

Liste des annexes

Liste des annexes :

Annexe n°1 : Objectifs généraux de l'ERLA.

Annexe n°2 : Descriptif des épreuves du ZAREKI-R.

Annexe n°3 : Descriptif des épreuves du TEDI-MATH, du TTR et de la WNV faisant partie du protocole d'étude.