



UNIVERSITÉ DE NANTES

Unité de Formation et de Recherche de Médecine et des Techniques Médicales

Année Universitaire 2019-2020

Mémoire

Pour l'obtention du

Certificat de Capacité en Orthophonie

COGNITION MATHÉMATIQUE

CHEZ LE JEUNE ENFANT :

Création d'un outil de prévention

Présenté par *Noémie MORAIS*

Née le 08/08/1995

Présidente du Jury : Madame PRUDHON Emmanuelle – Orthophoniste, chargée de cours, co-directrice pédagogique du C.F.U.O.

Directrice du Mémoire : Madame FOURNET Anne – Orthophoniste, chargée de cours

Co-directrice du Mémoire : Madame BABIN Anne – Orthophoniste

Membre du jury : Madame LEBAYLE-BOURHIS Annaïck – Orthophoniste, chargée de cours, directrice des stages au C.F.U.O.

REMERCIEMENTS

Un grand merci !

À Mme Anne Fournet et à Mme Anne Babin, directrice et co-directrice de ce mémoire, pour avoir accepté d'encadrer ce travail, mais aussi pour leur disponibilité, leur soutien et les échanges enrichissants tout au long de cette étude.

Aux médecins qui ont accepté de collaborer à ce projet, pour leurs avis et le temps qu'ils y ont consacré.

Aux auteurs des outils, Mme Meljac et M. Lemmel ; Mme Van Nieuwenhoven, M. Grégoire et Mme Noël ; M. Heremans ; Drs. Nosworthy et Ansari, ainsi que Mme Lafay, Mme Archambault et Mme Vigneron ; Mme Billard, Mme Mirassou et Mme Touzin leur aide a été précieuse pour la mise en œuvre de cette élaboration.

Aux orthophonistes rencontrées durant mes stages, qui m'ont permis de développer un savoir-faire et un savoir-être, en me transmettant connaissances et amour du métier.

Aux marraines orthophonistes pour leur accueil dans l'école et pour avoir été une véritable équipe de relecture.

À Ange, sur qui j'ai pu compter à distance, pour des discussions passionnées et les (quelques) séances de travail.

À Lucas, pour son omniprésence, une force pour aller de l'avant.

Aux Pépouses, une bulle d'amour et de bêtises devenue indispensable.

À ma famille, et surtout à mes parents pour m'avoir permis de suivre la formation que je souhaitais et avoir cru en mes capacités (parfois plus que moi). Merci de m'avoir entourée.

À Mathieu, mon soutien inépuisable de cette année, pour avoir été si attentionné et si divertissant mais surtout pour avoir toujours tenu bon... Continue !



UNIVERSITÉ DE NANTES
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DES TECHNIQUES MÉDICALES

U.E.7.5.c Mémoire

Semestre 10

Centre de Formation Universitaire en Orthophonie

Directeur : Pr Florent ESPITALIER

Co-Directrices Pédagogiques : Mme Typhanie PRINCE, Mme Emmanuelle PRUDHON

Directrice des Stages : Mme Annaïck LEBAYLE-BOURHIS

ANNEXE 9
ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

« Par délibération du Conseil en date du 7 Mars 1962, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation ».

Engagement de non-plagiat

Je, soussigné(e)**Morais Noémie**..... déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes ses formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Fait à : **Nantes**..... Le **20/05/20**.....

Signature :

Saisisse

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Partie Théorie	2
1. Développement des acquisitions mathématiques	2
1.1. Les acquisitions logiques et numériques.....	2
1.1.1. Les capacités chez le bébé	2
1.1.2. Développement des conduites pré-logiques	3
1.1.3. Développement de la numération	5
1.1.3.1. Le modèle du triple code	5
1.1.3.2. La ligne numérique mentale	6
1.1.3.3. Les processus de quantification	7
1.1.3.4. Les opérations simples.....	9
1.2. Déviances à la norme	10
1.2.1. Les causes de déviance	10
1.2.2. Les difficultés associées	11
2. Repérage précoce.....	13
2.1. Le dépistage en orthophonie	13
2.1.1. Les actes de prévention.....	13
2.1.2. Les outils d'évaluation.....	14
2.2. Intérêt du dépistage précoce.....	16
2.2.1. Sur le plan des apprentissages	16
2.2.2. Sur le plan cérébral	18
2.2.3. Sur le plan émotionnel	19
3. Partenariat entre médecins et orthophonistes	20
3.1. Le rôle du médecin.....	20
3.2. Des professionnels de santé unis.....	22
3.2.1. Le parcours de soin du patient	22
3.2.2. La coopération interprofessionnelle	23
3.3. La mise en relation des professionnels	24
3.3.1. La formation des médecins.....	24
3.3.2. La collaboration encouragée.....	25
Partie Méthodologie	27
1. Hypothèses et objectifs de travail	27
2. Choix préliminaires	29
2.1. Le choix de la population.....	29
2.1.1. Patients ciblés	29

2.1.2. Professionnels ciblés.....	29
2.2. Les principes généraux du cadre d'utilisation.....	29
2.2.1. Cadre d'utilisation de l'outil.....	29
2.2.2. Protocole d'observation.....	30
2.3. Réflexions préalables à l'élaboration.....	31
2.3.1. Analyse quantitative ou qualitative	31
2.3.2. Interprétation des données obtenues.....	31
3. Contacts avec les médecins	31
3.1. Le questionnaire préalable	31
3.1.1. Principes	31
3.1.2. Mode de collecte des données	31
3.1.3. Contraintes et précautions méthodologiques.....	32
3.2. Les retours sur l'outil	32
Résultats	33
1. Le questionnaire préalable.....	33
2. Élaboration de la grille	34
2.1. Principe	34
2.2. Les fondements théoriques.....	35
2.3. La sélection des items	35
2.4. Le choix de la structure.....	37
2.5. Le déroulé de la passation.....	39
2.6. La cotation	39
3. Retours des praticiens sur l'outil	40
3.1. Participation des professionnels.....	40
3.2. Analyse qualitative de l'outil.....	41
Discussion	42
1. Limites et problèmes rencontrés.....	42
1.1. Dans notre étude	42
1.2. Dans l'élaboration de notre outil.....	43
2. Validation des hypothèses	47
3. Apports et intérêts.....	47
3.1. Implications pour l'orthophonie	47
3.2. Apports personnels.....	48
Conclusion et perspectives	49
Bibliographie.....	50
Index des Annexes	I

INTRODUCTION

Les nombres ont une importance fondamentale et une place particulière dans notre société. De multiples activités de la vie quotidienne impliquent l'utilisation des nombres. Si pour certains leur manipulation est aisée, pour d'autres, elle représente un défi important (Lafay et al., 2018). Les compétences en mathématique sont centrales dans la vie. Elles déterminent la réussite scolaire et le niveau d'études, régissent le statut socio-économique et conditionnent le bien-être de l'individu (Thibault, 2017). Elles influencent les apprentissages dès la maternelle (Fayol, 2018a).

Les études consacrées au développement des acquisitions mathématiques se fondent sur deux principaux points de vue complémentaires : la théorie piagétienne et le cognitivisme. Le clinicien peut adopter une position neuro-constructiviste qui reconnaît à la fois l'importance des compétences précoces mais aussi le parcours développemental (Ménissier, 2014). La cognition mathématique regroupe toutes les compétences des apprentissages mathématiques. Lorsque l'enfant développe ce domaine, il révèle ses habiletés à comprendre et utiliser les nombres (Barrouillet & Camos, 2006), et plus globalement, à raisonner et penser.

Lorsque des difficultés en mathématique perdurent, il est primordial qu'une orientation vers un orthophoniste - pour un bilan des capacités de l'enfant - soit envisagée. Malheureusement, une méconnaissance des troubles liés aux apprentissages mathématiques persiste, et ce même au sein des professions médicales (Habib, 2018). Pourtant, les médecins sont responsables de l'orientation des patients vers les professionnels paramédicaux.

Ce mémoire a pour objectif de participer à l'amélioration du parcours de soins de l'enfant. Nous avons donc réalisé un outil de dépistage des difficultés mathématiques et/ou logiques chez des enfants de 4-5 ans destiné aux médecins et adapté à leur pratique.

Dans un premier temps, nous décrivons le développement des acquisitions du jeune enfant et ses déviations, puis nous discutons de l'intérêt des actes de prévention, enfin nous investiguons la relation entre les médecins et les orthophonistes. Dans un second temps, nous présentons la démarche employée pour réaliser cette étude et les étapes menant à la conception de notre outil de dépistage. Dans un dernier temps, nous présentons les résultats obtenus à partir desquels nous discutons des limites et des intérêts de ce travail.

PARTIE THEORIE

1. DEVELOPPEMENT DES ACQUISITIONS MATHEMATIQUES

1.1. LES ACQUISITIONS LOGIQUES ET NUMERIQUES

1.1.1. Les capacités chez le bébé

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses recherches se sont tournées vers les compétences mathématiques précocement présentes chez les bébés, entre 0 et 2 ans (Noël & Palmers, 2003). Ces études sur le développement des habiletés mathématiques opposent deux courants de pensée : nativistes et empiristes. C'est le caractère inné des capacités qui les confronte. Ainsi, les nativistes avancent le postulat que « le bébé est capable d'encoder et manipuler les informations numériques avant que le langage numérique ne soit acquis » (Barrouillet & Camos, 2006, p. 45).

Dès les premiers mois de vie, les bébés sont effectivement capables de discriminer de petites quantités, ou de plus grandes mais plus éloignées et d'effectuer des calculs simples (Habib, 2018).

Un bébé de quelques mois aborde différemment les petites et les grandes quantités. Deux systèmes numériques distincts peuvent être alors considérés, l'un traitant la représentation approximative de grandes quantités, et l'autre la représentation précise de petites quantités (Fayol, 2018a). Des capacités de discrimination et d'appariement de collections ont pu être mises en évidence notamment par des expériences mettant en œuvre le paradigme d'habituation lors d'observation passive de scènes. Par cette méthode, Xu et Spelke (2000) ont montré des signes du traitement approximatif des grandes quantités chez les bébés et Antall et Keating (1983) ont établi qu'ils étaient sensibles aux petites quantités, pouvant distinguer des groupes de 1, 2 ou 3 objets.

Lors d'une étude tenant sur la manipulation de quantités, Wynn (1992) a présenté des mises en scène d'événements impossibles à des bébés de 5 mois. Les événements utilisés sont réalisés à partir d'un théâtre de marionnettes. On présente successivement deux poupées que l'on place derrière un cache. Lorsque le cache est retiré, il reste soit une poupée soit deux. Le paradigme repose sur l'idée que le bébé surpris, par les erreurs de calcul, regarde significativement plus longtemps les événements impossibles - lorsqu'une seule poupée est révélée. Ces résultats de calculs additifs ont été étendus à la soustraction. Par leur regard, les

bébés montrent une sensibilité aux numérosités et sont capables de calculer des opérations simples. Ainsi, pour Wynn, les bébés peuvent se représenter les différentes numérosités et raisonner sur ces nombres.

Outre la numérosité, les bébés présentent des capacités logiques. Sinclair et al. (1982) ont observé trois types de conduites pré-logiques chez le bébé :

- Des conduites de collection : les éléments de même nature sont rassemblés dans un espace privilégié.
- Des conduites d'emboîtement : tous les gobelets sont encastrés les uns dans les autres par ordre décroissant de taille.
- Des conduites de mise en correspondance terme à terme : tous les éléments d'une série sont mis en rapport un à un avec tous les éléments d'une autre série.

Ces études n'évoquent que des ébauches du système mathématique. Ainsi, les bébés montrent une intuition numérique et logique dès les premiers mois de leur vie. Ils l'enrichiront avec le langage en période préscolaire, puis l'affineront avec les enseignements scolaires (Houdé & Leroux, 2009). Cette idée est de l'ordre du courant empiriste. Selon lequel, les habiletés requièrent un long apprentissage qui se poursuit au fil du développement. De même, la précocité de la discrimination de quantités ne signifie pas que l'acquisition de la numération est précoce et sans erreurs. C'est un long développement pour arriver à l'idée que le nom d'un nombre fait référence à une quantité (Wynn, 1990).

1.1.2. Développement des conduites pré-logiques

Durant les années 60, l'épistémologue et psychologue Jean Piaget avançait des théories à partir de ses propres observations qui ont donné un essor à l'étude du développement mathématique. Son modèle se découpe en stades successifs et invariants. Au cours des dernières décennies, les nombreuses avancées des sciences cognitives, telles que les manifestations précoces des compétences mathématiques, ont remis en question la conception piagétienne (Houdé & Borst, 2018). Tout particulièrement, le modèle en stades qui postule qu'un enfant passe des étapes selon un âge et un ordre précis. Cependant, certaines de ses découvertes ont été validées et sont à conserver (Fayol, 2018a). Cet incontournable modèle théorique sur la genèse du nombre chez l'enfant prend son origine dans le développement de la logique et du raisonnement (Piaget, 1972). L'enfant explore et découvre, il fonde sa propre pensée. Il va mettre en place des structures logiques : conservation, sériation, classification, inclusion et combinatoire. Pour Piaget, l'accès au nombre dépend de ces opérations logiques.

Nous ne nous intéresserons ici qu'aux structures acquises au cours des cinq premières années de l'enfant, soit la classification et la sériation (Dolle, 2005).

La classification, c'est la capacité à réunir « des éléments qui vérifient au moins une propriété commune » (Chalon-Blanc, 2005, p. 69). Ce groupement logique repose sur une première opération fondamentale : la réunion des individus en classe, et des classes entre elles (Piaget, 1967). Les objets groupés dans une classe sont liés par une relation d'équivalence qui a trois propriétés : réflexivité (A a la même forme que lui-même), symétrie (si A a la même forme que B, alors B a la même forme que A) et transitivité (si A a la même forme que B et B la même forme que C alors A et C ont la même forme) (Piaget, 1967). Pour la mise en place de la classification, les prérequis nécessaires sont le tri, la comparaison, l'organisation spatiale, la mémoire de travail et la mobilité de pensée. Lorsque l'ensemble de ces conditions est réuni, l'enfant peut acquérir la notion de classification via deux types de collections : figurale et non figurale (Dolle, 2005). La première dépend de l'influence perceptive qu'a l'enfant des objets placés devant lui. Il sera capable de produire quelques petits alignements partiels selon un critère, ou il pourra changer de critère au cours de son alignement. Il se peut qu'il positionne les éléments selon une représentation particulière, pour former des fleurs ou des formes géométriques complexes. Il produira des collections figurales de 2 à 5 ans puis des collections non figurales jusqu'à 7 ans. Alors, l'enfant procède de proche en proche sans plan d'ensemble. Il va modifier progressivement ses collections. Par tâtonnement et rétroaction, il parvient à anticiper en dégagant un critère unique et à subdiviser les collections obtenues. À partir de 8 ans, les classifications deviendront hiérarchiques. L'enfant pourra combiner des collections jusqu'à l'inclusion de l'une d'elles dans une autre, selon une structure ascendante ou descendante.

La sériation, c'est la capacité à ranger des éléments selon leur différence, ordonnés dans l'espace (ordre croissant/décroissant) et le temps (avant/après, premier/dernier) (Dolle, 2005). Il s'agit d'une « opération mentale qui oblige à porter un double regard sur chaque élément de la série » (Guéritte-Hess et al., 2005, p. 138). Selon Legendre-Bergeron et Laveault (1980), la capacité de sérier s'appuie sur la transitivité : « l'enfant doit comprendre qu'un élément B, situé entre A et C (soit : $A < B < C$) est à la fois "plus grand" que A et "plus petit" que C » (p. 201). Pour acquérir cette opération logique, les prérequis nécessaires sont la comparaison, la conservation et la notion de moyen terme - l'élément qui se place entre deux éléments précédemment installés. Dès 2 ans, nous pouvons constater l'existence de sériations lorsque l'enfant manipule et peut emboîter des gobelets (Dolle, 2005). Les stades du

développement de cette capacité rejoignent ceux du modèle de Piaget. Tout d'abord, le stade sensori-moteur où l'enfant regroupe quelques éléments ensemble sans base. Puis le stade intuitif où il réussit par tâtonnement. Enfin, le stade opératoire où l'enfant a une méthode systématique, il démarre par un extrême ou intercale les éléments. Ce dernier stade est acquis vers 6-7 ans.

1.1.3. Développement de la numération

1.1.3.1. Le modèle du triple code

Le développement numérique est constitué de multiples facettes que les recherches actuelles visent à décrire le plus précisément possible. Une modélisation du traitement numérique a été conçue par Dehaene en 1992, puis reprise en collaboration avec Cohen en 1995. Leur modèle s'appuie sur trois représentations cognitives indépendantes. Elles se traduisent par trois codes : analogique, verbal et arabe (cf. annexe 1).

Le code analogique est la représentation non symbolique du nombre. Il est le fondement du sens du nombre, et est présent avant le langage. Il permet ainsi la réalisation de tâches d'estimation, de comparaisons de quantités et de calculs approximatifs. Le code analogique se divise en deux sous-systèmes : le système numérique approximatif (SNA) et le système numérique précis (SNP). Le premier est impliqué dans la représentation approximative de grandes quantités et le second dans la représentation précise de petites quantités.

Le code verbal est une compétence langagière. Encodé de manière conventionnelle, il met en relation la quantité et le nom des nombres. Son accès suppose un certain degré d'abstraction. Le code verbal est utilisé pour le comptage, le calcul et l'accès aux faits arithmétiques. Il est essentiellement représenté par la comptine numérique : une suite ordonnée de nombres entiers positifs ; orale ou écrite, en lettres ou signée en langue des signes (Fayol 2018a). Selon Fuson (1988), le développement de cette comptine se déroule selon quatre étapes. À 3 ans, l'enfant récite sans coupure la suite de nombres ne permettant pas une association du mot avec un objet : « un deux trois quatre... ». C'est le niveau du chapelet. À 4-5 ans, les termes sont individualisés, permettant l'association avec des objets mais il doit commencer du début : « un, deux, trois, quatre,... ». C'est le niveau de la chaîne insécable. À 6 ans, la chaîne devient sécable, l'enfant peut démarrer et finir arbitrairement dans son comptage. Vers 9 ans, la chaîne se finalise. Elle est bidirectionnelle ce qui lui permet d'accéder au compte à rebours.

Le code arabe est la représentation visuelle des nombres en chiffres. Peu d'études s'intéressent à la façon dont les enfants acquièrent le système de notation arabe. Il s'agit d'un enseignement explicite en classe mais une part d'implicite intervient probablement car le quotidien regorge de chiffres (Fayol, 2018a). L'enfant acquiert dans un premier temps les mots-nombres puis, par un apprentissage spécifique, accède à ce code qui repose sur une notation positionnelle liée à la notion de base et de rang. Ce code intervient pour l'arithmétique écrite. Au départ le code oral est prédominant, ce qui provoque des erreurs lors du passage de l'oral à l'écrit. Par exemple, l'enfant va écrire 6010 pour 70. Il automatisera le code arabe à partir de 8 ans évitant par la suite ce genre d'erreur syntaxique (Landerl, 2013).

Chacune de ces représentations de traitement donne la possibilité d'une atteinte spécifique. De surcroît, des liaisons fonctionnelles relient les représentations entre elles de façon indépendante sans passer par l'interprétation. Ces liaisons, appelées transcodages, peuvent donner lieu à d'autres atteintes, qui impactent de manière transversale la représentation des codes.

1.1.3.2. La ligne numérique mentale

Animaux, nouveau-nés et adultes de toutes les cultures, tous possèdent une représentation mentale analogique des quantités continues et discrètes. L'humain présente une représentation associée à une ligne (Fayol, 2018a). La ligne numérique mentale (LNM) est un concept développé par Moyer et Landauer (1967) comme métaphore pour décrire la représentation liée à l'estimation de quantités. Cette notion est approfondie par de nombreuses recherches menées par le neuroscientifique Dehaene et son équipe (Dehaene, 2010). Il s'agit d'une ligne orientée spatialement de gauche à droite où l'ordinalité organise les traitements numériques. Grâce à la LNM, l'enfant s'approprie des capacités d'estimation approximative, ainsi que des capacités de comparaison et de compréhension des additions et des soustractions.

L'élaboration de la ligne numérique mentale débute dès l'apparition des premiers mots-nombres vers 2 ans et se développe progressivement jusqu'à 11 ans. Entre la Grande Section de Maternelle (GSM) et le Cours Élémentaire 1 (CE1), la ligne s'étend généralement de 1 à 100 (Siegler & Booth, 2004). Les nombres sont d'abord représentés de manière logarithmique, c'est-à-dire que la distance entre deux grands nombres est perçue plus petite que la même distance entre deux petits nombres ; puis une représentation linéaire se met en place pour atteindre une représentation adulte (Habib, 2018).

La LNM est inconsciente, automatique et non symbolique. Elle n'est déterminée ni par le langage, ni par l'éducation (Dehaene, 2010). Fayol (2018a) recense plusieurs effets liés à la ligne numérique mentale :

- L'effet de distance : deux nombres proches sont plus difficiles à comparer que deux nombres plus éloignés.
- L'effet de taille : deux grands nombres sont plus difficiles à comparer que deux nombres plus petits.
- L'effet SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code) : il est plus facile de comparer deux nombres lorsque les petits nombres sont à gauche et les plus grands à droite.

1.1.3.3. Les processus de quantification

La quantification est « l'action d'attribuer une certaine quantité [...] à un phénomène mesurable » (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, s. d.), c'est répondre à la question : « combien y en a-t-il ? ». Il existe trois processus de quantification : le subitizing, l'estimation et le dénombrement (Geary & Moore, 2016).

- **Subitizing** : estimation rapide et précise de petites quantités.

Selon la loi de Weber, plus on augmente la taille d'une collection plus l'estimation de sa quantité est approximative et conduit à des imprécisions. En outre, le temps de réaction s'accroît de manière linéaire. Cependant, les numérosités de 1 à 4 ne respectent pas cette loi (Fayol, 2018a). Aussi bien la vitesse, que la précision restent égales dans leur estimation.

Plusieurs hypothèses tentent d'expliquer ce phénomène. Il peut être envisagé que les quantités soient si petites qu'il est difficile de mesurer une différence dans les temps de réaction. Mais de nombreux chercheurs s'accordent sur la théorie d'un mécanisme à part, précédant le comptage verbal (Starkey & Cooper, 1995). Le subitizing est lié au sous-système SNP du code analogique, non symbolique (Feigenson et al., 2004). Ainsi, le subitizing se définit comme un processus perceptif rapide et sûr d'appréhension immédiate des petites numérosités (Kaufman et al., 1949). Comme nous l'avons précédemment évoqué, ce mécanisme est quasiment inné. Le bébé présente très tôt cette capacité, elle se précisera et s'accélèrera jusqu'à l'âge de 11 ans.

- **Estimation** : estimation rapide et approximative de grandes quantités.

Ce processus se traduit par la représentation approximative des grandes quantités chez le très jeune enfant. Avant même les premières productions orales, il est capable de comparer

de grandes numérosités. On remarque un effet ratio : plus il y a d'écart entre les deux collections plus il est facile de les discriminer. Son acuité numérique s'affinera tout au long de son développement et l'effet ratio diminuera. Le processus d'estimation est relié au sous-système SNA du code analogique (Feigenson et al., 2004).

Aucun de ces deux systèmes ne permet de représenter des nombres tel que 7, car l'un est pour les quantités inférieures à 4 et l'autre est approximatif. Ainsi, au-delà de 4, la mise en relation entre symbole et quantité devient nécessaire. L'enfant avance par succession : « au nom suivant correspond l'ajout de 1 » (Slusser & Sarnecka, 2011, cité par Fayol, 2018a, p. 69). Cela le conduit à comprendre la suite des nombres, la quantité évoquée par un nombre est inférieure au précédent et supérieure au suivant. C'est l'initiation à l'ordinalité, essentielle au dénombrement.

- **Dénombrement** : réponse précise par la recherche.

Il est important de distinguer le comptage du dénombrement. Le premier est l'énumération des objets à l'aide de la comptine numérique (Dictionnaire orthophonique, 2018). Tandis que le second s'enrichit par le principe de cardinal, représenté par le mot-nombre faisant référence à la totalité des éléments qui composent une collection (Fuson, 1988).

Les chercheurs en sciences cognitives Gallistel et Gelman (1978) mettent en évidence cinq principes qui structurent l'activité de dénombrement :

- Correspondance terme à terme : chaque élément de la collection est associé à une étiquette.
- Ordre stable : une séquence immuable organise les étiquettes.
- Cardinalité : la dernière étiquette utilisée est le cardinal de la collection.
- Abstraction : l'hétérogénéité des éléments n'a pas d'impact sur le dénombrement.
- Non pertinence de l'ordre : l'ordre selon lequel les éléments sont dénombrés n'a pas d'impact sur le cardinal.

À cela, ils ajoutent la nécessité que l'enfant soit au niveau de la chaîne insécable de l'échelle de Fuson (1988), et qu'il possède une coordination oro-manuelle valide. Alors, il détiendra les prérequis pour dénombrer.

Comme énoncé plus haut, le bébé montre une sensibilité au nombre dès la naissance. Pour Gallistel et Gelman (1978), cela montre une compréhension précoce de ces principes. Cependant, des études nuancent cette hypothèse car les résultats ne sont pas reproductibles,

l'âge d'acquisition semble plus tardive. Ces études sont menées par des chercheurs partisans de la théorie des principes-après. Le bébé présente une structure de base qui évolue par des apprentissages et une pratique répétée des procédures acquises. Par imitation, il se construit des routines puis fait le lien entre ses actions et les objets. Il découvre implicitement les principes (Barrouillet & Camos, 2006).

« C'est à partir de leurs habiletés de dénombrement que les enfants élaborent spontanément des stratégies de résolution des opérations arithmétiques. » (Barrouillet & Camos, 2006, p. 86)

1.1.3.4. Les opérations simples

« Les opérations arithmétiques consistent à manipuler des symboles en respectant des règles plutôt que de réaliser les transformations sur les quantités concrètes associées à ces symboles. » (Fayol, 2018a, p. 73).

Très précocement, un bébé perçoit et comprend les effets de transformation affectant la quantité (ajout, retrait, partage). Néanmoins, comprendre les opérations est différent. Le sens des opérations use du symbolisme qui ne s'acquiert qu'à 2 ans. Baroody et Ginsburg (1986) exposent les différentes procédures de résolution des additions. L'enfant commence par compter le tout vers 3 ans. C'est-à-dire qu'il va représenter chacun des opérands sur ses doigts puis compter l'ensemble. En fin de maternelle, il comptera à partir du premier opérande de l'opération. La chaîne verbale est alors acquise car nécessaire. Enfin, vers 6-7 ans, il comptera à partir du plus grand des opérands.

En plus de ces procédures, l'enfant va développer un éventail de stratégies entre 3 et 5 ans pour résoudre les opérations additives. Il peut utiliser des objets, compter avec ses doigts, compter verbalement, décomposer ou récupérer le résultat stocké en mémoire (Carpenter & Moser, 1984). Les doigts peuvent représenter la collection ou contrôler la progression du comptage. La transition du comptage digital au verbal dépend de la capacité à contrôler mentalement le déroulement du calcul. Concernant le choix de la stratégie, il varie selon l'âge, le contexte et la difficulté de l'opération mais aussi selon l'enfant. Pour Siegler (1988), il dépend de sa personnalité : les « bons » choisiront plus facilement la récupération alors que les « perfectionnistes » utiliseront le comptage verbal ou digital. Pour Lemaire et Arnaud (2004), il relève de l'histoire même de la procédure notamment ses réussites antérieures. La stratégie la plus efficace est la récupération directe en mémoire qui se constitue au départ, de

la mémorisation des doubles et des plus petits opérands. Seulement, cette stratégie se construit tardivement. En CE1, elle n'est encore utilisée que par 2% des enfants.

Pour la soustraction, les mêmes grandes procédures se retrouvent. Dès 4-5 ans, nombreux sont les enfants capables de résoudre des soustractions avec du matériel manipulable. Carpenter et Moser (1984) mettent en évidence trois procédures pour résoudre « 5-2 » : ôter 2 de 5 et compter le résidu ; partir de 2 et ajouter jusqu'à 5, le nombre d'objets ajoutés est le résultat ; ou faire correspondance les deux ensembles et compter les éléments isolés.

Concernant les stratégies, ce sont les mêmes que celles servant à résoudre les additions. Il faut y ajouter la stratégie d'utilisation de l'addition inverse – soit « 3 + 2 » pour résoudre « 5-2 » – (Siegler, 1989). Cependant, Dehaene (1992) conteste la récupération directe des faits soustractifs. Selon lui, seuls les faits additifs et multiplicatifs sont stockés et la soustraction se résout uniquement par stratégie.

Nous avons ainsi relaté les compétences innées du bébé jusqu'aux acquisitions logiques et numériques du jeune enfant. À la suite de ces éclairages, nous allons désormais nous focaliser sur les déviations pouvant survenir au cours du développement.

1.2. DEVIANCES A LA NORME

1.2.1. Les causes de déviance

Dans certains cas, le développement de la cognition mathématique ne suit pas la trajectoire que nous venons de présenter. Le Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves (PISA) évalue tous les trois ans les connaissances des élèves de 15 ans (OCDE, 2019). Selon l'enquête de 2018, 21% des élèves n'atteignent pas le seuil des compétences attendues en mathématiques. Ces élèves en difficultés semblent présenter des faiblesses dans leurs acquisitions. De multiples raisons peuvent y contribuer. Certaines relèvent de l'environnement, d'autres d'aptitudes cognitives ou d'une anomalie développementale (Mazeau & Pouhet, 2014), ou encore d'un impact génétique.

Lorsque la déviance est due à l'environnement, la cause peut provenir plus précisément de difficultés pédagogiques ou socio-éducatives. Effectivement, un lien est établi entre l'absence précoce de certaines activités dans la pratique familiale et l'influence négative des savoirs du nombre. Cet impact est plus fortement présent dans les milieux socio-éducatifs faibles (Mazeau & Pouhet, 2014).

Dans d'autres cas, la déviance dépend d'un trouble neurodéveloppemental. Il s'agit alors d'un trouble spécifique des apprentissages. D'après la définition du Manuel Diagnostique et Statistique des troubles Mentaux (DSM-V), dans le cadre d'un trouble spécifique des apprentissages, les symptômes peuvent prendre de nombreuses formes. Entre autres, ce trouble se présente par des difficultés à maîtriser le sens des nombres, les données chiffrées ou le calcul ; ou des difficultés avec le raisonnement mathématique (American Psychiatric Association, 2013). D'après Lussier et al. (2017), d'autres déficits pourraient être ajoutés telle que l'atteinte d'un transcodage ou des opérations posées. La prévalence des enfants manifestant un Trouble des Apprentissages en Mathématiques s'étend de 1 à 10%, selon les critères d'inclusion des études (Lafay et al., 2018).

Fayol (2018a) présente deux recherches qui tendent à montrer un impact génétique des difficultés mathématiques. La première, menée par Alarcón et al. en 1997, démontre que les performances en mathématique de jumeaux monozygotes sont plus similaires que ceux des jumeaux dizygotes. La seconde étude de Gross-Tsur et al., en 1996, analyse la part d'hérédité. Ces chercheurs remarquent que la moitié des enfants ayant un parent ou un membre de sa fratrie présentant des difficultés mathématiques, sera affectée des mêmes troubles. Shalev et al. (2001) concluent qu'il s'agit d'un trouble familial. Ainsi, ces données suggèrent une influence génétique sur les compétences mathématiques.

1.2.2. Les difficultés associées

Comme l'énonce Fayol (2018a, p. 109), « les troubles en mathématiques sont souvent associés à d'autres difficultés d'apprentissage ou à des faiblesses de certaines capacités ». Lorsque deux troubles spécifiques ou plus s'associent chez un individu, cela se nomme la comorbidité (Mazeau & Pouhet, 2014). Les comorbidités les plus fréquentes des troubles mathématiques sont les troubles du langage, particulièrement le langage écrit ; les troubles attentionnels et exécutifs ; les troubles visuo-spatiaux ; et les difficultés mnésiques (Habib, 2018). Par ailleurs, le DSM-V appuie l'idée d'une comorbidité entre ces troubles. En effet, le terme précédemment cité de Trouble Spécifique des Apprentissages regroupe : les troubles de la lecture, les troubles d'apprentissage des mathématiques et les troubles de l'expression écrite.

Certaines des associations peuvent être expliquées. Tout d'abord, le langage joue un rôle important dans certaines acquisitions. Le comptage, le dénombrement, la mémorisation des faits arithmétiques, le code verbal (et ses transcodages), les structures logiques, tous

s'effectuent en lien avec le système verbal (Spelke & Tsivkin, 2001). Des troubles langagiers impacteraient leurs acquisitions. Ensuite, les médecins et chercheurs Von Aster et Shalev ont développé en 2007, un modèle du traitement du nombre dans lequel la mémoire de travail est le moteur de l'ensemble des performances du domaine numérique. Selon ce modèle, des troubles mnésiques provoqueraient des problèmes dès le début de la scolarité, notamment pour les apprentissages des codes symboliques (arabe et verbal). Plus récemment, Evans et Ullman (2016) exposent une nouvelle hypothèse mettant en exergue le rôle de la mémoire procédurale. D'après leurs travaux, l'Université Médicale de Georgetown (2016) cite :

Various domains, including math, reading, and language, seem to depend on both declarative and procedural memory. Evidence suggests that when procedural memory is impaired, children may have math disability, dyslexia, or developmental language disorder, though declarative memory often compensates to some extent.

Enfin, des compétences visuo-spatiales sont essentielles dans la mathématique. Le comptage, le code arabe et les opérations (Mazeau & Pouhet, 2014), ainsi que la LNM et le subitizing dépendent d'une organisation spatiale efficiente. De plus, Mazeau et al. (2016) relèvent un invariable dans les méthodes d'enseignement des mathématiques : la majorité des premières activités sont des tâches sensori-motrices. Ainsi, des difficultés dans le traitement visuo-spatial ou les praxies engendrent des obstacles dès les premiers apprentissages.

Face à un enfant présentant des difficultés d'apprentissage multiples, notre vigilance doit s'accroître car chacune de ses contraintes représente un domaine supplémentaire d'échec. Une association de troubles nuit au pronostic de l'enfant. Alors, un accompagnement de l'enfant et de son entourage s'avère essentiel.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons choisi de nous focaliser sur les difficultés mathématiques et logiques au sens large, et non sur le Trouble Spécifique des Apprentissages Mathématiques car ce diagnostic est rarement posé avant l'âge de 8 ans.

Après avoir étudié le développement des acquisitions des mathématiques dans un contexte habituel et lors de déviance, nous allons dresser un état des lieux du repérage précoce de ces enfants en difficultés.

2. REPERAGE PRECOCE

2.1. LE DEPISTAGE EN ORTHOPHONIE

2.1.1. Les actes de prévention

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini, en 1948, la prévention comme « l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps ». La Charte d'Ottawa, établie à l'issue de la première conférence internationale de novembre 1986 et ratifiée par la France, précise que la promotion de la santé a pour but de « donner aux individus davantage de maîtrise de leur propre santé et davantage de moyens de l'améliorer » (cités par la HAS, 2015).

En janvier 2016, la définition de l'orthophonie, parue dans l'article L4341-1 du code de la santé publique, indique que la prévention est un principe de la pratique orthophonique (Ministère des Solidarités et de la Santé, 2016). L'orthophoniste peut intervenir dans les trois stades de la prévention définis par l'OMS :

- La prévention primaire a pour objectif « d'empêcher l'apparition de cas nouveaux » chez les sujets sains, par l'éducation et l'information de la population.
- La prévention secondaire s'applique « à diminuer la prévalence d'une maladie et à réduire sa durée d'évolution », par des actions visant le repérage et le dépistage précoces des troubles dans les lieux de vie de l'individu.
- La prévention tertiaire cherche « la diminution de la prévalence des incapacités chroniques ou des récives ». Elle permet de limiter les complications et les séquelles causées par les pathologies. Ce type de prévention se traduit par toutes les actions thérapeutiques menées par les professionnels de santé.

Dans le cadre de la prévention secondaire, un manque d'outils destinés au dépistage est souvent constaté par la profession. Ce besoin est considérable dans le domaine de la cognition mathématique (Lafay & Cattini, 2018). Pourtant, la mise en évidence des difficultés chez un enfant lors d'un dépistage doit être la plus précoce possible pour lui apporter l'aide la plus efficace qui soit. Ces manques contribuent fortement à la situation de « sous-détection » des enfants à risque de présenter un Trouble des Apprentissages en Mathématiques (Lafay et al., 2018). De nombreuses avancées sont encore à prévoir dans ce domaine.

2.1.2. Les outils d'évaluation

Voici un inventaire des outils utilisés pour explorer les capacités de la cognition mathématique chez un enfant de 4-5 ans. Il en existe d'autres, comme répertoriés dans l'article de Lafay et al. (2014), mais nous avons sélectionné les plus pertinents pour notre étude.

- **L'UDN II**, ou Construction et Utilisation du Nombre 2^{ème} édition, de Meljac et Lemmel (1999), aux éditions ECPA, mesure les capacités de compréhension et d'utilisation du nombre de l'enfant de 4 à 11 ans. Il s'adresse principalement aux orthophonistes, aux psychologues et aux neuropsychologues.

Son élaboration repose sur les théories constructivistes piagésiennes. Il se compose de huit épreuves inspirées des expériences de Piaget et de huit épreuves originales centrées sur l'étude des premières notions logiques et mathématiques.

Ces seize épreuves se divisent en cinq domaines : les opérations logiques (classification, inclusion, sériation), la conservation, l'utilisation fonctionnelle du nombre, l'origine spatiale et la connaissance des nombres (la compréhension des termes, les transcodings et les opérations). Pour un enfant de 4 ans, la passation dure environ quarante-cinq minutes.

- **Tedi-MATH**, ou Test Diagnostique des compétences de base en Mathématiques, aux éditions ECPA, a été élaboré par Van Nieuwenhoven et al. (2001). Il évalue les troubles des apprentissages numériques entre la Moyenne Section de Maternelle (MSM) et le Cours Élémentaire 2 (CE2), soit de 5 à 8 ans. Ce test a pour objectif de mettre en évidence les caractéristiques spécifiques du trouble, ce qui le destine à être majoritairement utilisé par des orthophonistes, des psychologues et des neuropsychologues.

Cette batterie de tests se fonde à la fois sur les travaux piagésiens et les connaissances plus récentes de neuropsychologie et de psychologie cognitive sur le développement et les apprentissages. Le Tedi-MATH s'organise en cinq domaines de compétences numériques : les opérations logiques sur les nombres, la chaîne numérique verbale, la quantification numérique, les systèmes numériques et l'arithmétique. Le temps de passation dure environ une heure.

- **MathEval** est un test informatisé, conçu par le psychologue Heremans, en 2006 (dernière mise à jour du logiciel en août 2015). MathEval vise le dépistage de la dyscalculie chez les enfants de 5 à 8 ans. Ce logiciel, libre d'accès et gratuit, est destiné à des fins

diagnostiques par des orthophonistes et des psychologues. Selon le mémoire de Simon (2014), il est aussi utilisé par des professeurs.

Il prend ses fondements théoriques dans la neuropsychologie et la psychologie cognitive. Ainsi, les secteurs analysés sont les suivants : les gnosies digitales, la chaîne numérique, les procédures de quantification, le sens du nombre, le calcul mental et les transcodages.

La caractéristique de MathEval est la création automatique d'une séquence d'épreuves selon la classe de l'enfant et son niveau au cours du test. Le logiciel s'adapte en fonction des réponses sans l'intervention de l'examineur et fournit instantanément une évaluation finale. Il est tout de même précisé que ces résultats sont à analyser plus finement par l'examineur. Selon les compétences de l'enfant, la séquence d'épreuves varie entre vingt et trente minutes.

- **Le Numeracy Screener** a été développé en 2013 par les docteurs Nosworthy et Ansari de la Western University (Canada) et traduit en français par Lafay et al. en 2017. Il se définit comme un outil de dépistage des difficultés mathématiques, en particulier des habiletés de base du traitement du nombre, pour des enfants de 5 à 9 ans. L'hypothèse des chercheurs repose sur l'idée que les scores de performance aux deux tâches de l'outil prédisent les futures compétences en mathématique. Dans ce but, le Numeracy Screener mesure les forces et les faiblesses de l'enfant dans les habiletés de base.

Ce test s'inscrit dans un courant cognitiviste. Il mesure la capacité de l'enfant à comprendre les nombres et les quantités. Il se compose de deux parties : symbolique et non-symbolique, évaluant respectivement le traitement des nombres arabes et le traitement des quantités analogiques. Les tâches consistent en des épreuves chronométrées de barrage. Ainsi, le temps de passation est particulièrement court, se situant entre deux ou quatre minutes.

- **BMT-i**, ou Batterie Modulaire de Tests informatisée, de la neuropédiatre Billard et de deux orthophonistes, Mirassou et Touzin (2019), publiée par Ortho Edition, sert d'évaluation de première intention pour des enfants souffrant de troubles des apprentissages ou cognitifs. La BMT-i fait suite à la batterie d'Évaluation Des fonctions cognitives et des Apprentissages (EDA) en y apportant des modifications. Sa construction se fonde sur une approche neuropsychologique et cognitiviste. La BMT-i est un test informatisé évaluant les enfants de la MSM à la 5^{ème} soit de 4 à 11 ans. Les professionnels ciblés en particulier sont les médecins. En effet, l'intérêt premier de la BMT-i est la « décision pertinente des évaluations plus spécialisées nécessaires » (Billard, 2019, p. 456). Mais cette batterie peut aussi être utilisée

par les orthophonistes, les ergothérapeutes, les psychomotriciens et les psychologues pour confirmer un diagnostic ou définir des axes de rééducation.

La BMT-i recouvre de nombreux domaines des apprentissages, des fonctions cognitives, attentionnelles et exécutives. Une section est consacrée à la cognition mathématique dans laquelle quatre parties se distinguent : les compétences numériques de base, le système numérique (les connaissances des codes symboliques et des nombres), le calcul et la résolution de problème (Mirassou, 2019). Sa spécificité tient dans sa modularité qui permet à l'examineur de choisir les épreuves de la passation. Ainsi, la durée varie selon les domaines évalués. Le dépistage d'un trouble de la cognition mathématique nécessite environ vingt minutes de passation.

2.2. INTERET DU DEPISTAGE PRECOCE

2.2.1. Sur le plan des apprentissages

De nombreuses études s'étant intéressées au fonctionnement de la cognition mathématique, d'autres recherches se sont interrogées sur le lien entre les habiletés numériques de base et celles plus élaborées. Leur préoccupation est de connaître le moyen de prédire les futures compétences mathématiques d'un enfant (Lyons & Beilock, 2011). Comprendre les mécanismes sous-jacents au développement apporterait des bénéfices tant au niveau de l'enseignement des mathématiques à l'école, qu'au niveau du diagnostic et de la remédiation des troubles.

Tout d'abord, certains chercheurs ont étudié le rôle des gnosies digitales dans l'élaboration des processus numériques chez l'enfant. Les gnosies digitales sont définies par Habib (2018) comme « l'ensemble des fonctions cognitives touchant spécifiquement à la connaissance des doigts en tant que parties spécifiques du corps » (p. 190). Cette habileté participe à la reconnaissance, la discrimination ou l'intégration visuomotrice et sensorielle des doigts (Guedin et al., 2018). Précédemment, nous évoquions l'utilisation des doigts comme stratégie pour les activités de calcul. Ce sont des outils précieux pour construire le concept du nombre et le développement de la base 10 puisqu'ils peuvent représenter la collection ou contrôler la progression du comptage. Lafay et al. (2013) démontrent que l'utilisation des doigts peut constituer une transition entre le système analogique et les systèmes utilisant des codes symboliques. Ainsi, la relation entre un échec aux épreuves des gnosies digitales et l'apparition de troubles de la cognition mathématique a été sondée. Plusieurs études longitudinales ont été réalisées sur les gnosies digitales des enfants. L'une d'elles a mis en

évidence qu'un score déficitaire à 5 ans à des épreuves perceptivo-tactiles (reconnaître ou reproduire des figures avec les doigts) indiquerait des difficultés dans les activités arithmétiques à 8 ans (Fayol, 2017). Une seconde étude précise le caractère prédictif des gnosies digitales comme étant spécifique au domaine mathématique. En effet, cette aptitude semble indépendante du niveau de lecture et du niveau du développement général de l'enfant (Noël, 2005). Enfin, d'autres recherches portent sur les localisations spatiales des aires cérébrales impliquées. Le lien entre l'aspect perceptivo-tactile et les performances numériques serait expliqué par la proximité anatomique des zones cérébrales dédiées à la représentation des doigts et du nombre. Les deux se trouvent dans le lobe pariétal (Houdé & Borst, 2018). Malgré ces nombreuses recherches, des controverses subsistent. Au cours de la même étude, Lafay et al. (2013) mettent en doute la notion de systématisme du processus. Durant leurs observations, ils remarquent que certains enfants n'utilisent pas leurs doigts et développent tout de même des représentations symboliques efficaces. De plus, Guedin et al. (2018) précisent que la présence de troubles moteurs ne mène pas nécessairement à des troubles arithmétiques et inversement.

Parallèlement, des analyses ont porté sur les compétences pré-numériques comme facteur prédictif de la réussite en mathématique. La valeur prédictive des habiletés de subitizing, à comparer des nombres et des collections, et à placer des nombres sur une ligne numérique mentale a été mise en exergue (Lafay et al., 2013). Dans leur étude, Desoete et Grégoire (2006) évaluent des enfants de 5-6 ans puis de 6-7 ans selon des épreuves de subitizing et sur les structures logiques. Leurs résultats montrent que de faibles compétences pré-numériques en maternelle entraînent par la suite des difficultés arithmétiques au Cours Préparatoire (CP). Pour Fayol (2018a), les réussites futures dépendent des activités de comparaisons de quantités. Après un suivi longitudinal de plusieurs centaines d'enfants, il met en évidence une relation significative. Son point de vue est partagé par Houdé et Borst (2018) pour qui, tester le sens du nombre par des nuages de points est essentiel, et ce dès la maternelle. En effet, un sens précoce de l'approximation du nombre va permettre à l'enfant d'acquiescer les notions de comptine numérique et de cardinalité plus aisément. Cela lui assurera une meilleure réussite lors de l'entrée dans les apprentissages fondamentaux des cycles scolaires suivants. Enfin, une étude portant sur l'intérêt de l'orientation sur la LNM a été réalisée par Lyons et Beilock (2011). Elle a révélé que les personnes ayant les meilleures capacités à ordonner les nombres arabes sont les mêmes que ceux ayant les meilleures

performances en calcul mental. Ramani, et Siegler (2011) ajoutent qu'améliorer la linéarité de la LNM permettrait de progresser dans les activités numériques.

En dernier lieu, certains auteurs ont étudié le repérage d'une déviance pathologique chez les enfants présentant des difficultés en mathématique. En 2011, Geary a mené une étude longitudinale en distinguant trois groupes : les enfants pathologiques (les 10% les plus faibles), les enfants fragiles (ceux entre 10% et 25%) et les enfants dans la norme (ceux au-dessus de 25%). Les résultats montrent que le niveau en mathématique des enfants fragiles et pathologiques sont similaires jusqu'à la classe de CE2. Les deux groupes présenteront des difficultés dans l'apprentissage des procédures de dénombrement et des opérations. Les enfants fragiles accéderont à ces performances au prix de plus de temps et de pratique que les enfants dans la norme. Tandis que les enfants pathologiques seront empêchés de rattraper leur retard par les nombreuses acquisitions manquées (subitizing, repérage sur la LNM, mémorisation des faits arithmétiques). Par ailleurs, des chercheurs évoquent qu'une intervention précoce basée sur un entraînement ciblé permet aux enfants ayant des difficultés mathématiques ou atteint d'un Trouble Spécifique des Apprentissages Mathématiques (TSAM) d'augmenter leurs performances (Fayol, 2018a). En outre, rappelons que malgré les nombreux signes repérables dès la maternelle, le diagnostic de TSAM est rarement posé avant l'âge de 8 ans (Ménissier, 2015). Ainsi, il nous semble important de procurer à tout enfant présentant précocement des difficultés en mathématique un programme spécifique à ses difficultés. Ceci afin, d'essayer de stopper l'accumulation des retards pouvant s'avérer être le signe d'un trouble sévère.

2.2.2. Sur le plan cérébral

Au niveau de la structure du cerveau, plusieurs études décrivent un centre cérébral du sens du nombre à l'aide des données de neuro-imagerie. Ce centre se localise dans une portion du cortex pariétal, le sillon intra-pariétal (Habib, 2018). Cette région est systématiquement activée lors d'activités de comparaisons, que le traitement concerne une représentation symbolique ou non-symbolique de la magnitude du nombre. Dehaene (2010) considère cette observation comme la preuve que le sillon intra-pariétal abrite le module du nombre. D'un point de vue neurodéveloppemental, les mêmes activations cérébrales se retrouvent chez le bébé, l'enfant et l'adulte (Houdé & Borst, 2018). Néanmoins, l'adulte active plus spécifiquement les régions pariétales supérieures par rapport à l'enfant. Ceci suggère qu'un

système basique du traitement du nombre préexiste et évolue au cours des apprentissages (Habib, 2018).

Le cerveau présente une certaine constance dans les étapes de son développement durant la période prénatale. Par la suite, son évolution dépend de l'environnement et se caractérise par la plasticité cérébrale. Cette notion se définit comme « l'ensemble des changements qui concernent différentes régions du cerveau et qui s'opèrent sous l'influence de facteurs de l'environnement » (Habib, 2018, p. 40). La découverte de cette propriété a bouleversé la conception des apprentissages en suggérant que chaque enseignement peut entraîner une modification des réseaux neuronaux. Ces modifications s'observent particulièrement durant l'enfance. Le chercheur Dehaene (2015) expose la notion de période critique comme étant une fenêtre temporelle pendant laquelle la capacité plastique du cerveau est à son plus haut niveau. L'existence de périodes critiques implique que certains comportements doivent impérativement être stimulés précocement.

Ces notions de plasticité et de période critique incitent au repérage précoce. Repérer les enfants à risques le plus tôt possible permet aux interventions menées de bénéficier de la période optimale de la réorganisation du cerveau.

2.2.3. Sur le plan émotionnel

Précédemment, nous relevions le fait que 21% des élèves évalués par le PISA présentaient des difficultés en mathématique (OCDE, 2019). De ce même programme, Fayol (2018a) relève que 20% des adolescents, tout pays confondu, développent des sentiments négatifs vis-à-vis de la mathématique, allant de l'anxiété jusqu'à la phobie.

L'anxiété mathématique se définit comme un « sentiment d'appréhension qui interfère dans les activités impliquant le traitement d'informations numériques » (Vilette et al., 2017, p. 199). Ce sentiment est reconnu comme spécifique au domaine mathématique (Fayol, 2018b). Malgré ce caractère avéré, son étiologie est source de divergence. Deux hypothèses s'opposent sur la relation entre l'anxiété et les difficultés mathématiques.

La première proposition repose sur la présence initiale d'une anxiété mathématique élevée qui impacte les performances de l'enfant. Le niveau d'anxiété est tel que des ruminations mentales apparaissent. Selon Boimare (2019), à cause de « la peur d'apprendre et de sa conséquence majeure, l'empêchement de penser, [...] les enfants concernés n'ont plus les moyens de se servir normalement de leur intelligence » (p. 10). Ces pensées parasites

diminuent les ressources de mémoire de travail disponible et provoquent un déficit des performances en mathématique (Ramirez et al., 2012). Ces difficultés s'accroissent de manière exponentielle dans le temps en lien avec la complexité croissante des apprentissages. Ainsi, l'anxiété mathématique ne se manifeste qu'en fin d'école primaire avec l'apparition des activités élaborées.

La deuxième démonstration indique qu'en premier lieu apparaît un déficit dans le traitement numérique élémentaire. Selon Maloney et al. (2011), c'est ce déficit qui impacte les performances numériques et engendre l'anxiété mathématique. La conséquence sur la mémoire de travail n'est que secondaire. Ainsi, l'anxiété mathématique émerge dès le début des apprentissages scolaires. Selon cette hypothèse, l'anxiété provoque des signes d'anticipation et des évitements à la situation d'apprentissage. Ces processus de défense occasionnent une diminution de la pratique arithmétique aggravant le retard de l'enfant et sa démotivation (Fayol, 2018b). En outre, une dimension sociale renforce cette spirale de l'échec. L'enfant est sensible au jugement de ses pairs, de ses parents et de son enseignant. Pour Houdé et Borst (2018), le rapport qu'un professeur a, vis-à-vis de la mathématique peut se transmettre à ses élèves affectant leur développement numérique. Cependant, peu d'études retracent le rôle de l'aspect social dans le processus des apprentissages mathématiques.

Ces nombreuses études analysent les performances et l'anxiété des élèves à différents âges à l'aide de questionnaires. Une étude récente de Vilette et al. (2017) conclut que l'anxiété mathématique est aussi bien liée aux habiletés élémentaires qu'aux habiletés plus élaborées. Ces résultats confirment la théorie selon laquelle les difficultés précèdent l'anxiété. Pour eux, les divergences des résultats selon les études tiennent d'un effet de genre. En effet, les analyses indiquent que les filles sont significativement plus touchées par l'anxiété mathématique que les garçons malgré des résultats similaires.

Après avoir retracé le développement logique et numérique de l'enfant, puis argumenté l'intérêt d'un dépistage précoce des difficultés, nous allons évoquer le partenariat entre les médecins et les orthophonistes. Ces deux professionnels de santé sont au cœur du suivi de l'enfant présentant des difficultés sévères en mathématique.

3. PARTENARIAT ENTRE MEDECINS ET ORTHOPHONISTES

3.1. LE ROLE DU MEDECIN

En 1978, l'OMS définit la médecine générale comme un service « de soins primaires, s'adressant de façon globale à un individu dans son milieu naturel sans distinction de sexe,

d'âge ou de pathologie et assurant un recours continu et permanent ». En 1998, sept caractéristiques sont ajoutées à la définition :

- **Générale** : Il n'existe aucune restriction pour bénéficier des soins. Aucun individu n'est exclu ni aucune plainte concernant la santé.
- **Continue** : Le soin est centré sur la personne et s'étend sur de longues périodes de vie.
- **Globale** : Tous les types de soins (préventifs, curatifs, de réhabilitation, palliatifs) et l'éducation pour la santé font partie de la médecine générale, ainsi que les aspects humains et éthiques de la relation médecin-patient.
- **Coordonnée** : Le médecin peut orienter le patient vers un autre professionnel de santé.
- **Collaboratrice** : La médecine générale implique des échanges avec les autres professionnels de santé et les acteurs sociaux.
- **Orientée vers la famille** : L'analyse tient compte du contexte familial, social et culturel de l'individu.
- **Locale** : Le médecin a connaissance des besoins sanitaires du secteur.

En 2011, la World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners/Family Physician (WONCA) a proposé une nouvelle définition d'ordre européen du rôle du médecin généraliste. Elle regroupe différentes habiletés en six compétences fondamentales :

- La gestion des soins de santé primaires
- Les soins centrés sur la personne
- L'aptitude spécifique à la résolution de problèmes
- L'approche globale
- L'orientation communautaire
- L'adoption d'un modèle holistique

Cette représentation du médecin généraliste présente de nombreux aspects similaires à celle de l'OMS. Cependant, la WONCA l'enrichit de deux nouvelles habiletés. Premièrement, le médecin se doit d'être acteur de la responsabilisation du patient. Particulièrement dans le cadre de soins longitudinaux, le médecin aura pour objectif d'éduquer le patient à l'autogestion. Secondairement, le médecin s'implique dans la santé publique. Il effectue des actes de prévention primaire, secondaire ou tertiaire. Ces actions concernent la collectivité.

3.2. DES PROFESSIONNELS DE SANTE UNIS

3.2.1. Le parcours de soin du patient

Au cours des premières années de vie, un enfant est soumis à des examens médicaux obligatoires. Dans le code de la santé publique (2019), l'article R2132-1 présente vingt examens ayant lieu avant les 16 ans de l'enfant, dont trois examens entre 4 et 6 ans. Ces rendez-vous obligatoires permettent aux médecins de suivre le développement de l'enfant. Ce sont des temps privilégiés pour des actes de prévention comme le repérage – entre autres – de difficultés préscolaires. En effet, comme les orthophonistes, les médecins ont une responsabilité vis-à-vis de la santé publique. Les deux professionnels de santé se doivent de proposer des actions préventives à la population. Le repérage précoce de signes d'alerte permet d'éviter l'installation des difficultés dans le temps. La première réaction face aux difficultés d'apprentissage est d'ordre pédagogique. L'enseignant propose une réponse personnalisée face aux difficultés de l'enfant, par des entraînements intensifs et redondants, individuels ou en petits groupes.

Lorsque les actions pédagogiques sont insuffisantes pour pallier les difficultés de l'enfant, un parcours de soin commence. Ce suivi associe différents professionnels de santé aux parents et aux professeurs déjà impliqués dans la vie de l'enfant. Les étapes sont ajustées selon un ordre précis : dépistage, diagnostic, planification des soins, réajustements des approches pédagogiques, réévaluation des objectifs thérapeutiques et moyens rééducatifs. Il est important que « l'enfant et sa famille participent activement à ce processus, accompagnés par les professionnels de l'éducation et de la santé » (la HAS, 2017). Un diagnostic précoce et une prise en charge adaptée peuvent prévenir les conséquences fonctionnelles dues aux troubles tels que les retentissements sur la vie quotidienne ou scolaire, voire sur l'avenir professionnel. Ainsi, un parcours approprié aux troubles représente un enjeu pour de nombreux acteurs : les patients, leur famille, les professionnels, la santé publique, l'école, et la société. Ces enjeux sont autant individuels (diagnostic posé précocement, projet de vie adapté) que collectifs (coûts des soins, inégalités face à la santé).

En décembre 2017, la Haute Autorité de Santé a publié des recommandations pour l'amélioration du parcours de soin des enfants présentant un Trouble des Apprentissages. Ses préconisations se concentrent sur une meilleure coordination des actions pédagogiques, médicales, paramédicales, psychologiques, sociales, et familiales. Trois niveaux d'intervention jalonnent ce parcours selon la sévérité du trouble. Le premier niveau

correspond au suivi des difficultés par le médecin traitant en lien avec les rééducateurs et l'équipe éducative. Au cours de cette étape, la démarche diagnostique se compose d'une anamnèse, un examen clinique, un diagnostic, une prise en charge thérapeutique et des adaptations pédagogiques. De fréquents temps d'échanges sont proposés à l'enfant et à sa famille. Le deuxième niveau survient lorsque l'intervention ne suffit pas. Ce niveau cible le travail de plusieurs professionnels de santé pour apporter une prise en charge holistique à l'enfant en souffrance. Sous la coordination du médecin responsable du projet de soins, les professionnels impliqués peuvent organiser leurs actions. Enfin, le troisième niveau concerne la prise en charge au sein d'un centre de référence pour les troubles du langage et des apprentissages. Ces centres assurent des consultations par des équipes pluridisciplinaires. Ils constituent la réponse ayant le plus haut niveau d'expertise pour les situations les plus complexes.

3.2.2. La coopération interprofessionnelle

Précédemment, nous avons énoncé que la coordination des soins est réalisée par le médecin généraliste. Ce rôle assure l'efficacité des soins par la synthèse et la transmission des informations aux professionnels de santé (WONCA, 2011). Par conséquent, la relation entre le médecin et les différents acteurs du réseau de soin est essentielle. Il existe différents niveaux de proximité entre les professionnels allant du travail d'équipe idéal, la « collaboration », jusqu'à l'absence de contact, la « non-coopération ». Le niveau intermédiaire est le « prestataire de services ». Dans ce cas, la communication se fait essentiellement à travers l'ordonnance. Nombreux acteurs paramédicaux entretiennent ce type de relation avec les médecins généralistes (la HAS, 2017).

Selon l'article L4341-1 modifié par la loi n°2016-41 du code de la santé publique (2016), « les orthophonistes ne peuvent pratiquer leur art que sur ordonnance médicale ». Ce cadre implique que la relation entre médecin et orthophoniste peut prendre l'aspect de « prestataire de service ». En effet, le déroulement d'une prise en charge orthophonique s'effectue selon un même schéma. Tout d'abord, le patient consulte son médecin. En fonction de sa plainte, il obtient une prescription médicale pour un bilan orthophonique et une rééducation si nécessaire ou un bilan d'investigation. Le patient peut alors se présenter dans un cabinet orthophonique. L'orthophoniste réalise un bilan avec l'outil d'évaluation de son choix et pose le diagnostic. À la suite de ce bilan, l'orthophoniste se doit de rédiger un compte-rendu et de le faire parvenir au médecin prescripteur afin de l'informer du diagnostic

et du projet thérapeutique mis en place (Ministère des solidarités et de la santé, 2018). Si l'orthophoniste juge qu'une prise en charge est nécessaire, il pourra la mener en choisissant l'intitulé de l'acte, en fonction de la Nomenclature Générale des Actes Professionnels (NGAP), et le nombre de séances. Ainsi, lors d'un suivi, les contacts entre le médecin prescripteur et l'orthophoniste sont souvent limités.

Le médecin généraliste est le principal prescripteur de l'orthophoniste et donc son interlocuteur privilégié. Pourtant, des méconnaissances persistent. En 2005, moins de 55 % des médecins généralistes rédigeaient une prescription en accord avec la nomenclature, c'est-à-dire « bilan orthophonique avec rééducation si nécessaire » (Monrocq, 2005). D'autres obstacles viennent entacher la relation entre médecin et orthophoniste.

3.3. LA MISE EN RELATION DES PROFESSIONNELS

3.3.1. La formation des médecins

Au cours de la formation initiale des médecins, l'orthophonie est évoquée ponctuellement. Les aspects de la rééducation dans le handicap, le travail langagier dans les atteintes neurologiques, les troubles vocaux et les modalités de prescription sont intégrés de manière officielle dans les études médicales. Certaines facultés mentionnent la pratique orthophonique dans d'autres modules. Aucune obligation n'est inscrite dans les textes officiels. C'est pourquoi, l'orthophonie peut apparaître dans plusieurs unités d'enseignement : la médecine physique ré-adaptative, la neurologie, l'oto-rhino-laryngologie, la pédiatrie ou la psychiatrie. Le choix dépend de la faculté. Ainsi, en sortant de ses études, un médecin connaît rarement tous les secteurs d'intervention d'un orthophoniste (Boisnault, 2018).

Comme tout professionnel de santé, le médecin a pour obligation morale de se former tout au long de sa vie professionnelle. La formation continue peut s'effectuer par le biais d'articles, de formations médicales, de formations interprofessionnelles, de fascicules ou toute autre source d'informations. Tout au long de son parcours, le médecin peut approfondir ses connaissances sur l'orthophonie.

D'après une enquête de la HAS sur les pratiques des professionnels de santé (Berland et al., 2007), leurs formations offrent actuellement peu de passerelles. De plus, peu de formations intermédiaires existent entre les professions médicales et paramédicales. À la rentrée 2020, de nouvelles modalités modifieront l'accès aux études de santé. Auparavant, la Première Année Commune aux Études de Santé (PACES) servait de porte d'entrée aux études de maïeutique, médecine, odontologie, kinésithérapie et pharmacie. À l'avenir, plusieurs

parcours mèneront à ces études de santé. Un étudiant choisira d'intégrer une licence avec une option « accès santé » (L.AS) ou un parcours spécifique « accès santé » avec une option d'une autre discipline (PASS). Cette transformation majeure des études médicales vise différents objectifs. Parmi eux, nous retenons le souhait de « décloisonner les filières de santé et permettre des temps de formation en commun » (Vidal, 2019). Enrichir les connaissances des étudiants médicaux par d'autres disciplines nous semble intéressant. Leur pratique et leurs relations futures avec les autres professionnels de santé en seront peut-être améliorées.

3.3.2. La collaboration encouragée

Comme nous venons de le soulever, une réforme des études de soins tend à développer, et ainsi à encourager, les relations interprofessionnelles. À la suite de son enquête (Berland et al., 2007), la HAS conclut que l'amélioration de la coopération interprofessionnelle impliquerait une amélioration de la qualité de soin. En effet, favoriser le développement de l'éducation thérapeutique et privilégier la prise en charge des patients par des professionnels paramédicaux augmenteraient l'efficacité du système de santé. Les intérêts d'une meilleure collaboration concernent aussi bien les professionnels que les patients. Effectivement, elle participerait au dépistage précoce, à une prise en charge adaptée et à un enrichissement des connaissances des spécialistes. En outre, une collaboration favorable est profitable à la société. Elle participe à l'économie des dépenses grâce à l'efficacité des soins qui réduit la durée des prises en charge. De nombreux moyens sont mis en œuvre pour favoriser le partenariat interprofessionnel, ce qui prouve son importance.

Premièrement, plusieurs documents sont libres d'accès sur le site du Ministère des Solidarités et de la Santé (2018, mars). Ces documents adressés aux médecins, traitent des troubles des apprentissages. Tous évoquent les troubles du langage et des apprentissages mais certains ne mentionnent pas les troubles mathématiques. Une brochure est proposée par la société française de pédiatrie. Elle est intitulée : « Difficultés et troubles des apprentissages chez l'enfant à partir de 5 ans ». Cette brochure pose les connaissances de base nécessaires à la compréhension de ces troubles. Ainsi, nous y trouvons une définition des troubles, les étapes du développement attendues, les signes d'alerte et des consignes pour l'orientation de l'enfant selon les difficultés repérées. Un autre document conçu par la société française de pédiatrie nommé : « Les tests de repérage et de dépistage en pratique médicale de ville » référence les outils accessibles aux médecins pour évaluer les troubles des apprentissages chez des enfants jusqu'à 6 ans. Seule l'Épreuve de Repérage des Troubles du Langage et des

Apprentissages à 6 ans (ERTLA6) inclut un item concernant les capacités logiques. Aucun autre outil ne mesure les acquisitions mathématiques des jeunes enfants.

En parallèle, certains arrêtés et certaines lois encouragent le partenariat entre les orthophonistes et les médecins. En 2000, le rapport Ringard préconise l'implication des médecins dans le dépistages des troubles dyslexiques et dysphasiques. En 2002, la loi n° 2002-322 du code de la sécurité sociale met en place l'Accord de Bon Usage des Soins (ACBUS), une nouvelle convention entre l'Assurance Maladie et les professionnels de santé libéraux. Pour les orthophonistes, un avenant à la convention est signé dans lequel l'ACBUS propose la formalisation de la structure rédactionnelle des comptes rendus orthophoniques. Différentes parties sont à renseigner : l'identification du patient et le destinataire du bilan, l'anamnèse, le bilan orthophonique, le diagnostic orthophonique et le projet thérapeutique. L'objectif est l'amélioration de la prise d'informations par le médecin prescripteur concernant le bilan réalisé et la prise en charge orthophonique. Ceci facilitant le lien entre le médecin prescripteur et l'orthophoniste. Enfin, comme nous l'avons précédemment citée, la HAS publie en 2017, un guide traitant du parcours de santé de l'enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages. Il met en exergue le rôle des médecins et celui des orthophonistes dans la démarche de dépistage et de diagnostic de ces enfants.

En conclusion, les relations entre les médecins et les orthophonistes pourraient être améliorées ; une collaboration prodiguerait de nombreux avantages. Ce partenariat pourrait démarrer par le dépistage précoce des enfants présentant des difficultés importantes en mathématique. Actuellement, il n'existe pas d'outil adapté à la pratique médicale et prenant en compte les découvertes récentes. À partir de ce constat, nous avons choisi d'élaborer un outil répondant à toutes ces conditions.

PARTIE METHODOLOGIE

1. HYPOTHESES ET OBJECTIFS DE TRAVAIL

Précédemment, nous avons évoqué de nombreuses études soulignant l'acquisition mathématique précoce chez le bébé et le jeune enfant, ainsi que la présence de difficultés pour certains.

Or, lors de nos stages, nous avons remarqué que nombreux orthophonistes déplorent un âge de diagnostic trop tardif chez les enfants présentant des troubles de la cognition mathématique. Cette constatation nous a poussée à interroger directement les orthophonistes quant à l'âge de diagnostic des enfants présentant des troubles de la cognition mathématique. Dans ce but, nous avons conçu l'an dernier, une courte enquête réalisée sous forme d'un questionnaire. Diffusée sur un réseau social, cette enquête s'adresse uniquement aux orthophonistes exerçant en France (métropolitaine et ses territoires d'outre-mer) et prenant en charge régulièrement des troubles de la cognition mathématique. Vingt-deux orthophonistes ont participé à cette enquête. La réalité du terrain représentée par les données recueillies montrent que 66,7% de ces orthophonistes estiment que le niveau scolaire de dépistage est trop tardif, 19% le pensent trop précoce, 9,5% acceptable et 4,8% n'ont pas d'avis sur la question.

Malgré le nombre de réponses trop faible et l'utilisation d'un réseau social comme unique moyen de diffusion, les réponses à cette enquête mettent en évidence une tendance. Effectivement, la prévention semble importante pour améliorer le parcours de soin menant un enfant présentant de sévères difficultés en mathématique jusqu'à une consultation en orthophonie. Le professionnel chargé de l'orientation des patients est le médecin. Sa méconnaissance des champs de compétences des orthophonistes pour la prise en charge des difficultés en cognition mathématique paraît gêner l'orientation du patient. Il mérite un intérêt particulier.

Quelques mémoires orthophoniques témoignent de l'intérêt d'une sensibilisation des professionnels de première ligne. Ces travaux proposent des plaquettes ou des sites informant essentiellement les professeurs des écoles ou les médecins sur la définition des troubles de la cognition mathématique, les signes d'alerte à repérer et les démarches à tenir.

Certains outils présentés dans notre partie théorique, constituent aujourd'hui une première réponse au dépistage de ces jeunes enfants en difficulté dans les acquisitions

numériques et logiques. Pourtant, un seul outil est destiné spécifiquement aux médecins pour ce type de dépistage, la BMT-i. Seulement, ce test ne s'adapte pas suffisamment au contexte d'une visite médicale. Il nécessite l'utilisation d'un ordinateur et une durée de passation d'environ vingt minutes. Il s'agit de deux contraintes gênant un emploi simple lors d'un rendez-vous médical.

Ces constats nous ont amenée à élaborer la problématique suivante : Comment permettre aux médecins de repérer rapidement d'éventuelles difficultés de la cognition mathématique chez un jeune enfant ?

Pour répondre à cette problématique, et participer à l'amélioration du parcours de soin de l'enfant en difficulté, deux hypothèses se sont dégagées :

1. L'utilisation d'une grille d'observation papier est un matériel adapté à la pratique médicale permettant d'améliorer le dépistage précoce d'enfant présentant des difficultés de la cognition mathématique.
2. La grille permet aux médecins d'évaluer la nécessité d'orienter un enfant vers un bilan orthophonique.

Pour vérifier ces hypothèses, nous nous sommes fixé quatre objectifs :

- Dresser la liste des compétences logiques et numériques qu'un enfant de 4-5 ans est en mesure de présenter.
- Mesurer le besoin des médecins d'un outil de dépistage.
- Créer un outil en fonction des acquisitions de l'enfant à évaluer et des attentes des médecins.
- Analyser avec l'aide de médecins, les avantages de l'outil, ainsi que les modifications à y apporter.

Les étapes de notre démarche suivent ces quatre objectifs. Ainsi, notre travail d'élaboration répond à une démarche scientifique déductive. Nous partons des concepts mis en évidence lors de notre recherche bibliographique et des réponses apportées par les médecins sur leur pratique via un questionnaire. Puis, pour valider les hypothèses énoncées précédemment, nous construisons un outil évaluant les critères identifiés dans la littérature et répondant aux besoins des médecins. Finalement, nous proposons une mise en pratique en soumettant l'outil de dépistage à la validation de médecins. Leur analyse permet de vérifier si l'outil correspond à leurs attentes. En fonction, nous procédons à des réajustements.

2. CHOIX PRELIMINAIRES

2.1. LE CHOIX DE LA POPULATION

2.1.1. Patients ciblés

Cette étude est axée sur les enfants âgés de 48 à 60 mois, scolarisés en Moyenne ou Grande Section de Maternelle, et présentant une plainte des acquisitions mathématiques et/ou logiques. Ce niveau scolaire a été ciblé car il s'agit de la période précédant l'entrée dans les apprentissages fondamentaux.

Cette étude ne prend pas en compte les enfants présentant un trouble sensoriel, un trouble moteur, une déficience intellectuelle avérée, une lésion cérébrale acquise ni les enfants ayant bénéficié ou bénéficiant d'un suivi orthophonique.

2.1.2. Professionnels ciblés

Notre travail étudie l'amélioration du dépistage et l'orientation précoce des enfants susceptibles de présenter des difficultés mathématiques et logiques vers les orthophonistes. Nous avons donc choisi de cibler l'étude sur les médecins.

Comme évoqué précédemment, les orthophonistes exercent sur prescription médicale. Toute intervention orthophonique nécessite donc une ordonnance prescrite en amont par un médecin. Avec cette ordonnance, l'orthophoniste peut effectuer un bilan, qui confirme la nécessité d'une prise en charge. De ce fait, les médecins constituent des acteurs de première ligne. Leur permettre de mieux repérer les plaintes des acquisitions mathématiques et logiques, puis de dépister les enfants nécessitant une orientation orthophonique constitue le but de notre action.

2.2. LES PRINCIPES GENERAUX DU CADRE D'UTILISATION

2.2.1. Cadre d'utilisation de l'outil

Cet outil est conçu dans le cadre d'une méthode descriptive, qui consiste en l'observation de comportements en situation. Le but est que l'observation s'effectue en quelques minutes et détaille tous les aspects du domaine mathématique liés à l'âge de l'enfant.

Notre objectif est que l'outil puisse être proposé à un large éventail de médecins. Il est ainsi nécessaire que le support soit clair, concis, et rapidement accessible. Un temps trop important consacré à comprendre le fonctionnement du support nuirait sans doute à la motivation et l'intérêt pour l'outil.

2.2.2. Protocole d'observation

Nous avons opté pour la méthode de l'observation car elle présente de nombreux avantages. Coutu et al. (2005) en présentent trois. L'observation des comportements d'un sujet permet l'obtention de résultats objectifs. En effet, la part de perceptif provoquant la subjectivité de l'examineur est moins marquée dans l'observation, qu'avec des questionnaires ou des échelles remplis par le patient. De plus, l'observation permet la remise en contexte du comportement ce qui peut apporter des informations supplémentaires à l'analyse. Enfin, cette méthode est particulièrement prisée dans l'identification des capacités et des difficultés de l'enfant.

Afin de définir les paramètres de passation, nous retiendrons les quatre critères proposés par Norimatsu et Pigem (2008) pour les choix préliminaires à l'observation directe : l'environnement de l'observation, la spontanéité du comportement, les supports matériels et la relation observateur-observé.

Nos choix sont réalisés en fonction d'un objectif principal, à savoir la meilleure adaptation possible à la pratique du médecin. Ainsi, l'observation se déroule au sein du cabinet médical. C'est un lieu propice à l'expérimentation où les paramètres environnementaux sont maîtrisés. Il s'agit également d'un endroit présentant la possibilité de provoquer un comportement qui serait difficilement observable dans le milieu de vie. Ce dernier point révèle notre choix pour la spontanéité du comportement, lequel sera provoqué par une mise en situation. Cette méthode assure l'observation du comportement cible dans le temps limité de la visite médicale. En ce qui concerne le matériel, nous optons pour la simplicité du papier-crayon avec le support d'une grille, résumant les comportements à observer et les items servant à les faire émerger. Cette manière d'enregistrer les données a l'avantage d'être simple d'utilisation, sans risque de panne de matériel et peu coûteuse. De plus, ces paramètres de passation encouragent la participation à une expérimentation (Norimatsu & Pigem, 2008). Enfin, la question de la relation observé-observateur a abouti au choix d'une observation non-participante. Avec cette technique de recherche, le médecin observe le sujet sans prendre part à la situation. Ceci l'empêche de perturber le fonctionnement habituel de la situation et privilégie son objectivité.

2.3. REFLEXIONS PREALABLES A L'ELABORATION

2.3.1. Analyse quantitative ou qualitative

Une valeur quantitative comme résultat à la passation de la grille a été écartée pour deux raisons. Tout d'abord, tous les items ne peuvent être quantifiables, notamment ceux évaluant les structures logiques. Ensuite, selon la passation, le nombre d'épreuves présentées diffère. Ainsi, proposer une note finale chiffrée semble difficile.

Néanmoins, nous nous sommes questionnée sur une proposition de résultats visibles et compréhensibles par tous, médecins et familles. Pour cela, nous avons décidé de joindre un diagramme qui se lie à l'arbre décisionnel afin de représenter les capacités de l'enfant.

2.3.2. Interprétation des données obtenues

Notre outil a pour projet de questionner les capacités d'un enfant suite à une plainte. Il ne s'agit en aucun cas d'un outil pour diagnostiquer un trouble. Les résultats se veulent être une confirmation des suspicions de la famille ou du médecin, ceci pour déboucher sur des solutions adaptées à la situation. Dans le cas où l'outil établit un profil comme étant alarmant, un diagnostic ne pourra être posé qu'à la suite d'un bilan orthophonique approfondi.

3. CONTACTS AVEC LES MEDECINS

3.1. LE QUESTIONNAIRE PREALABLE

3.1.1. Principes

L'objectif visé par ce questionnaire est l'état des lieux de la place du développement mathématique et logique dans le suivi médical du jeune enfant. Il s'agit d'un questionnaire à destination des médecins généralistes, scolaires, des médecins de la Protection Maternelle et Infantile (PMI) et des pédiatres. Il se présente en deux parties : des questions sur le médecin participant à l'enquête puis des questions sur sa pratique.

3.1.2. Mode de collecte des données

Afin de recueillir les données, nous avons choisi de réaliser un questionnaire car il permet de cibler les notions que nous souhaitons aborder. Pour l'administrer, nous avons réalisé un questionnaire en ligne à l'aide du logiciel LimeSurvey puis diffusé sur un réseau social. Cette méthode a permis d'optimiser le nombre de réponses et de couvrir une grande étendue géographique tout en limitant les coûts.

3.1.3. Contraintes et précautions méthodologiques

Ce questionnaire se devait d'être rapide à administrer car les professionnels interrogés ne disposent que de quelques minutes à accorder pour ce type d'étude. Par conséquent, nous avons opté pour un format court : une durée n'excédant pas cinq minutes, explications comprises.

Nous avons ensuite travaillé sur la formulation des questions. Il était primordial que celles-ci soient compréhensibles par tous. Nous avons choisi un vocabulaire simple, ayant une signification identique pour tous ainsi que des phrases courtes et simples (pas de phrase à la voie passive ni de forme négative).

Nous avons décidé de présenter au sein de notre enquête des questions fermées, pour lesquelles le participant doit choisir parmi des réponses données. Nous avons ajouté pour chaque question des espaces libres permettant de compléter leurs réponses.

Une fois les questions formulées, il a fallu les enchaîner selon un ordre précis. Tout d'abord, il s'agissait de commencer le questionnaire par une présentation sommaire du praticien (type d'exercice, nombre d'années d'expérience, lieu d'exercice). Ensuite, nous avons questionné la place que prend l'exploration des apprentissages scolaires lors d'une visite médicale pour un enfant de 4-5 ans, puis la place de la mathématique. Pour finir, nous évoquons la notion de difficultés mathématiques chez l'enfant de 4-5 ans. Nous interrogeons le médecin sur sa manière de réagir s'il se trouve confronté à cette plainte et son intérêt pour un outil de dépistage.

3.2. LES RETOURS SUR L'OUTIL

Notre objectif principal est l'élaboration d'un outil de dépistage pour les médecins. Afin de nous assurer de l'adaptabilité de notre outil à la pratique médicale lors de consultations, nous l'avons testé.

Pour cela, nous avons contacté des médecins généralistes de notre connaissance. Nous leur avons proposé de participer à notre étude.

Par la suite, nous avons fourni notre outil aux praticiens participants. Après avoir analysé l'ensemble des documents de notre outil, ils ont effectué un retour par appels téléphoniques. Nous avons échangé individuellement et librement sur leurs impressions, plus précisément sur les avantages et les contraintes de l'outil.

RESULTATS

1. LE QUESTIONNAIRE PREALABLE

Ce questionnaire a reçu vingt-cinq réponses complètes, uniquement par des médecins généralistes (84%) et des pédiatres (16%). Leur temps d'exercice varie entre : moins de 5 ans (32%), entre 5 et 15 ans (40%), et plus de 15 ans (28%). La zone géographique où ils exercent s'étend sur seize départements français.

Notre première interrogation : sonder l'intérêt qu'un médecin porte à la question des apprentissages scolaires durant la visite médicale d'un enfant de 4-5 ans. Il apparaît que 40% des médecins interrogent systématiquement la question des apprentissages scolaires, 52% posant la question parfois et 8% rarement.

Par la suite, nous questionnons la place du domaine mathématique dans leur suivi, les résultats sont tout autres. Seuls 4% des médecins évoquent systématiquement la mathématique lors d'une visite médicale pour un enfant de 4-5 ans (32% parfois, 28% rarement et 36% jamais).

Nous avons ensuite cherché à connaître la réaction qu'adopterait un médecin à l'observation de difficultés importantes dans le domaine mathématique pour un enfant de 4-5 ans, nous présentons les résultats obtenus dans la figure suivante.

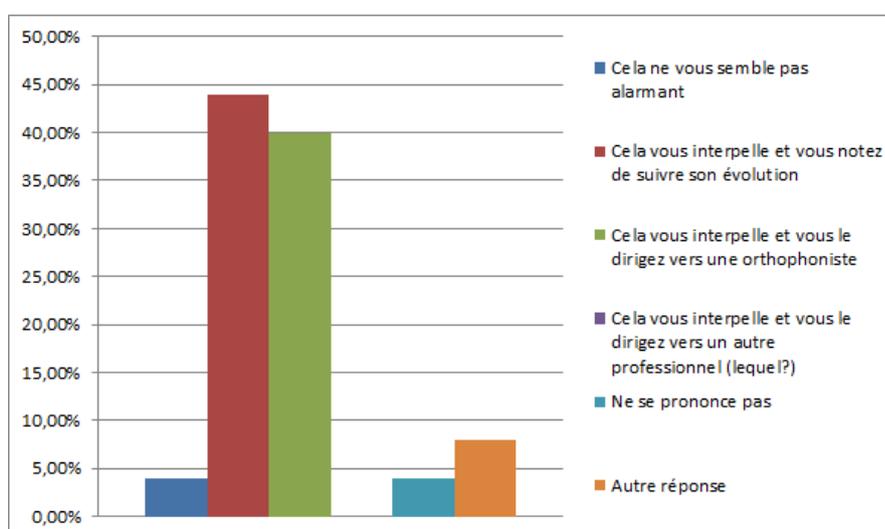


Figure 1 : Répartition des réponses des médecins à la question : « Lorsque vous observez des difficultés importantes dans le domaine mathématique pour un enfant de 4-5 ans, de quel ordre est votre réaction ? »

Ainsi, face à un enfant qui présente des difficultés importantes en mathématique, 40% des médecins évoquent l'orthophonie comme recours et 44% choisissent l'option d'attendre pour suivre son évolution. Seuls 4% déterminent que cette situation ne semble pas alarmante.

Pour finir, nous leur avons proposé une utilisation hypothétique d'une grille d'observation en situation pour analyser le niveau mathématique de l'enfant en peu de temps. 72% des médecins interrogés sont intéressés par un outil de dépistage spécifique au développement mathématique. Cependant, une partie de ceux-ci (38,9%) évoquent des conditions à l'élaboration d'un tel outil. Selon eux, l'utilisation d'une grille d'observation en situation doit suivre les caractéristiques suivantes : la passation doit durer bien moins de dix minutes, une rémunération spécifique en cas de passation et que la consultation soit centrée sur la plainte du domaine mathématique.

Les médecins ne présentant pas d'intérêt pour un outil de ce type (28%) citent les raisons de leur refus. Ils évoquent un nombre trop important de grilles pour les pathologies, un temps de consultation insuffisant et un manque de compétence dans l'utilisation d'un outil.

Ainsi, ces résultats mettent en exergue deux assertions : une majorité des médecins n'évoque pas d'emblée la question des apprentissages mathématiques et logiques au cours des visites médicales et nombre d'entre eux sont intéressés par un outil pour dépister d'éventuelles difficultés en mathématique. Autrement dit, la création d'une grille d'observation en situation peut répondre à la demande des médecins quant au dépistage des difficultés mathématiques et logiques d'un jeune enfant. Au cours de l'élaboration, nous avons essayé autant que possible de prendre en compte les conditions formulées par les participants.

2. ÉLABORATION DE LA GRILLE

2.1. PRINCIPE

Cette étude consiste en la création d'un outil dont le rôle vise l'amélioration du parcours de soin par le dépistage des difficultés mathématiques et logiques chez les enfants de 4-5 ans (cf. annexe 3). En conséquence, il s'intitule le test de Dépistage des Difficultés Mathématiques et Logiques de l'enfant de 4 ans (DDML4).

Ainsi, cette grille d'observation en situation est adressée aux médecins, afin qu'ils testent l'ensemble des habiletés mathématiques et logiques normalement acquis à cet âge. L'intérêt réside dans le repérage, puis l'orientation vers un orthophoniste pour une prise en charge précoce des difficultés que l'enfant peut déjà présenter.

Plusieurs objectifs ont guidé la réalisation du DDML4. Tout d'abord, notre objectif principal est de proposer un outil adapté à une visite médicale, en tenant compte des

demandes exprimées par les médecins. Ensuite, la composition des items est basée sur les dernières études concernant la cognition mathématique chez le jeune enfant, toutes évoquées précédemment dans la partie théorique. Le dernier objectif est de disposer d'un déroulement et de cotations clairs afin de rendre la passation simple et efficace.

2.2. LES FONDEMENTS THEORIQUES

La conception du DDML4 a débuté par des recherches sur les acquisitions numériques et logiques attendues entre 4 et 5 ans, les déviances à la norme et le dépistage des troubles de la cognition mathématique. Ces recherches, présentées dans la partie théorique, ont abouti au choix du modèle actuellement admis du triple code de Dehaene et Cohen (1995) sur lequel nous fondons l'élaboration de notre outil. Nous avons questionné les domaines les plus pertinents à évaluer à cet âge et dans cette perspective. Ont été retenus les domaines des processus de quantifications, des représentations des trois codes, des transcodages, des opérations simples et des structures logiques. Nous avons étudié le développement des compétences de chacun de ces domaines et identifié les repères d'âges développementaux pertinents pour la grille.

Plusieurs outils nous ont paru pertinents à la conception du DDML4. Notre choix s'est porté sur le Tedi-MATH, la BMT-i, le MathEval, l'UDN II et le Numeracy Screener, dans lesquels nous avons repris les items que nous présentons ci-dessous.

2.3. LA SELECTION DES ITEMS

Une fois les domaines et les repères définis, nous avons sélectionné treize items paraissant être les plus favorables à l'observation des habiletés mathématiques, et ainsi favoriser le repérage de difficultés importantes. Nous testons les enfants par ces items :

Le comptage car la connaissance de la suite numérique est l'apprentissage primordial des processus de quantification. Le médecin demande à l'enfant jusqu'où il sait compter. Une suite numérique correcte, égalant ou dépassant 16, est considérée comme satisfaisante. Nous retrouvons cette épreuve au sein du Tedi-MATH, de la BMT-i, du MathEval et de l'UDN II. Cependant le chiffre déterminant la réussite de l'item varie selon les tests. Selon Barrouillet et Camos (2006), jusqu'à 4 ans et demi, l'apprentissage des nombres se limite aux unités (1 à 9) et aux particuliers (11 à 16). L'utilisation des règles combinatoires n'apparaît qu'après cet âge. Ainsi, nous avons fait le choix du nombre 16 comme réussite à cette question.

Le dénombrement s'acquière à la suite du comptage. L'évaluation de la capacité à compter tous les éléments d'une collection se trouve dans le Tedi-MATH, la BMT-i, le

MathEval et l'UDN II. L'item de notre outil est une reprise du test MathEval. Néanmoins, nous avons réduit à 11 le nombre de points à dénombrer, à l'origine, il était de 20. Nous nous alignons sur les connaissances attendues pour l'item de comptage.

Le subitizing. Seul le MathEval présente une épreuve de subitizing associée à l'utilisation des doigts. Comme nous l'avons déjà mentionné, les gnosies digitales ont la capacité de prédire les futures performances mathématiques de l'enfant (Fayol, 2017 ; Noël, 2005). Dans le test MathEval, des configurations digitales apparaissent brièvement à l'écran, l'enfant répond par la quantité qu'il a observée. Notre épreuve de subitizing s'en inspire, mais c'est au médecin de présenter directement les configurations avec ses doigts.

Afin de suivre le modèle du triple code, nous évaluons les représentations des trois codes par des items distincts. Seul le Tedi-MATH mesure les trois représentations. Pour autant, nous n'utilisons que ses deux épreuves de décisions numériques. Celui de **la décision numérique écrite** interroge l'enfant sur sa connaissance du code arabe. Il doit reconnaître des chiffres écrits qui sont mêlés à d'autres symboles. Quant à l'item de la **décision numérique orale**, il est lié au code verbal. Il s'agit pour l'enfant de déterminer au sein des mots énoncés, ceux étant des mots-nombres. L'épreuve s'intéressant au code analogique est **la comparaison de quantités**. Elle provient du Numeracy Screener. Il s'agit d'évaluer la plus grande des quantités entre deux nuages de points. Par souci de temps, nous avons modifié cette épreuve en retirant le concept de chronométrage. Notre évaluation repose sur l'exactitude des réponses aux trois comparaisons de quantités présentées.

Dans la continuité de la référence au modèle du triple code, nous nous intéressons aux transcodings liant les codes entre eux. Seul le transcoding du code arabe à verbal est fréquemment évalué dans les tests. Ainsi, le Tedi-MATH, la BMT-i, le MathEval et l'UDN II propose une épreuve de **lecture de nombres**, reprise dans le DDML4. Pour les deux autres transcodings, arabe-analogique et verbal-analogique, nous avons dû concevoir nos propres épreuves. En s'inspirant du Numeracy Screener, la **comparaison de nombres et de quantités** et la **comparaison de mots-nombres et de quantités** ont été construits. Comme dans le test d'origine, les quantités sont présentées par des nuages de points. Tantôt, ils sont à comparer à des nombres écrits, tantôt à des mots-nombres énoncés oralement.

Deux items sont consacrés aux opérations simples, représentés par **une addition et une soustraction**. Dans notre partie théorique, nous évoquons le développement, entre 3 et 5 ans, des stratégies permettant de résoudre les opérations additives et soustractives (Carpenter

& Moser, 1984). Alors, nous avons choisi d'intégrer à notre outil deux épreuves sur ce domaine. Ce même choix a été réalisé par le Tedi-MATH et le MathEval. Nous reprenons une question d'opération additive et une soustractive du Tedi-Math. Les illustrations qui accompagnent les problèmes ont été retenues. L'aspect illustré semble très adapté à l'âge ciblé par le DDML4. En effet, quand le médecin pose la question du problème, l'enfant peut s'aider du support pour construire sa réflexion.

La classification et la sériation. Ces éléments proviennent de la conception piagétienne dont les critiques ont été précédemment énoncées. Pour autant, le raisonnement et la logique sont un fondement de la cognition mathématique. Nous ne pouvons ignorer son évaluation. Par ailleurs, deux tests y font référence : le Tedi-MATH et l'UDN II. Les épreuves de structures logiques du Tedi-MATH se présentent sous un aspect numérique contrairement à celles de l'UDN II ayant un aspect physique. Notre choix a penché vers les épreuves de l'UDN II. Nous avons rejeté les épreuves du Tedi-MATH car mêler la logique à la numération transforme la visée de l'épreuve. Elle n'est plus essentiellement logique. En outre, dans ce cas, un enfant présentant des difficultés en dénombrement, échouerait à ces épreuves pour des raisons qui ne relèvent pas de la logique alors que c'est cette dernière que nous souhaitons évaluer. L'épreuve de classification choisie se présente sous la forme de neuf cartes, qui présentent deux critères (nature et couleur) et trois variations de chaque (tasse, pull, fleur ; jaune, rose, vert). L'enfant doit les trier en fonction des deux critères successivement. La sériation de l'UDN II est formée de cinq réglettes, devenues des bandelettes dans le DDML4, de couleurs et de tailles différentes. L'enfant doit ordonner toutes les bandelettes dans un ordre croissant ou décroissant.

À l'aide des items sélectionnés, nous avons choisi la forme et la composition que prendrait notre grille d'observation.

2.4. LE CHOIX DE LA STRUCTURE

Pour cette étude, nous avons cherché un support qui puisse contenir une quantité importante d'informations tout en étant succinct. Ce document devait apporter aux médecins fiabilité et rapidité dans son utilisation. Le support d'évaluation retenu est la grille d'observation en situation car ce type de support réunit toutes les conditions recherchées. Sa prise en main est rapide, la notation est facile et efficace.

Les treize items du DDML4 se structurent en cinq blocs :

- **Le socle des apprentissages mathématiques** se compose des items de comptage, dénombrement et subitizing.
- **Les représentations** se réfèrent aux trois codes. Nous y trouvons les items de décision numérique écrite et orale, ainsi que la comparaison de quantités.
- **Les transcodages** contiennent la lecture de nombres, la comparaison de nombres et de quantités, de même que la comparaison de mots-nombres et de quantités.
- **Les opérations** présentent les items de calcul additif et de calcul soustractif.
- **Les structures logiques** comptent les items de classification et de sériation.

La présentation des items sur la grille reprend l'ordre des acquisitions dans le développement numérique. Les structures logiques sont placées en dessous des acquisitions numériques.

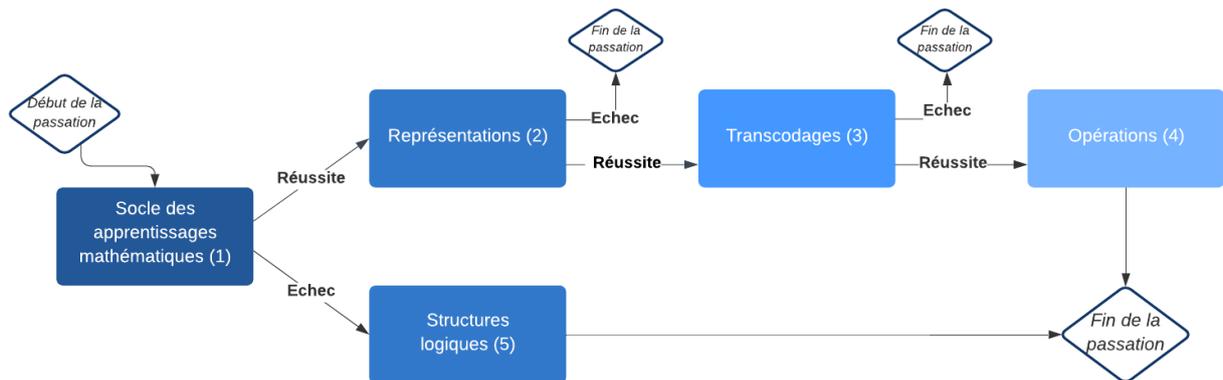
Le DDML4 comprend d'autres contenus nécessaires à la passation associés à la grille de codage. Nous y avons joint les supports imagés correspondant à certains items (cf. annexe 3) et une notice explicative de l'outil (cf. annexe 4). La notice précise le fonctionnement de l'outil, définit les domaines de compétences explorés et renseigne sur des solutions post-passation. Enfin, elle reprend le détail des items, les consignes et les cotations, pour une compréhension totale de l'outil par les médecins. Il est aussi convenu de transmettre une lettre d'information (cf. annexe 2) ainsi qu'une lettre de consentement requis pour l'implication du professionnel dans notre projet.

La présentation du DDML4 a été définie en prenant soin de s'ajuster aux inquiétudes exprimées par les médecins dans le questionnaire préalable. Nous avons opté pour un format simple (A4). Ce format permet aux professionnels de le réimprimer à volonté pour chaque nouvelle passation. De manière à contribuer à la bonne lisibilité, la grille se présente sous la forme d'un tableau et les blocs se distinguent par deux couleurs s'alternant. Ceci aide le mouvement visuel et permet une lecture plus vive.

À la suite de cette organisation, une explicitation du déroulement est requise car le déroulé sera différent d'une passation à l'autre.

2.5. LE DEROULE DE LA PASSATION

Un des intérêts du DDML4 est son adaptabilité aux capacités de l'enfant. Elle se traduit par une progression de la passation différente selon les réussites de l'enfant. Tous les items ne sont pas présentés lors d'une même passation. Pour la bonne compréhension du fonctionnement de l'outil, nous avons conçu un arbre décisionnel représentant les différentes voies de passation.



Lorsque l'enfant échoue dans un bloc, cela provoque la non-passation des blocs suivants qui sont alors considérés eux aussi comme des échecs. Par exemple, un échec du bloc de transcodages entraîne un échec du bloc des opérations.

Néanmoins, le bloc des structures logiques n'est passé qu'en cas d'échec au premier bloc « le socle des apprentissages mathématiques ». En effet, il s'agit des prérequis à l'installation du nombre selon Piaget (1972). Ainsi, si l'enfant réussit les autres blocs, qui concernent tous la numération, cela sous-entend que les habiletés de ces structures logiques sont déjà mises en place. Il n'est donc pas nécessaire de les tester.

En résumé, à chaque nouveau bloc, l'examineur doit déterminer comment se poursuivra la passation. C'est pourquoi, la durée fluctue entre la passation de deux à quatre blocs (ou cinq à onze items), soit entre quatre et huit minutes environ.

Ce même arbre est présent dans la notice explicative pour la bonne compréhension de l'outil par les médecins. Pour faciliter la passation, le déroulé et les consignes, ainsi que la cotation sont aussi précisés sur la grille.

2.6. LA COTATION

Nous avons précédemment évoqué le caractère informatif du DDML4. Il a pour fonction de fournir une représentation des acquisitions actuelles et non-maîtrisées de l'enfant.

Par conséquent, les items ont été rédigés de manière à nécessiter une réponse par 1 ou 0, selon une validation ou une invalidation de l'item. Seule la classification peut être notée 0,5 pour couvrir la possibilité qu'un enfant ne donne qu'une bonne réponse sur les deux attendues. La validation de la compétence d'un bloc résulte de la réussite de tous les items le composant. Ainsi, pour confirmer la compétence au bloc des transcodages, l'enfant doit obtenir les trois points correspondant aux items de lecture de nombres, comparaison de nombres et de quantités, et comparaison de mots-nombres et de quantités.

Une fois la passation effectuée, chaque bloc validé donnera un point. Leur somme engendrera un score total sur cinq. La cotation est immédiate, et crée en direct un aperçu du profil de l'enfant. Nous avons joint un diagramme représentatif des cinq blocs au sein de la notice explicative (cf. annexe 4). Colorié, il met en évidence les compétences de l'enfant.

Lorsque le score total est établi et le diagramme rempli, le praticien peut déterminer la marche à suivre selon son observation des capacités de l'enfant. Pour cela, nous distinguons deux catégories : à surveiller ou à risque. En fonction, nous proposons deux démarches. Dans le premier cas, l'enfant réussit chaque épreuve présentée ; aucune difficulté n'est décelée. Néanmoins si une plainte a été formulée, il est primordial d'y répondre. Nous conseillons au médecin de noter une attente d'évolution dans le domaine mathématique. Dans le second cas, si un ou plusieurs blocs sont échoués, nous incitons le médecin à adopter une démarche spécifique. Tout d'abord, une explication aux parents des difficultés observées est bénéfique pour valider leur plainte. Ensuite, une consultation chez une orthophoniste leur est conseillée comme nécessité pour approfondir les recherches sur les difficultés que présente leur enfant. Enfin, nous recommandons au médecin d'évoquer des conseils de prévention aux parents dans le but de favoriser le développement de leur enfant. Par exemple, à l'intérieur de la notice explicative, nous indiquons deux sites internet fiables. Le premier est le fruit d'un mémoire orthophonique (Fresneau, 2019) et le second est créé par la Fédération Nationale des Orthophonistes. Ils sont indiqués pour fournir aux parents, mais aussi aux médecins qui le souhaitent, des informations.

3. RETOURS DES PRATICIENS SUR L'OUTIL

3.1. PARTICIPATION DES PROFESSIONNELS

Nos recherches ont abouti à la création d'un outil de dépistage à destination des médecins. Il nous paraît désormais primordial de le confronter à l'avis des praticiens

utilisateurs cibles de l'outil. Ainsi, nous avons contacté plusieurs médecins, afin de recueillir leurs points de vue sur le DDML4 et mesurer sa pertinence.

Un médecin a accepté d'étudier notre outil et d'effectuer un retour sur ses impressions. Ce médecin compte de nombreux enfants dans sa patientèle dont certains présentant des difficultés dans les apprentissages mathématiques. Il n'a jamais utilisé d'outil pour dépister les signes d'alerte du développement de la cognition mathématique.

Nous lui avons fait parvenir un exemplaire du DDML4. Sa participation a consisté à lire les documents concernant notre projet (les lettres d'information et de consentement, la notice explicative, la grille et les supports (cf. annexe 2 à 4) puis à les commenter.

3.2. ANALYSE QUALITATIVE DE L'OUTIL

Son avis de médecin permet d'apporter un regard complémentaire sur la mise en pratique de l'outil. Ainsi, son analyse de notre projet est très précieuse. Notre échange a été riche et nous avons pu exprimer chacun nos points de vue.

Selon le médecin, le DDML4 présente une structure claire mais un temps est nécessaire pour s'approprier toutes les explications. En effet, les informations lui ont semblé denses, particulièrement le vocabulaire spécialisé, tel que le terme de transcodage. Pourtant, il a apprécié ces précisions, en particulier le schéma du déroulé de la passation. Pour lui, ces indications, bien que nombreuses, ont été fondamentales à la compréhension de l'outil.

Concernant sa pratique, le support est approprié. Il lui semble pertinent de l'utiliser lors d'une visite médicale. Cependant, il émet une réserve. Lors de ses premières utilisations du DDML4, il ne fera pas passer le test directement mais lors d'une seconde consultation. En effet, il ressent le besoin de quelques essais sans pression temporelle pour se sentir à l'aise dans la passation.

Lors de notre échange, ce médecin a évoqué un besoin d'outil ciblé et spécifique à une plainte. Il déplore une méconnaissance du champ de compétences des orthophonistes par les médecins. Il a découvert tardivement la profession en prenant un poste au sein d'un pôle multidisciplinaire comptant un orthophoniste.

Ainsi, le médecin se dit globalement satisfait de l'outil. Des ajustements ne semblent pas nécessaires selon ce médecin. Néanmoins, un regard unique sur notre outil ne nous permet pas de tirer des conclusions manifestes. L'avis d'autres médecins auraient peut-être mis en évidence certains écueils à modifier.

DISCUSSION

1. LIMITES ET PROBLEMES RENCONTRES

1.1. DANS NOTRE ETUDE

Ce mémoire se consacre à l'amélioration du repérage précoce des enfants présentant de sévères difficultés en mathématique. La première difficulté qui s'est présentée à nous est la différenciation entre dépistage et diagnostic. Une recherche approfondie du rôle du médecin et de la distinction entre trouble et difficulté a été nécessaire. En nous appuyant sur les rapports de l'OMS et de la HAS, nous avons pu situer notre intervention. Ainsi, le diagnostic peut « distinguer entre des difficultés isolées ou banales [...] et un ensemble cohérent de symptômes » (Moret, 2019, p. 120). Alors que notre objectif est de l'ordre de la prévention secondaire. Nous cherchons à repérer les enfants présentant des difficultés importantes avec les acquisitions attendues à leur âge, qu'elles soient isolées ou non.

Pour soutenir l'élaboration de notre outil, nous nous sommes informée sur le développement de la cognition mathématique chez l'enfant. Nos recherches nous ont menée à étudier les compétences du bébé, les processus logiques et numériques. Les sources sélectionnées, tel que le modèle développemental piagétien, ou l'approche cognitiviste du triple code, présentent les acquisitions sous certaines perspectives. Ainsi, nos choix se sont construits à partir de ces théories, tout en sachant que de nombreuses remises en cause de ces points de vue coexistent. Effectivement, le modèle piagétien est particulièrement contesté. Un débat persiste au sujet de la présentation des structures logiques comme étant un prérequis à la numération. Certains chercheurs évoquent un développement simultané des processus plutôt que successif. En nous référant à l'observation d'enfants rencontrés dans les cabinets orthophoniques, nous avons pris le parti de considérer l'acquisition des structures logiques comme étant primordiale à l'installation du nombre. Ainsi, notre construction de la passation et de l'arbre décisionnel du DDML4 se fonde sur ce concept. Peut-être serait-il intéressant de tester le rôle des structures logiques dans le développement de l'enfant. Alors, il sera peut-être nécessaire de revoir l'ordre de passation des épreuves et l'arbre décisionnel de notre outil.

L'âge de dépistage de 4-5 ans ciblé par notre outil est un sujet à controverse. Nous savons que des signes d'alerte concernant d'importantes difficultés de la cognition mathématique sont repérables dès la maternelle. Cependant, la HAS préconise des mesures thérapeutiques à partir du CP. C'est seulement à partir de ce niveau scolaire qu'une investigation médicale est envisagée lorsque des signes d'alerte concernant le développement

des mathématiques sont repérés. De plus, nous avons précédemment évoqué la grande plasticité cérébrale des enfants. Cette dernière implique de fortes variations développementales (Fayol, 2018a). Par conséquent, il faut tenir compte de ces facteurs pouvant modifier la trajectoire développementale de l'enfant dans nos réflexions sur les résultats de la passation.

Notre mémoire présente une autre limite qui est un faible nombre de médecins ayant participé à notre étude, pour le questionnaire préalable ainsi que pour les retours sur l'outil. La prise de contact avec les médecins a été difficile. Les groupes spécialisés du réseau social sur lequel nous avons diffusé le questionnaire comptent au total 8000 individus. Malgré cela, seuls 25 médecins ont répondu au questionnaire. L'argument d'un temps très court pour le compléter ne semble pas avoir été efficace. Ainsi, l'analyse des réponses a été uniquement qualitative. Elles ne peuvent pas être généralisées à l'ensemble des médecins de France et à leur pratique. Un nombre plus important de réponses aurait permis une représentation plus sûre et plus fidèle des besoins actuels des médecins quant au dépistage des difficultés mathématiques et de leurs opinions sur notre outil. Cependant, dans le cadre de notre mémoire, les délais ont été une contrainte dans la recherche de participants supplémentaires.

Enfin, il nous semble qu'un biais important est présent au sein du questionnaire préalable. Avant d'accéder au questionnaire, le participant lit une présentation de notre étude. Nous y spécifions notre objectif, concernant le dépistage de la cognition mathématique, et notre identité en tant qu'étudiante en orthophonie. La connaissance de ces deux points peut influencer les réponses des médecins. Notamment l'item se rapportant à la réaction face à un enfant qui présente des difficultés mathématiques et/ou logiques sévères. Cette présentation a pu augmenter la réponse évoquant le recours à l'orthophonie.

1.2. DANS L'ELABORATION DE NOTRE OUTIL

Plusieurs points ont fait l'objet de réflexions et de remaniements successifs lors de la création du DDML4, tel que le déroulé de la passation, la sélection des épreuves et l'organisation des items. Ils ont évolué tout au long du processus de réalisation du mémoire. Au cours de l'élaboration du DDML4, répondre aux attentes énoncées par les médecins lors du questionnaire a pris une grande place dans nos choix. Ainsi, nous nous sommes efforcée à rendre la passation plus courte que dix minutes, adaptée à une consultation médicale et ne nécessitant aucune connaissance supplémentaire que celles présentes dans la notice de l'outil. Malgré tout, nous étions dans l'incapacité de répondre à certaines de leurs demandes : une

rémunération spécifique en cas de passation, et une consultation centrée sur la plainte du domaine mathématique. Effectivement, notre objectif visant un dépistage au sein d'une visite médicale dès l'évocation d'une plainte des acquisitions mathématiques, cette proposition va à l'encontre de notre projet.

Dans notre partie méthodologie, nous expliquons les intérêts de l'observation et de la grille pour procéder à une évaluation. Pourtant, nous pouvons relever plusieurs critiques à ces procédés. Tout d'abord, la situation d'évaluation, la présence du médecin et le lieu de l'observation peuvent provoquer un sentiment d'anxiété chez l'enfant, ainsi que la modification de son comportement (Coutu et al., 2005). Le lieu impose des contraintes, temporelles par exemple, qui peuvent affecter les aptitudes de l'individu. Ensuite, le choix de ce support implique qu'un temps supplémentaire pour la retranscription de la passation en données informatiques est à prévoir. En outre, il ne permet pas une diffusion massive car des impressions et des découpages sont indispensables à la passation. Enfin, la réactivité nécessaire pour noter les données, ou le caractère restrictif des domaines testés, peuvent conduire le médecin à limiter son regard sur les capacités de l'enfant. Afin de pallier ce dernier point, nous avons incorporé dans la grille des espaces dédiés aux observations complémentaires.

La construction du DDML4 repose sur la sélection d'outils existants. Cependant, ces outils présentent des faiblesses. Grâce à l'analyse réalisée par Lafay et Cattini (2018) ainsi que la grille d'analyse vierge qu'elles fournissent dans leur étude, nous pouvons constater que la majorité des tests que nous utilisons présentent des qualités psychométriques peu satisfaisantes. En effet, certains de ces tests n'ont pas été étalonnés et validés statistiquement. Pour d'autres, leur étalonnage ou leur normalisation ne s'étendent pas aux enfants de 4 ans (Tedi-Math, Numeracy Screener et MathEval). Ensuite, certains sont des outils de diagnostic orthophonique et non de dépistage. Malgré ces points négatifs, nous nous sommes basée sur ces outils car les tests destinés à l'âge et au domaine ciblés dans notre mémoire sont peu nombreux. Afin de pallier ces failles, les épreuves choisies pour le DDML4 ont été modifiées. En effet, nous avons revu certains items en fonction de deux objectifs : qu'ils soient en accord avec les études les plus récentes et adaptés à la pratique des médecins. Pour y parvenir, nous avons procédé à certains ajustements :

- Les épreuves de comptage et de dénombrement ont été simplifiées. Nous avons retiré l'aide par une amorce, la possibilité d'un second essai, et la notation des productions de l'enfant. De plus, comme nous l'avons précédemment expliqué, l'enfant de 4-5 ans est au

niveau de la chaîne insécable (Fuson, 1988). C'est pourquoi, le comptage en fonction de bornes a été écarté pour adapter l'item à cet âge. Concernant le dénombrement, le médecin n'aura pas à analyser les capacités de l'enfant selon les cinq principes de Gallistel et Gelman (1978). Ces précisions approfondissent l'investigation de la cognition mathématique et relèvent du diagnostic orthophonique.

- L'item de subitizing a été ajusté au mieux pour l'utilisation des médecins. Pour cela, nous avons choisi d'éviter le support imagé utilisé dans MathEval, pour privilégier la participation directe du médecin. Il a pour consigne de présenter rapidement des configurations avec ses doigts. Pour le temps de réponse de l'enfant, aucune durée précise n'est indiquée afin d'alléger la charge de passation du médecin.

- Les épreuves des blocs de représentations et de transcodages ont subi des modifications similaires. Pour les trois épreuves de comparaisons ainsi que celle de décision numérique écrite, nous avons opté pour que l'enfant désigne sa réponse plutôt qu'il ne l'entoure. Nous avons réduit le nombre de propositions pour les épreuves de ces blocs afin de rendre la passation plus dynamique. Ensuite, contrairement au Numeracy Screener dont nous nous inspirons, le temps n'est pas pris en compte dans l'évaluation. Aussi, l'enfant pourrait avoir recours au dénombrement pour répondre. Il s'agit d'un biais important car s'il dénombre la réponse dépend du code verbal et non du code analogique. Alors, l'évaluation ne serait pas valide. Enfin, certains items fréquemment présents dans les outils étudiés comme la dictée de nombre, n'ont pas été retenus. En effet, nos choix visent l'habileté des médecins et l'analyse qu'ils auraient des résultats. Proposer des épreuves de lecture et de dictée permet de différencier les canaux sensoriels d'entrée, soit visuel, soit auditif. Nous pensons que cette analyse plus fine des capacités de l'enfant est propre au diagnostic orthophonique.

- Nous avons longuement remanié l'item des opérations. Au départ, nous souhaitions une exploration poussée. Pour cela, nous suivions le modèle du MathEval avec trois niveaux pour chaque type d'opérations : soit abstrait (avec des symboles mathématiques), soit semi-concret (avec un support contextuel), soit concret (avec une vidéo d'animation). Finalement, nous avons choisi de prendre exemple sur le Tedi-MATH qui s'appuie sur des supports imagés. Avoir une illustration permet d'obtenir un compromis entre les différents niveaux présentés dans le test MathEval. Nous retenons qu'une seule addition et une seule soustraction du Tedi-Math. Ce choix est dicté par les attentes des médecins d'une passation très courte. Cependant, nous savons que deux items ne suffisent pas pour évaluer le domaine du calcul chez l'enfant. Cela ne lui octroie aucun temps d'adaptation à la consigne.

- De profondes interrogations ont marqué l'élaboration des épreuves de structures logiques. Nous nous sommes fortement questionnée sur les connaissances des médecins dans ce domaine. En effet, il est nécessaire de comprendre *a minima* les travaux de Piaget. N'ayant pas la réponse sur l'analyse qu'un médecin pourrait tirer des productions de l'enfant, nous avons allégé les items repris dans l'UDN II. Ainsi, ont été supprimé l'amorce, la démonstration, le second essai et la justification demandée à l'enfant. Pour la classification, la demande d'une deuxième façon de « mettre ensemble » n'est plus indiquée par le médecin mais deux tris distincts sont attendus. Enfin, pour l'item de sériation la notion de « base » n'est pas mentionnée dans les explications aux médecins.

L'utilisation de tests orthophoniques de diagnostic pour un outil de dépistage soulève la question de la possibilité d'un effet d'apprentissage. En effet, il serait possible qu'un enfant confronté au même item lors du dépistage avec le médecin puis au diagnostic avec un orthophoniste pourrait apprendre et alors obtenir de meilleurs résultats la seconde fois. Il nous semble que cette crainte peut être écartée pour plusieurs raisons. Tout d'abord, nous n'avons repris que certains items par outil et ils ont été pour la majorité modifiés. Ainsi, le bilan orthophonique ne se faisant habituellement qu'avec un seul outil, ne pourrait être que peu altéré. Ensuite, le délai d'attente pour passer un bilan orthophonique dépasse l'effet d'apprentissage, celui-ci s'atténuant au bout de quelques mois. Les capacités de l'enfant ne seront pas affectées par cet effet. Enfin, si les résultats s'avèrent meilleurs lors du bilan orthophonique, cela peut signifier que l'enfant a pu dépasser ses difficultés et acquérir les compétences qui lui faisaient défaut. Alors, l'orthophoniste conclura peut-être que les difficultés ne sont pas de l'ordre d'un trouble.

Pour Marie-Pierre Thibault (citée par Kerlan, 2016), « nous devons toujours penser [que les tests] ne mesurent que les capacités d'un patient à un moment donné, et dans un cadre donné ». C'est pourquoi, comme tous les tests, le DDML4 présente une faiblesse voire un danger. Il est envisageable qu'une plainte soit formulée et que les résultats de la passation soient bons. Pourtant, ce peut être un enfant qui aurait eu besoin d'un diagnostic orthophonique approfondi. Alors, la passation du DDML4 pourrait à tort dissiper les doutes de la famille ou du praticien. En outre, un second risque figure au sein du DDML4 : la présentation verbale des consignes. Si un enfant a des difficultés de langage oral ou de la compréhension, il échouera aux épreuves. Alors les résultats au test pourraient évoquer un profil à risque de présenter des troubles de la cognition mathématique. Pourtant, l'origine des difficultés serait tout autre. Il serait nécessaire d'alerter les médecins au sujet de ce biais.

2. VALIDATION DES HYPOTHESES

Notre étude a pour but d'améliorer le repérage à 4-5 ans des difficultés sévères en mathématique. Pour cela, nous avons conçu pour les médecins un outil de dépistage. Afin d'avoir un aperçu de leur besoin, un questionnaire leur a été proposé. Par la suite, nous avons créé l'outil. Puis, nous l'avons mis à l'épreuve en les présentant à un médecin.

Deux hypothèses avaient été définies lors de la conception de ce projet. Nous allons donc vérifier la validité de ces hypothèses au terme de cette étude.

Nous avons émis l'hypothèse que les médecins seraient capables, grâce à notre outil, de mieux repérer les enfants qui pourraient présenter de sévères difficultés mathématiques et/ou logiques. Cette hypothèse dépend du questionnaire préalable. La grande majorité des professionnels interrogés ont affirmé que l'outil proposé pourrait les aider à mieux repérer les enfants présentant ce type de difficultés.

Nous avons également émis l'hypothèse que les médecins sauraient vers qui orienter les patients dans le cas d'une suspicion de trouble de la cognition mathématique. Cette hypothèse relève du seul médecin ayant effectué des retours sur le DDML4. Il affirme qu'il sait désormais quelle conduite tenir dans cette situation.

Malgré ces résultats encourageants, le nombre de réponses trop faible et l'utilisation d'un réseau social comme unique moyen de diffusion du questionnaire ne permettent pas la validation des hypothèses. Il serait envisageable d'effectuer une suite à cette étude en se concentrant sur le recueil des avis de médecins sur le DDML4. Notre étude a vu ses hypothèses de recherche partiellement confirmées. C'est pourquoi, elle présente des intérêts pour la pratique orthophonique.

3. APPORTS ET INTERETS

3.1. IMPLICATIONS POUR L'ORTHOPHONIE

Notre étude a tenté d'apporter, à sa mesure, une contribution aussi bien à la recherche en orthophonie qu'à la pratique clinique. Ce travail nous a permis d'aborder deux sujets : celui de la prévention en orthophonie et celui du partenariat avec les médecins. Ce sont des domaines à exploiter pour favoriser l'efficacité de la prise en charge des difficultés de la cognition mathématique par des interventions précoces. Notre apport principal à la recherche prend la forme d'une grille d'observation en situation.

Le test de Dépistage des Difficultés Mathématiques et Logiques de l'enfant de 4 ans présentent de nombreux avantages rendant son utilisation attractive :

- Il évalue toutes les acquisitions mathématiques attendues à cet âge, aussi bien pour le domaine logique que pour celui de la numération.
- Il s'appuie sur des fondements théoriques récents, notamment le modèle du triple code. En outre, il se distingue d'autres outils cognitivistes par sa manière de tester chaque code et chaque type de transcodages.
- Le DDML4 poursuit et complète les travaux de prévention précédemment réalisés. Plusieurs études ont mené à des sites ou des plaquettes d'informations sur les troubles de la cognition mathématique pour les professionnels non-orthophonistes ou à des outils de dépistage pour le langage oral du jeune enfant.
- Cet outil vient pallier un manque qui a été rapporté par les médecins lors du questionnaire préalable et par les orthophonistes (Lafay & Cattini, 2018).
- Il présente la possibilité d'être utilisé ponctuellement lorsqu'une plainte est formulée ou systématiquement pour des populations à risque, en cas de comorbidité de troubles ou d'antécédents familiaux.

Cette étude présente un intérêt clinique dans le dépistage des troubles des apprentissages en mathématique. Effectivement, il intègre et modifie directement le parcours de soin du jeune enfant. Ces résultats sont encourageants pour la détection des difficultés mathématiques et du dépistage des enfants à risque de présenter un TSAM.

3.2. APPORTS PERSONNELS

Cette étude a été riche d'enseignements. Le travail bibliographique nous a confrontée à la rigueur de la recherche scientifique. Étudier l'évolution des points de vue au fil des décennies, les contrastes entre les auteurs et les limites de chaque étude, nous a permis d'aiguiser notre esprit critique.

De plus, nous avons développé une expertise concernant les outils pour cet âge et cette plainte. Nous avons tout d'abord analysé les forces et les faiblesses de chaque test. Puis nous les avons comparés pour construire notre propre outil. Ainsi, nous avons découvert les étapes régissant l'élaboration d'un test mais aussi les obstacles et les satisfactions qu'elle implique.

À partir des difficultés, des remises en cause et des réflexions quant aux solutions à trouver, nous avons développé un questionnement permanent qui servira de base à notre future pratique professionnelle.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre travail s'inscrit dans une démarche de prévention. Il vise l'amélioration du parcours de soin de l'enfant et privilégie les prises en charge orthophoniques précoces. Il a pour ambition de répondre aux attentes formulées par les orthophonistes, les médecins et la Haute Autorité de Santé.

Notre projet a été mené à son terme, nous avons réalisé un outil à destination des médecins : le DDML4 (test de Dépistage des Difficultés Mathématiques et Logiques de l'enfant de 4 ans). La création d'un tel outil est justifiée par des fondements théoriques actuels et sur une collaboration avec les médecins. L'intégration des médecins a été primordiale pour s'adapter à leur pratique. Nous les avons contactés en amont pour déterminer leurs besoins d'un outil de dépistage, puis en aval, pour recueillir un avis sur l'outil créé. Selon les retours, le DDML4 est satisfaisant et adapté à leur pratique. Sur la base de ces remarques, notre objectif semble atteint.

Grâce à cet outil, nous souhaitons favoriser le dépistage, mais aussi créer une relation de coopération entre les orthophonistes et les médecins. Le parcours de soin de l'enfant dépend du partenariat entre ces deux professionnels de santé. Ainsi, nous espérons que le DDML4 permettra de repérer précocement les enfants présentant de sévères difficultés mathématiques, et ainsi les orienter tôt vers un orthophoniste pour un bilan.

Face à l'intérêt des médecins pour le DDML4, une étude réalisant des passations sur une population représentative serait intéressante pour étalonner ce matériel. Par la suite, il serait envisageable d'améliorer la grille et d'optimiser les conditions de passation.

Enfin, le DDML4 est prévu initialement pour un dépistage lors des visites médicales obligatoires. Toutefois, il nous semble également pertinent pour la pratique orthophonique. En effet, un bilan de langage oral pourrait être complété par une investigation des habiletés mathématiques et logiques grâce au DDML4. Ainsi, un projet de diffusion auprès des orthophonistes pourrait être mené.

BIBLIOGRAPHIE

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5^e ed.). Publisher.
- Antall, S., & Keating, D. (1983). Perception of Numerical Invariance in Neonates. *Child Development*, 54(3), 695-701.
- Baroody, A., & Ginsburg, H. (1986). The Relationship Between Initial Meaningful and Mechanical Knowledge of Arithmetic. Dans J. Hiebert (Éd.), *Conceptual and Procedural Knowledge: The Case of Mathematics* (pp. 75-112). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2006). *La cognition mathématique chez l'enfant*. Solal.
- Berland, Y., Bonnel, G., Chaboissier, M., Granger, J-M., Jovic, L., Quillet, E., Rapiou, M-T., Teullier, R., Vital-Durand, D., & Coudray, M-A. (2007). *La formation des professionnels pour mieux coopérer et soigner*. Haute Autorité de Santé. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/cooperation_prof_formation.pdf
- Billard, C. (2019). Un outil clinique pour l'évaluation initiale des apprentissages et fonctions cognitives de l'enfant de 4 à 13 ans : la BMT-i. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 161, 451-458.
- Boimare, S. (2019). *Ces enfants empêchés de penser* (2^e éd.). Dunod.
- Boisnault, M. (2018). *Connaissances des médecins généralistes sur la prescription de l'orthophonie* [Mémoire de master]. Université de Nice Sophia Antipolis.
- Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2018). Comptage. Dans *Dictionnaire d'Orthophonie*.
- Carpenter, T., & Moser, J. (1984). The Acquisition of Addition and Subtraction Concepts in Grades One through Three. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15(3), 179-202. DOI : 10.2307/748348
- Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. (s. d.). Dans *Le Dictionnaire CNRTL*. Consulté le 24 juin 2020 sur <https://www.cnrtl.fr/definition/quantification>
- Chalon-Blanc, A. (2005). *Inventer, compter, classer : de Piaget aux débats actuels*. Armand Colin.
- Code de la santé publique. (2016). *Loi n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé (1)*. Legifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031912641&categorieLien=id>

- Code de la santé publique. (2019, 26 février). Article R2132-1. Legifrance. https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=4C896A2DD8B0889D61B3CAB53E97B9E2.tplgfr35s_3?idArticle=LEGIARTI000038190093&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20200514
- Code de la sécurité sociale. (2002). *Avenant à la convention nationale des orthophonistes*. Legifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/avenant/2004/3/19/SANS0420102X/jo/texte>
- Coutu, S., Provost, M-A., & Bowen, F. (2005). L'observation systématique des comportements. Dans S. Bouchard et C. Cyr (dir.), *Recherche psychosociale* (2^e éd.). Presses de l'Université du Québec.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of Numerical Abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42.
- Dehaene, S. (2010). *La Bosse des maths : Quinze ans après* (pp. 47-71). Odile Jacob.
- Dehaene, S. (2015, 6 janvier). *Éducation, plasticité cérébrale et recyclage neuronal*. Collège de France. <https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2015-01-06-09h30.htm>
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an Anatomical and Functional Model of Number Processing, *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Desoete, A., & Grégoire, J. (2006). Numerical Competence in Young Children and in Children with Mathematics Learning Disabilities. *Learning and Individual Differences*, 16(4), 351-367. DOI : 10.1016/j.lindif.2006.12.006
- Dolle, J-M. (2005). *Pour comprendre Jean Piaget* (3^e éd.). Dunod.
- Evans, T., & Ullman, M. (2016). An Extension of the Procedural Deficit Hypothesis from Developmental Language Disorders to Mathematical Disability. *Frontiers in Psychology*, 7, 1318. DOI : 10.3389/fpsyg.2016.01318
- Fayol, M. (2017). L'apport des recherches longitudinales à la cognition arithmétique. *Rééducation orthophonique*, 269, 13-38.
- Fayol, M. (2018a). *L'acquisition du nombre* (3^e éd.). Presses universitaires de France.
- Fayol, M. (2018b). Activités arithmétiques et anxiété. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 156, 603-610.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core Systems of Number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314. DOI : 10.1016/j.tics.2004.05.002

- Fresneau, M. (2019). *L'enfant de maternelle à risque de dyscalculie : élaboration d'un document de prévention à destination des enseignants* [Mémoire de master]. Université de Nantes.
- Fuson, K. (1988). *Children's Counting and Concepts of Number*. Springer-Verlag.
- Geary, D. (2011). Consequences, Characteristics, and Causes of Mathematical Learning Disabilities and Persistent Low Achievement in Mathematics. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 32(3), 250-263. DOI : 10.1097/DBP.0b013e318209edef
- Geary, D., & Moore, A. (2016). Cognitive and Brain Systems Underlying Early Mathematical Development. *Progress in Brain Research*, 227, 75-103. DOI : 10.1016/bs.pbr.2016.03.008
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The Child's Understanding of Number*. Harvard University Press.
- Guedin, N., Thevenot, C., & Fayol, M. (2018). Des doigts et des nombres. *Psychologie Française*, 63(4), 379-399. DOI: 10.1016/j.psfr.2017.07.001
- Guéritte-Hess, B., Causse-Mergui, I. et Romier, M-C. (2005). *Les maths à toutes les sauces*. Le Pommier.
- Habib, M. (2018). *La constellation des dys* (2^e éd.). De Boeck Solal.
- Haute Autorité de Santé. (2015). *Présentation générale*. HAS. https://www.has-sante.fr/jcms/c_2835466/fr/presentation-generale-rbpp-sante-mineurs-jeunes-majeurs
- Haute Autorité de Santé. (2017, décembre). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages ?*. HAS. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-01/guide_tsla_vf.pdf
- Heremans, M. (2015). *MathEval* (Version MathEval_201500812). [Logiciel]. Sites google. <https://sites.google.com/site/testmatheval/home/-a2-telechargement>
- Houdé, O., & Borst, G. (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Nathan.
- Houdé, O., & Leroux, G. (2009). *Psychologie du développement cognitif* (2^e éd.). Presses universitaires de France.
- Kaufman, E., Lord, M., Reese, T., & Volkman, J. (1949). The Discrimination of Visual Number. *The American Journal of Psychology*, 62(4), 498–525. DOI : 10.2307/1418556
- Kerlan, M. (2016). *Éthique en orthophonie*. De boeck.

- Lafay, A., Archambault, S., Macoir, J., Saint-Pierre, M-C., & Vigneron, M. (2018). Deux outils pour le dépistage du Trouble des Apprentissages en Mathématiques. Dans P. Gagnon & T. Rousseau (dirs.), *Efficacité des thérapies* (pp. 275-295). Ortho Editions.
- Lafay, A., Archambault, S., Vigneron, M., & Nosworthy, N. (2017). *Numeracy screener Version française*. Numeracy Screener. <http://www.numeracyscreener.org/grade-k-instructions.html>
- Lafay, A., & Cattini, J. (2018). Analyse psychométrique des outils d'évaluation mathématique utilisés auprès des enfants francophones. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 42(2), 127-144. https://www.researchgate.net/publication/338717654_Grille_d'analyse_des_caracteristiques_psychometriques_des_outils_normes
- Lafay, A., Saint-Pierre, M-C., & Macoir, J. (2013). Développement des systèmes numériques non symboliques et prédicteurs de réussite mathématique. *Glossa*, 112, 1-17.
- Lafay, A., Saint-Pierre, M-C., & Macoir, J. (2014). L'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant : inventaire critique des outils disponibles. *Glossa*, 116, 35-58.
- Landerl, K. (2013). Development of Numerical Processing in Children with Typical and Dyscalculic Arithmetic Skills - a Longitudinal Study. *Frontiers in Psychology*, 4, 459. DOI : 10.3389/fpsyg.2013.00459
- Legendre-Bergeron, M-F., & Laveault, D. (1980). *Lexique de la psychologie du développement de Jean Piaget*. Morin.
- Lemaire, P., & Arnaud, L. (2004). Le calcul mental et la question des stratégies. Dans M. Pesenti & X. Seron (dirs.), *La Cognition numérique* (pp.161-188). Hermès Lavoisier.
- Lussier, F., Chevrier, E., & Gascon, L. (2017). *Neuropsychologie de l'enfant : troubles neurodéveloppementaux et apprentissages* (3^e éd.). Dunod.
- Lyons, I., & Beilock, S. (2011). Numerical Ordering Ability Mediates the Relation Between Number-Sense and Arithmetic Competence. *Cognition*, 121(2), 256-261. DOI : 10.1016/j.cognition.2011.07.009
- Magnin, L., & Poncet, S. (2012). *Évolution des champs de compétences en orthophonie* [Mémoire de master]. Université de Lyon.
- Maloney, E., Ansari, D., & Fugelsang, J. (2011). The Effect of Mathematics Anxiety on the Processing of Numerical Magnitude. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(1), 10-16. DOI : 10.1080/17470218.2010.533278

- Mazeau, M., Le Lostec, C., & Lirondière, S. (2016). *L'enfant dyspraxique et les apprentissages* (2^e éd.). Elsevier Masson.
- Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant* (2^e éd.). Elsevier Masson.
- Meljac, C., & Lemmel, G. (1999). *UDN-II Construction et utilisation du nombre II*. Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- 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. http://resume.europa-organisation.com/_global/files/bichat-2014/305/ortho_menissier_v2_wmk.pdf
- Ménissier, A. (2015). *Je suis dyscalculique*. Ortho Edition.
- Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. (2013). *Annexe 2 – Référentiel de compétences*. FNO. <https://www.fno.fr/ressources-diverses/les-textes-reglementant-la-formation-initiale/>
- Ministère des Solidarités et de la Santé. (2016, 13 avril). Les troubles du langage et des apprentissages. <https://solidarites-sante.gouv.fr/prevention-en-sante/sante-des-populations/enfants/article/les-troubles-du-langage-et-des-apprentissages>
- Mirassou, A. (2019). BMT-i et cognition mathématique. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 161, 481-493.
- Monrocq, E. (2005). *Médecin généraliste et orthophoniste : Simple côtoiement ou réelle collaboration ?* [Mémoire de master]. Université de Nantes.
- Moret, A. (2019). *Les troubles dys* (2^e éd.). Dunod.
- Moyer, R., & Landauer, T. (1967). Time Required for Judgements of Numerical Inequality. *Nature*, 215(5109), 1519–1520. DOI : 10.1038/2151519a0
- Noël, M-P. (2005). Finger Gnosia: A Predictor of Numerical Abilities in Children?. *Child Neuropsychology*, 11(5), 413-430. DOI : 10.1080/09297040590951550
- Noël, M-P., & Palmers, E. (2003). La perception numérique chez le bébé et le petit enfant : une mise en question. *Enfance*, 55(1), 65-73. DOI :10.3917/enf.551.0065
- Norimatsu, H. & Pigem, N. (2008). *Les techniques d'observation en sciences humaines*. Armand Colin.
- Organisation de Coopération et de Développement Économiques. (2019). *Programme International pour le suivi des Acquis des élèves (PISA) résultats du PISA 2018*. OCDE. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_FRA_FRE.pdf

- Organisation Mondiale de la Santé. (1998). *Cadre pour le développement professionnel et administratif de la médecine générale et de la médecine de famille en Europe*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107411>
- Piaget, J. (1967). *La psychologie de l'intelligence*. Armand Colin.
- Piaget, J., & Szeminska, A. (1972). *La Genèse du nombre*. Delachaux et Niestlé.
- Ramani, G. & Siegler, R. (2011). Reducing the Gap in Numerical Knowledge Between Low-and Middle-Income Preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 32(3), 146-159. DOI : 10.1016/j.appdev.2011.02.005
- Ramirez, G., Gunderson, E., Levine, S., & Beilock, S. (2012). Math Anxiety, Working Memory, and Math Achievement in Early Elementary School. *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187-202. DOI : 10.1080/15248372.2012.664593
- Ringard, J-C. (2000). *À propos de l'enfant dysphasique et de l'enfant dyslexique*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. <https://www.education.gouv.fr/media/31616/download>
- Shalev, R., Manor, O., Kerem, B., Ayali, M., Badichi, N., Friedlander, Y., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental Dyscalculia Is a Familial Learning Disability. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 59-65. DOI : 10.1177/002221940103400105
- Siegler, R. (1988). Individual Differences in Strategy Choices: Good Students, Not-So-Good Students, and Perfectionists. *Child Development*, 59(4), 833-851.
- Siegler, R. (1989). Hazards of Mental Chronometry: An Example from Children's Subtraction. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 497-506.
- Siegler, R., & Booth, J. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75(2), 428-444.
- Sinclair, H., Stamback, M., Lezine, I., Rayana, S., & Verba, M. (1982). *Les bébés et les choses*. Presses Universitaires de France.
- Simon, C. (2014). *Évaluation logico-mathématique à travers le logiciel MathEval* [Mémoire de master]. Université de Lorraine.
- Spelke, E., & Tsivkin, S. (2001). Language and Number: a Bilingual Training Study. *Cognition*, 78(1), 45-88. DOI : 10.1016/S0010-0277(00)00108-6
- Starkey, P., & Cooper, R. (1995). The Development of Subitizing in Young Children. *British Journal of Developmental Psychology*, 13(4), 399-420. DOI : 10.1111/j.2044-835X.1995.tb00688.x

- Thibaut, J. (2017). La qualité de vie des adultes dyscalculiques. *Rééducation orthophonique*, 269, 303-317.
- Université Médicale de Georgetown. (2016, 15 Septembre). *Math Difficulties May Reflect Problems in a Crucial Learning System in the Brain*. Science Daily. www.sciencedaily.com/releases/2016/09/160915090020.htm
- Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J., & Noël, M-P. (2001). Tedi-Math Test diagnostique des compétences de base en mathématiques. Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Vidal, F. (2019, 5 novembre). *Suppression de la Première Année Commune aux Etudes de Santé (PACES) : les nouvelles modalités d'études de santé publiées*. Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. <https://www.enseignement-sup-recherche.gouv.fr/cid146432/suppression-de-la-paces-les-nouvelles-modalites-d-etudes-de-sante-publiees.html>
- Vilette, B., Danet, M., & Dione, A. (2017). L'anxiété mathématique à l'école primaire et sa relation avec les performances scolaires. *Rééducation orthophonique*, 269, 198-216.
- Von Aster, M., & Shalev, R. (2007). Number Development and Developmental Dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(11), 868-873.
- World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Practitioners/Family Physicians. (2011). *The European Definition of General Practice / Family Medicine*. Global Family Doctor. WONCA. <https://www.globalfamilydoctor.com/site/DefaultSite/filesystem/documents/regionDocs/European%20Definition%20of%20general%20practice%203rd%20ed%202011.pdf>
- Wynn, K. (1990). Children Understanding of Counting. *Cognition*, 36(2), 155-193.
- Wynn, K. (1992). Addition and Subtraction by Human Infants. *Nature*, 358(6389), 749-750. DOI : 10.1038/358749a0
- Xu, F., & Spelke, E. (2000). Large Number Discrimination in 6-Month-Old Infants, *Cognition* 74(1), B1-B11. DOI : 10.1016/s0010-0277(99)00066-9

INDEX DES ANNEXES

Annexe 1 : Modèle du Triple Code de Dehaene et Cohen

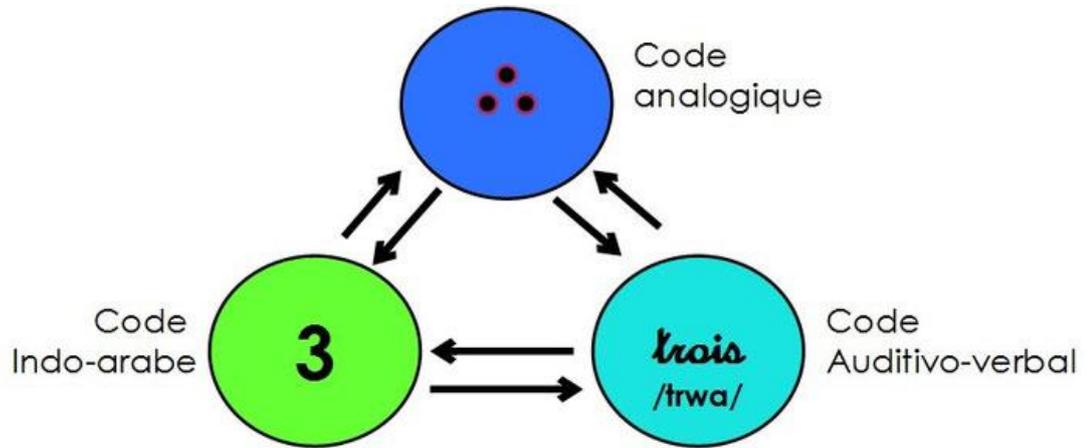
Annexe 2 : Lettre d'informations du projet

Annexe 3 : Grille et supports du DDML4

Annexe 4 : Notice explicative de la grille

Annexe 5 : Engagement éthique

Annexe 1 : Modèle du Triple Code de Dehaene et Cohen,
d'après Fresneau (2019)



Annexe 2 : Lettre d'informations du projet



UNIVERSITÉ DE NANTES
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DES TECHNIQUES MÉDICALES

Centre de Formation Universitaire en Orthophonie
Directeur : Pr Florent ESPITALIER
Co-Directrices Pédagogiques : Mme Typhanie PRINCE, Mme Emmanuelle PRUDHON
Directrice des Stages : Mme Annaïck LEBAYLE-BOURHIS

Lettre d'informations

Responsables du projet : Noémie Morais (étudiante en master 2 d'orthophonie), Anne Fournet et Anne Babin (orthophonistes et co-directrices).

Lieu de recherche : Centre de Formation Universitaire en Orthophonie (CFUO) de Nantes.

Madame, Monsieur

Nous vous proposons de participer de façon volontaire à un recueil de données sur le développement de la cognition mathématique et ses difficultés chez le jeune enfant.

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à ce recueil de données. Si vous acceptez, vous pouvez décider à tout moment d'arrêter votre participation sans donner de justification et sans conséquence particulière.

Vous pourrez prendre le temps pour lire et comprendre toutes les informations présentées ici, réfléchir à votre participation, et poser toute question éventuelle au responsable de l'étude ou à la personne réalisant le recueil de données.

But de la recherche : Cette étude a pour but d'élaborer une grille d'observation en situation permettant le dépistage des difficultés mathématiques et logiques chez des enfants de 4-5 ans.

Déroulement de l'étude et méthode : L'étude se déroulera en deux temps :

- Une première phase de passation de la grille DDML4 à un enfant présentant une plainte des apprentissages mathématiques et logiques.
- Une deuxième phase de retour sur la passation et sur l'outil. Cette deuxième phase pouvant s'effectuer de différentes manières : entretien téléphonique, mail ou rencontre.

Durée de l'étude : Cette étude se déroulera de mars à mai 2020.

Bénéfices attendus : La finalité de cette étude est de dépister précocement d'éventuelles difficultés mathématiques et logiques grâce à un outil balayant les prérequis nécessaires à l'enfant pour l'entrée dans les apprentissages fondamentaux et de réunir autour de cette thématique : médecins et orthophonistes.

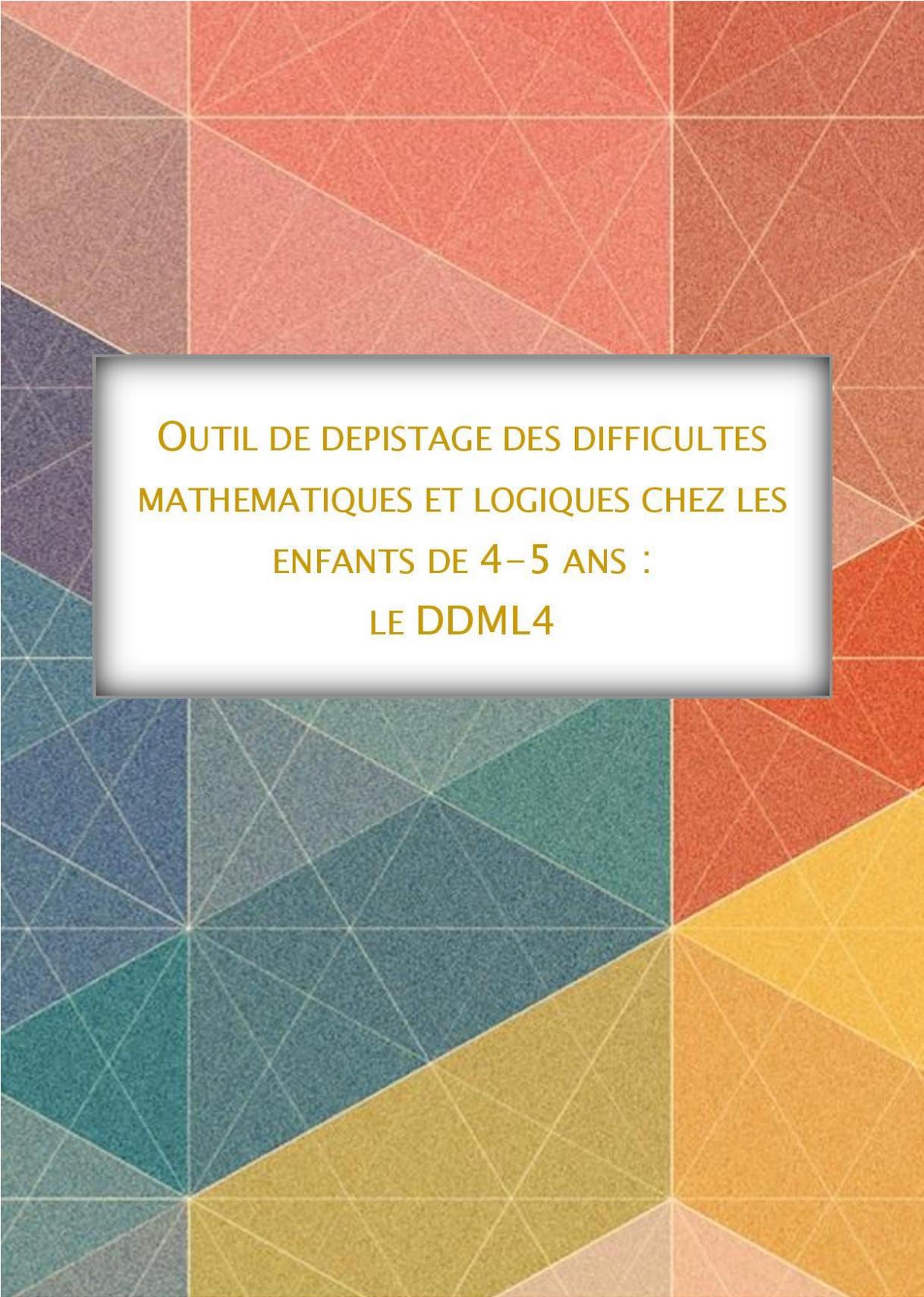
Frais : Aucune participation financière ne sera demandée aux personnes participant à l'étude.

Risques potentiels : Le recueil de données ne présente aucun risque sérieux prévisible pour les personnes qui s'y prêteront. Les données recueillies seront traitées anonymement et de manière confidentielle. Les résultats obtenus seront utilisés au sein de ce projet sans que l'identité des participants ne soit révélée. Aucun renseignement pouvant révéler leur identité ne sera dévoilé.

Nous vous remercions pour la lecture de cette lettre introductrice et nous nous tenons à votre disposition pour toute demande d'information supplémentaire.

MORAIS Noémie
noemie.morais@etu.univ-nantes.fr

Annexe 3 : Grille et supports du DDML4



OUTIL DE DEPISTAGE DES DIFFICULTES
MATHEMATIQUES ET LOGIQUES CHEZ LES
ENFANTS DE 4-5 ANS :
LE DDML4

DDM14 - DEPISTAGE DES DIFFICULTES MATHEMATIQUES ET LOGIQUES CHEZ L'ENFANT DE 4-5 ANS



Date de la passation :
Année scolaire : MSM ou GSM

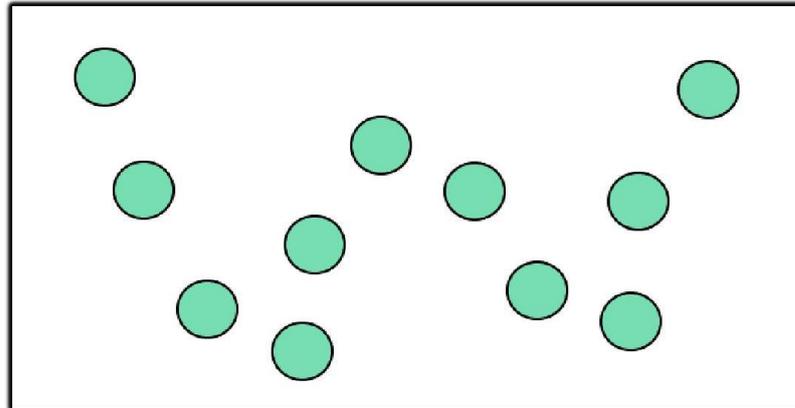
Nom :
Prénom :

Date de naissance :
Sexe :

Déroulement	Domaines testés	Consignes	Observations	Notation
1- Socle des apprentissages mathématiques Si réussite → 2 Si échec → 5	Comptage	« Jusqu'ou tu sais compter ? Vas-Y... » (Arrêt à 16)		0 – 1
	Dénombrément	Présenter la page avec des ronds verts. « Peux-tu compter tous les ronds ? »		0 – 1
	Subitizing	« Je vais te montrer ma main pendant peu de temps. Tu essaies de me dire combien j'ai de doigts levés mais tu n'auras pas vraiment le temps de les compter. » (3-7-5-6)		0 – 1
2- Représentations Si réussite → 3 Si échec → arrêt	Décision numérique écrite	Présenter la page avec des nombres et des symboles. « Je vais te montrer des dessins, je voudrais que tu me montres les nombres. »		0 – 1
	Décision numérique orale	« Je vais te dire des mots. Tu me dis si ce sont des nombres ou pas. » (Sept-Dimanche-Onze-Deuzante-Juliet-Cinq - Trente-Quatorze-Dinze-Jeudi)		0 – 1
	Comparaisons de quantités	Présenter la page avec les duos de nuages de points à comparer. « Je voudrais que tu regardes ces points et que tu décides dans quelle case il y a le plus de points. Ne compte pas les points, regarde seulement. »		0 – 1
	Lecture de nombres	Présenter la page avec les nombres arabes à lire. « Voilà des nombres, peux-tu les lire tout haut ? »		0 – 1
3- Transcodages Si réussite → 4 Si échec → arrêt	Comparaisons nombres/quantités	Présenter la page avec les nombres et les points à comparer. « Je voudrais que tu regardes ces points et ces nombres. Tu me dis si c'est pareil ou pas pareil. »		0 – 1
	Comparaisons mots-nombres/quantités	Présenter la page avec les nuages de points seuls. « Je vais te dire des nombres. Je voudrais que tu me dises si c'est pareil ou pas pareil que les points sur la feuille. » (1 – 2 – 4)		0 – 1
	Addition	Présenter la page de supports imagés (avec les crayons). « Sur la feuille bleue, il y a cinq crayons, et sur la feuille rose, il y a trois crayons. Combien y a-t-il de crayons en tout ? » (8)		0 – 1
4- Opérations Fin	Soustraction	Présenter la page de supports imagés (avec les pêches). « Sur la table, il y a sept pêches. Si les enfants en mangent trois, combien restera-t-il de pêches ? » (4)		0 – 1
	Classification	Présenter les 9 cartes à trier. « Voici des cartes. Mets ensemble ce qui va bien ensemble. »		0 - 0,5 - 1
5- Structure logique Fin	Sérialisation	Présenter les 5 bandelettes à ranger. « Tu vois ces bandes ? Range-les le mieux possible. »		0 – 1

SUPPORTS AUX EPREUVES

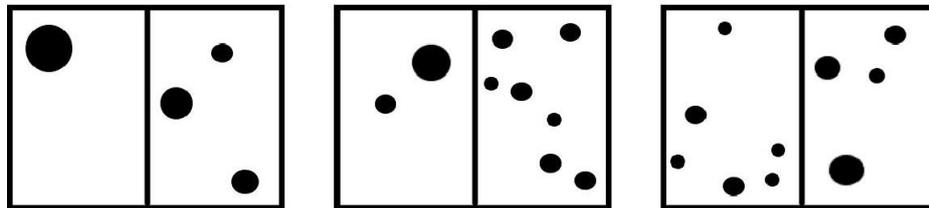
▪ DENOMBREMENT



▪ DECISION NUMERIQUE ECRITE

3 f 8 6 a § 9 @

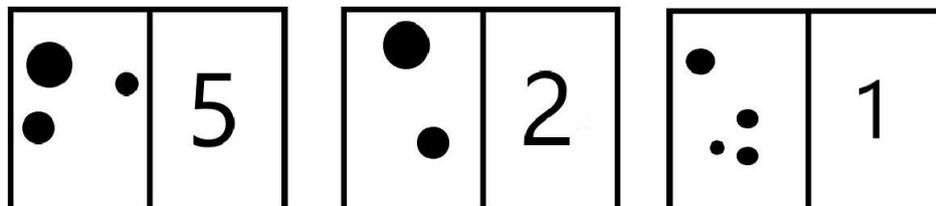
▪ COMPARAISON DE QUANTITES



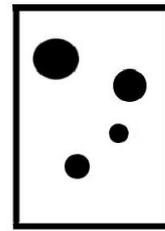
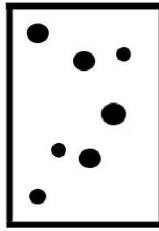
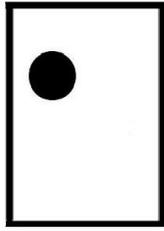
▪ LECTURE DE NOMBRES

3 6 8 12 14 20

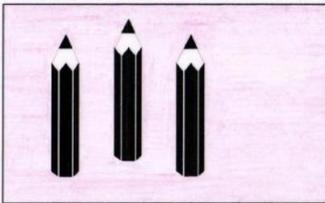
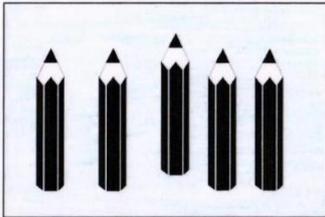
▪ COMPARAISON DE NOMBRES ET DE QUANTITES



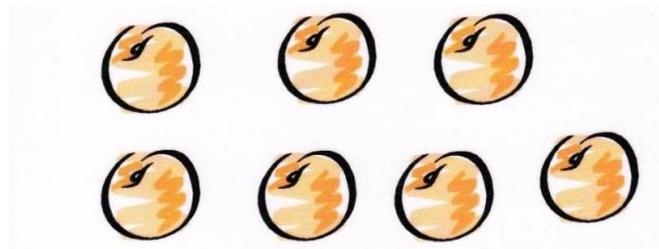
▪ COMPARAISON DE MOTS-NOMBRES (A L'ORAL) ET DE QUANTITES



▪ ADDITION



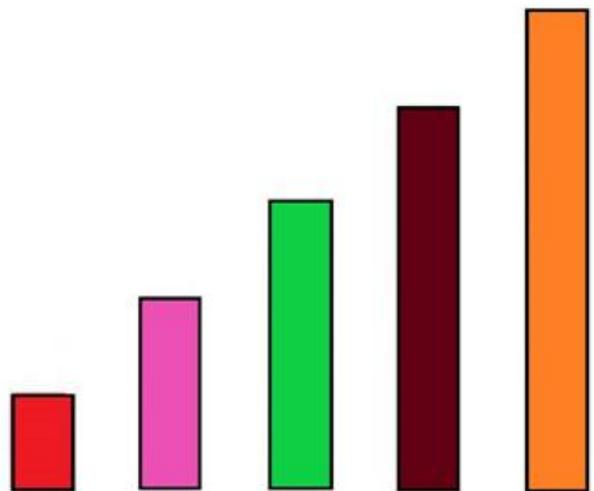
▪ SOUSTRACTION



▪ CLASSIFICATION



▪ SERIATION



Annexe 4 : Notice explicative de la grille

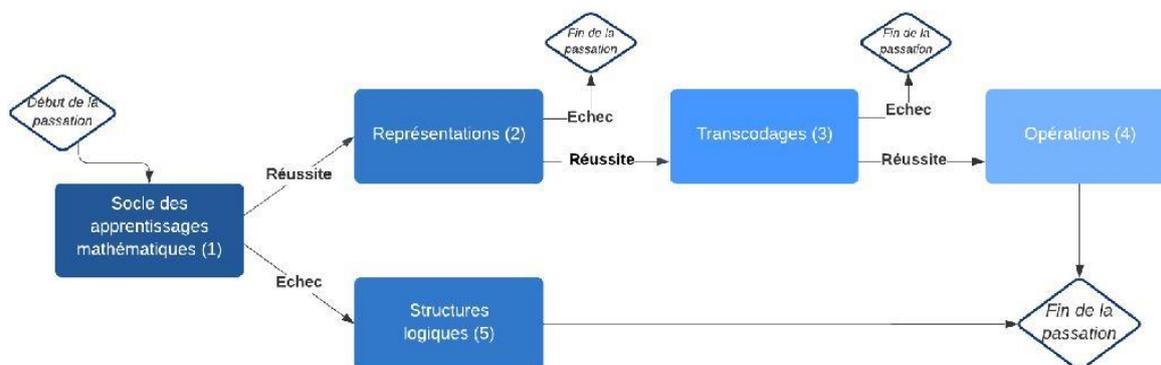
Notice explicative de la grille DDML4

La **cognition mathématique** est le terme qui regroupe les compétences nécessaires à l'apprentissage des mathématiques. Ce domaine recouvre des activités très diverses qui impliquent des opérations mentales globales, de nombreuses fonctions cognitives et des structures logiques élémentaires. Lorsque l'enfant développe ce domaine, il révèle ses habiletés à comprendre et utiliser les nombres, et plus globalement, à raisonner et penser.

Avant même l'entrée au CP, l'enfant présente de multiples capacités dans le domaine de la cognition mathématique. Le **dépistage précoce** permet de repérer et prendre en charge le plus tôt possible les difficultés mathématiques et logiques qu'il peut déjà présenter. Le but de cette démarche est d'éviter leur accumulation et limiter les conséquences sur les autres sphères du développement et sur la vie quotidienne de l'enfant.

Cette **grille d'observation** propose une mise en situation pour les enfants âgés de 4 à 5 ans scolarisés en moyenne section ou en grande section de maternelle. L'utilisation de différents bilans de dépistage ou de diagnostic des difficultés logiques et mathématiques* ont permis la construction de cet outil. Il se fonde sur les habiletés mathématiques et logiques acquises avant 4 ans, nécessaires au développement de l'enfant.

Cette grille est constituée de 13 items répartis en 5 blocs. Tous les items ne seront pas présentés lors d'une même passation. Le choix des items et **le déroulé de la passation** s'adaptent aux capacités de l'enfant lors de la mise en situation. L'arbre décisionnel représentant les différentes voies de passation se trouve ci-dessous.



Ainsi, la durée fluctue entre la passation de 2 à 4 blocs (ou 5 à 11 items), soit entre 4 et 8 min environ. La cotation de chaque item s'effectue par 0 (échec) ou 1 (réussite).

Avant de démarrer la passation, il sera important de se familiariser avec la grille, son déroulé et les items la constituant ainsi que de préparer tout le nécessaire (grille, matériels fournis) pour faciliter la passation.

*Outils utilisés : Tedi-MATH, UDN II, Numeracy Screener, MathEval, BMT-i

Présentation des blocs et des items :

I. SOCLE DES APPRENTISSAGES MATHÉMATIQUES

Ce bloc explore les connaissances de la suite numérique (comptage), la capacité à compter tous les éléments d'une collection (dénombrement) et la capacité d'estimation rapide et précise de petites quantités (subitizing). Ces trois domaines sont les fondations de la représentation du nombre.

1. COMPTAGE

Consigne : « Jusqu'où tu sais compter ? Vas-y... »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant compte jusqu'à 16 ou au-delà, sans erreur. Accordez 0 dans le cas contraire.

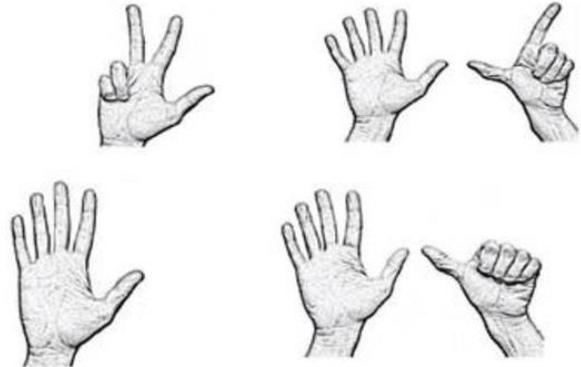
2. DENOMBREMENT

Consigne : Présentez la page avec des ronds verts. « Peux-tu compter tous les ronds ? »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant présente une bonne coordination pointage et énumération de la suite numérique, et dénombre 11 ronds, sans erreur. Accordez 0 dans le cas contraire.

3. SUBITIZING

Consigne : « Je vais te montrer ma main pendant peu de temps. Tu essaies de me dire combien j'ai de doigts levés mais tu n'auras pas vraiment le temps de les compter. » Présentez successivement vos doigts selon les configurations pour les nombres 3-7-5-6 tel que →



Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant énonce le mot-nombre attendu, sans compter les doigts. Il est nécessaire que l'enfant réponde dans un temps court de quelques secondes. Accordez 0 si la réponse est erronée ou présente un temps de latence.

→ Les 3 épreuves sont nécessaires pour valider la compétence du bloc.

II. REPRESENTATIONS

Selon le modèle du Triple Code de Dehaene et Cohen (1992), le traitement numérique repose sur trois codes : arabe, verbal et analogique. Les trois représentations sont indépendamment testées ici.

4. DECISION NUMERIQUE ECRITE

Consigne : Présentez la page avec des nombres et des symboles. « Je vais te montrer des dessins, je voudrais que tu me montres les nombres. »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant montre tous les nombres de la page. Accordez 0 si l'enfant oublie un nombre ou inclut un mauvais symbole.

5. DECISION NUMERIQUE ORALE

Consigne : « Je vais te dire des mots. Tu me dis si ce sont des nombres ou pas. » Énoncez successivement chaque mot et attendez la réponse de l'enfant.

Mots à énumérer : Sept-Dimanche-Onze-Deuzante-Juillet-Cinq -Trente-Quatorze-Dinze-Jeudi

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant repère l'ensemble des nombres cités. Accordez 0 si l'enfant en oublie ou inclut un mauvais mot.

6. COMPARAISON DE QUANTITES

Consigne : Présentez la page avec les duos de nuages de points à comparer. « Je voudrais que tu regardes ces points et que tu décides dans quelle case il y a le plus de points. Ne compte pas les points, regarde seulement. »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant désigne les 3 encadrés attendus. Accordez 0 à la moindre erreur ou non réponse.

→ Les 3 épreuves sont nécessaires pour valider la compétence du bloc.

III. TRANSCODAGES

Le modèle du Triple Code ajoute des relations liant chacun des trois codes entre eux. Ce bloc teste chaque relation : arabe-verbal (lecture de nombres), arabe-analogique (comparaison de nombres et de quantités), verbal-analogique (comparaison de mots-nombres et de quantités).

7. LECTURE DE NOMBRES

Consigne : Présentez la page avec les nombres arabes à lire. « Voilà des nombres, peux-tu les lire tout haut ? »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant lit correctement les 6 nombres. Accordez 0 à la moindre erreur ou non réponse.

8. COMPARAISON DE NOMBRES ET DE QUANTITES

Consigne : Présentez la page avec les nombres et les points à comparer. « Je voudrais que tu regardes ces points et ces nombres. Tu me dis si c'est pareil ou pas pareil. »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant répond correctement pour les 3 encadrés. Accordez 0 à la moindre erreur ou non réponse.

9. COMPARAISON DE MOTS-NOMBRES ET DE QUANTITES

Consigne : Présentez la page avec les nuages de points seuls. « Je vais te dire des nombres. Je voudrais que tu me dises si c'est pareil ou pas pareil que les points sur la feuille. » Ensuite, énoncez successivement : 1 – 2 – 4.

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant répond correctement pour les 3 encadrés. Accordez 0 à la moindre erreur ou non réponse.

→ Les 3 épreuves sont nécessaires pour valider la compétence du bloc.

IV. OPERATIONS

Ce bloc met en évidence les capacités de l'enfant à manipuler des symboles en respectant des règles de transformations, ajout ou retrait.

10. ADDITION

Consigne : Présentez la page de supports imagés (avec les crayons).

« Sur la feuille bleue, il y a cinq crayons, et sur la feuille rose, il y a trois crayons. Combien y a-t-il de crayons en tout ? » (8)

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant répond correctement. Accordez 0 dans le cas contraire.

11. SOUSTRACTION

Consigne : Présentez la page de supports imagés (avec les pêches).

« Sur la table, il y a sept pêches. Si les enfants en mangent trois, combien restera-t-il de pêches ? » (4)

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant répond correctement. Accordez 0 dans le cas contraire.

→ Les 2 épreuves sont nécessaires pour valider la compétence du bloc.

V. STRUCTURE LOGIQUE

12. CLASSIFICATION

Cet item évalue la capacité de l'enfant à réunir en petits tas des éléments qui vérifient au moins une propriété commune. Elle est essentielle en tant que prérequis à la numération car nécessaire pour construire la classe numérique et la cardinalité du nombre. Plus largement, cette structure logique permet à l'enfant d'organiser le monde qui l'entoure, son lexique et sa pensée.

Consigne : Présentez les 9 cartes à trier. « Voici des cartes. Mets ensemble ce qui va bien ensemble. »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant présente deux tris successifs (forme/couleur ou couleur/forme). Accordez 0,5 si l'enfant propose un seul de ces tris. Accordez 0 si l'enfant ne rassemble pas les cartes en tas ou si aucun critère (ni couleur ni forme) ne ressort de son tri.

13. SERIATION

Cet item renvoie à la capacité d'établir des relations d'ordre. Elle est nécessaire pour la numération et l'ordinalité du nombre. Cette structure logique nécessite la comparaison et la coordination des éléments entre eux.

Consigne : Présentez les 5 bandelettes à ranger. « Tu vois ces bandes ? Range-les le mieux possible. »

Critère de réussite : Accordez 1 point si l'enfant range les bandelettes en ordre croissant ou décroissant. Accordez 0 si l'enfant propose un mauvais ordre ou s'il oublie une baguette.

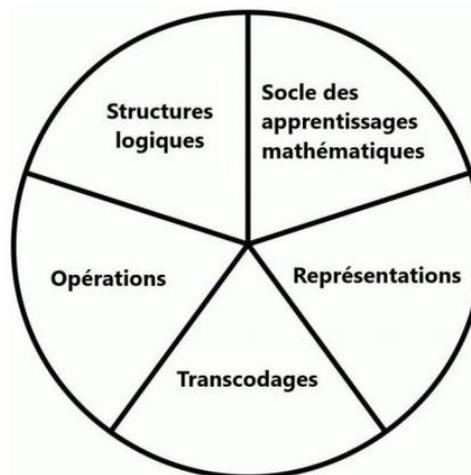
Résultats :

Une fois la passation effectuée, le score total s'appréciera sur 5, 1 point par bloc. Il sera couplé à une analyse clinique du praticien.

Un diagramme fait suite. Il peut être colorié pour mettre en avant les compétences de l'enfant.

Pour le compte des points, on remarquera que le nombre d'épreuves passées variera fortement d'un enfant à l'autre. Ainsi, il est important de comprendre le fonctionnement de la passation. Lorsque l'enfant échoue dans un domaine, cela provoque la non-passation d'autres domaines qui sont alors considérés eux aussi comme des échecs. Par exemple, un échec du bloc de transcodages impliquera un échec du bloc des opérations (cf. arbre décisionnel).

En revanche, on notera le cas à part du bloc des structures logiques. La non-passation des épreuves de classification et de sériation implique leur réussite. En effet, ces épreuves sont des prérequis à l'installation du nombre. C'est pourquoi, la réussite des autres items, qui concernent tous la numération, sous-entend que les habiletés de ces structures logiques soient déjà mises en place chez l'enfant. Il n'est donc pas nécessaire de les tester.



Lorsque le score total est établi et le diagramme rempli, le praticien pourra déterminer la marche à suivre selon l'observation des capacités de l'enfant.

- Soit **aucune difficulté** n'est présente, l'enfant a réussi chaque épreuve qui lui a été présentée. Dans ce cas, il ne nécessite aucune action spécifique. Si la plainte de la famille ou de l'enseignant doit être rassurée, il conviendrait de garder une note de cette passation et de cette plainte, qui pourra être réévaluée lors de la prochaine visite médicale de l'enfant.
- Soit **un bloc ou plus ont été échoués**. Dans ce cas, il conviendra de parler aux parents des difficultés observées afin d'évoquer des conseils de prévention et une consultation chez un spécialiste pour des examens complémentaires. Ce score déficitaire peut signifier de sévères difficultés mathématiques et logiques. En associant la plainte évoquée, qui exprime des difficultés au quotidien, et un score déficitaire à un test de dépistage, cela donne un signal d'alarme important. Il est nécessaire d'approfondir les recherches sur les difficultés que présente l'enfant. Par la suite, il sera envisageable de proposer des adaptations dans les apprentissages ou une rééducation orthophonique si nécessaire pour favoriser le développement de l'enfant.

Afin d'accompagner les parents dans leur recherche d'informations, le partage de sites internet fiables pourrait leur fournir des repères dans le développement mathématique et logique de leur enfant. Sites internet d'information :

<https://dyscalculieenmaternelle.jimdofree.com/>

<https://www.allo-ortho.com/mon-enfant-ne-connait-pas-la-comptine-des-nombres/>

Annexe 5 : Engagement éthique



UNIVERSITÉ DE NANTES
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DES TECHNIQUES MÉDICALES
Centre de Formation Universitaire en Orthophonie
Directeur : Pr Florent ESPITALIER
Co-Directrices Pédagogiques : Mme Typhanie PRINCE, Mme Emmanuelle PRUDHON
Directrice des Stages : Mme Annaick LEBAYLE-BOURHIS

U.E. 7.5.c Mémoire
Semestre 10

ANNEXE 8 **ENGAGEMENT ÉTHIQUE**

Je soussigné(e) Noémie MORAIS, dans le cadre de la rédaction de mon mémoire de fin d'études orthophoniques à l'Université de Nantes, m'engage à respecter les principes de la déclaration d'Helsinki concernant la recherche impliquant la personne humaine.

L'étude proposée vise à élaborer un outil de dépistage pour des difficultés mathématiques et/ou logiques chez les enfants de 4-5 ans à destination des médecins.

Conformément à la déclaration d'Helsinki, je m'engage à :

- informer tout participant sur les buts recherchés par cette étude et les méthodes mises en œuvre pour les atteindre,
- obtenir le consentement libre et éclairé de chaque participant à cette étude
- préserver l'intégrité physique et psychologique de tout participant à cette étude,
- informer tout participant à une étude sur les risques éventuels encourus par la participation à cette étude,
- respecter le droit à la vie privée des participants en garantissant l'anonymisation des données recueillies les concernant, à moins que l'information ne soit essentielle à des fins scientifiques et que le participant (ou ses parents ou son tuteur) ne donne son consentement éclairé par écrit pour la publication,
- préserver la confidentialité des données recueillies en réservant leur utilisation au cadre de cette étude.

Fait à : Nantes Le : 20/05/20

Signature

Titre du Mémoire : COGNITION MATHÉMATIQUE CHEZ LE JEUNE ENFANT :
Création d'un outil de prévention à destination des médecins

RESUME

De nombreuses études soulignent l'acquisition précoce de la mathématique chez le bébé et le jeune enfant, ainsi que la présence de difficultés pour certains. Dans le cadre de la prévention, un manque de moyens pour le dépistage est particulièrement constaté dans le domaine de la cognition mathématique. En réponse à ce constat, notre projet consiste en l'élaboration d'un outil à destination des médecins pour le dépistage des enfants de 4-5 ans présentant de sévères difficultés mathématiques et/ou logiques. Des recherches nous ont conduite au choix de tests préexistants pour la construction de notre outil. L'intégration des médecins a été fondamentale pour l'adaptation à leur pratique. L'ensemble de ce travail a conduit à la création du test de Dépistage des Difficultés Mathématiques et Logiques de l'enfant de 4 ans (DDML4). Le DDML4 présentent plusieurs intérêts telle qu'une durée de passation rapide, ou des fondements théoriques à la fois piagétien et cognitivistes. Selon les médecins participants à notre étude, l'outil finalisé est satisfaisant. Cependant, des réajustements sont à prévoir.

MOTS-CLES

Cognition, Dépistage, Maternelle, Mathématique, Médecin, Orthophonie, Outil, Prévention

ABSTRACT

A large number of studies highlight the early acquisition of mathematics by babies and young children, as well as the existence of difficulties for some of them. In regards to prevention, a lack of means to detect those difficulties is especially notable in the field of mathematical cognition. As a response to this observation, our project consists in developing a tool intended for doctors for the detection in 4/5 year-old children of severe mathematical and/or logical difficulties. Research has led us to use preexisting tests in the making of our tool. The involvement of doctors was fundamental in adapting the tool to their practice. The whole of our work led to the creation of the Test for the Detection of Mathematical and Logical Difficulties in 4 year-olds (DMLD4). The DMLD4 presents several advantages, such as a short test duration, as well as both Piagetian and cognitivist theoretical bases. According to the doctors who took part in our study, the finalized tool is satisfactory. However, readjustments have to be considered.

KEY WORDS

Cognition, Doctor, Mathematic, Preschool, Prevention, Screening, Speech Therapy, Tool