

Année universitaire 2015/2016

**Mémoire pour l'obtention du
Certificat de Capacité en Orthophonie**

présenté par Anne-Laure AUFFRET
(née le 09/02/1982)

**LE GESTE EN REEDUCATION
DE LA COGNITION MATHÉMATIQUE,
apports de l'incitation à produire des gestes
lors de la résolution de problèmes d'équivalence**

Présidente du Jury : **Madame BOURHIS-LEBAYLE Annaïck**, orthophoniste,
chargée de cours à l'école d'orthophonie de Nantes

Directrice du Mémoire : **Madame FIOLEAU Lydie**, orthophoniste,
chargée de cours à l'école d'orthophonie de Nantes

Membre du Jury : **Madame PASQUIER-HONORE Anne**, orthophoniste

REMERCIEMENTS

Je remercie, Lydie Fioleau, pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire.

Je remercie Susan Goldin-Meadow et sa doctorante, Eliza Congdon, d'avoir pris le temps de répondre à mes interrogations.

Je remercie les orthophonistes qui m'ont fait confiance et transmis leur expérience tout au long de cette dernière année : Annaïck Bourhis-Lebayle, Anne Pasquier-Honoré, Juliette Terpereau et Chrystèle Rouaud ; ainsi que ceux qui m'ont accueillie depuis le début de ma formation.

Je remercie les patients qui ont accepté d'être observés et pris en charge par une étudiante.

Je remercie mes relecteurs attentifs : Ghislaine et Thomas.

Je remercie mes parents qui ont pris avec philosophie ma décision de retourner sur les bancs de l'université.

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.

SOMMAIRE

Introduction.....	10
1^{ère} PARTIE : CADRE THEORIQUE	11
1. LES GESTES.....	11
1.1 Définitions.....	11
1.2 Classification.....	12
1.3 Propriétés	12
2. GESTES ET LANGAGE	14
2.1 Les gestes aux origines du langage	14
2.1.1 Un langage originel gestuel.....	14
2.1.2 La théorie des neurones miroirs.....	15
2.1.3 La théorie de la cognition incarnée	16
2.2 Gestes et langage se développent en parallèle	17
2.2.1 L'étape pré-linguistique	17
2.2.2 Les énoncés d'un seul mot.....	18
2.2.3 Les énoncés de deux mots	19
2.2.4 La phrase	20
2.2.5 Qu'advient-il des gestes après l'apparition du langage oral ?	20
2.2.6 Les gestes conduisent vers l'abstraction.....	21
2.3 Les gestes dans le langage adulte	22
2.3.1 Les gestes facilitent l'accès au lexique et soulagent la mémoire de travail	22
2.3.2 Les gestes complètent l'information	23
2.3.3 Les gestes facilitent la communication	24

3. GESTES ET PENSEE.....	25
3.1 Gestes et formation des concepts	25
3.1.1 Rappels sur le développement de la pensée	25
3.1.2 Les gestes permettent l'expression d'une pensée globale	26
3.1.3 Les gestes aident à constituer la pensée	26
3.1.4 Les gestes donnent à voir la pensée.....	27
3.2 Gestes et cognition mathématique	28
3.2.1 Rappels sur le développement de l'intelligence	28
3.2.2 Lien entre utilisation des doigts et performances numériques.....	29
3.2.3 Les gestes favorisent les apprentissages.....	31
3.2.4 Les gestes révèlent un savoir implicite en mathématiques	32
4. LES GESTES EN ORTHOPHONIE	35
4.1 Les gestes en soutien au développement du langage.....	36
4.1.1 Les gestes dans les aspects phonétiques et phonologiques du langage	36
4.1.2 Les gestes pour permettre l'accès au sens et le développement du lexique ..	38
4.1.3 Les gestes comme soutien à la syntaxe du langage oral.....	39
4.2 Des gestes pour (r)établir la communication.....	40
4.2.1 Des techniques d'aide gestuelle apportées aux enfants sans langage	40
4.2.2 L'impact des gestes du partenaire privilégié dans la Maladie d'Alzheimer	41
4.3 Le geste pour remédier aux troubles	41
4.3.1 La méthode Gelbert dans la prise en charge de l'aphasie	41
4.3.2 L'utilisation du corps dans la prise en charge de la dyslexie	42
4.3.3 Une technique motrice dans la prise en charge du bégaiement.....	43
4.3.4 Le geste en rééducation vocale	43
4.4 Le geste pour optimiser les compétences cognitives.....	44
4.4.1 Le geste mental.....	44
4.4.2 Le geste dans les troubles du calcul et du raisonnement logique	45

5. OBJECTIFS ET PRINCIPES	46
5.1 Synthèse des théories	46
5.2 Question de recherche et hypothèses	46
5.3 Stratégie de recherche envisagée	47
5.4 Description synthétique de la méthode	47

2^{eme} PARTIE : APPLICATION PRATIQUE

1. METHODOLOGIE.....	48
1.1 Expériences princeps	48
1.1.1 Discordance gestes-parole et savoir implicite	48
1.1.2 Incitation à faire des gestes et répercussions sur les apprentissages.....	50
1.2 Participants	53
1.3 Matériel	54
1.4 Protocole	56
1.5 Codage des enregistrements vidéo	58
2. RESULTATS.....	60
2.1 Résultats quantitatifs	60
2.1.1 Stratégies spontanées observées	60
2.1.2 Stratégies observées après l'incitation aux gestes.....	61
2.1.3 Stratégies observées en situation de généralisation et à distance	63
2.2 Résultats cliniques.....	64
2.2.1 Chloé, quand la cognition mathématique est en place	64
2.2.2 Alexia, ce qui se comprend bien se « gestue » clairement.....	64
2.2.3 Jules, des gestes pour préciser le discours.....	65
2.2.4 Christelle, le geste comme soutien à la pensée	66
2.2.5 Marion, le temps laisse mûrir ce que présageaient les gestes	67

2.2.6	Andréa, des gestes pour atténuer l'insécurité cognitive	68
2.2.7	Gladys, des gestes parlant.....	70
2.2.8	Hugues, des difficultés non-verbales.....	70
2.2.9	Manuella, le questionnement plus aidant que les gestes	72
2.2.10	Jeanne, l'application de procédures qui ne font pas sens	72
2.2.11	Louison, un flot verbal et corporel difficile à canaliser	73
2.2.12	Louisa, la révélation est plus ancrée dans les gestes que dans les mots	75

3. DISCUSSION **77**

3.1	Interprétation des résultats quantitatifs	77
3.1.1	Quelles réponses apportées aux hypothèses ?	77
3.1.2	Limites de l'expérimentation.....	79
3.2	Interprétation des résultats qualitatifs	79
3.2.1	Profil clinique et gestualité des participants.....	79
3.2.2	Implications pour la pratique orthophonique.....	80

Conclusion **81**

BIBLIOGRAPHIE..... **82**

ANNEXES..... **87**

« Le geste part, le mot suit et parfois la pensée vient. »

Edouard Herriot

« En essayant continuellement, on finit par réussir.

Donc : plus ça rate, plus on a de chances que ça marche. »

Devise Shadok

INTRODUCTION

L'un des principaux objets de la pratique orthophonique est le langage, au sens large et sous de nombreux aspects : expression, compréhension, articulation, parole, discours, prosodie, communication, voix, raisonnement... Tous ces aspects renvoient au langage verbal c'est-à-dire à la production ou à la réception de mots. Pourtant les êtres humains, pour échanger entre eux, ne se limitent pas à cela. Pour comprendre et se faire comprendre, ils ont largement recours à un autre type de langage : le langage non-verbal.

Le langage non-verbal n'est pas négligé par les orthophonistes, qui le prennent plus ou moins en compte instinctivement, mais il n'est pas pour autant considéré comme faisant partie des fondements de la discipline. Nous verrons pourtant qu'il se retrouve à tous les carrefours du langage verbal et est utilisé à maintes reprises sur le terrain.

La présente recherche s'intéresse au rôle du langage non-verbal, plus précisément des gestes, dans la pratique orthophonique. Dans un premier temps, un cadre théorique préalable permettra de définir précisément les gestes, puis d'analyser leur implication dans le langage et dans la pensée, avant de décrire les outils gestuels déjà utilisés dans la pratique orthophonique actuelle. Dans un second temps, sur la base des travaux de Goldin-Meadow (1988, 2005, 2007, 2014, 2015), une application pratique tentera de mettre au jour l'intérêt des gestes du patient dans le champ de la rééducation de la cognition mathématique : ce que l'observation des gestes produits permet de savoir sur le fonctionnement cognitif du patient et ce que l'incitation à produire des gestes permet d'enclencher dans son élaboration de stratégies pour résoudre un problème.

1^{ERE} PARTIE : CADRE THEORIQUE

1. LES GESTES

1.1 Définitions

Le dictionnaire encyclopédique définit le geste comme un « mouvement du corps, principalement de la main, des bras, de la tête, porteur ou non de signification » (Le Petit Larousse, 2004, p. 510). Dans le champ de la psychologie expérimentale, Kendon (2000) précise que les gestes sont « un panel d'actions visibles du corps généralement perçues comme faisant plus ou moins partie de l'expression de la volonté d'une personne » (p. 49). Le concept de geste implique donc le haut du corps, le mouvement et l'expression.

Dans le domaine du langage, le geste est une action particulière du corps puisqu'elle n'a pas un effet direct sur le monde (Goldin-Meadow, 2015). Par exemple, le geste de « faire tourner » effectué par une rotation des doigts, paume vers le bas, n'a pas en lui-même d'action sur le monde ; il doit pour cela être appliqué sur un objet tel que le couvercle d'un pot. Et dans ce cas, il s'agit d'une action. Si par contre quelqu'un voit ce geste, l'interprète comme l'ordre d'ouvrir le pot, et l'exécute, le geste aura un effet indirect sur le monde via ses habiletés représentationnelles. Guidetti (1998) distingue deux types de gestes produits au cours d'une conversation. D'une part, les gestes conventionnels, ou « emblèmes » (McNeill, 2000) ; ils sont directement utilisés pour communiquer, sont porteurs d'une signification précise et peuvent se substituer au langage - comme par exemple le pouce et l'index formant un cercle pour signifier « OK ». D'autre part, les gestes non-conventionnels que sont les mouvements de la main accompagnant la parole ; ceux-ci n'ont pas de signification prédéfinie et ne peuvent pas être compris ni produits de façon isolée. Dans le cadre de cette recherche en orthophonie, c'est aux gestes non-conventionnels que nous nous intéresserons, c'est-à-dire aux gestes de la main qui accompagnent librement la parole et possèdent en cela une faculté de représentation de ce qui est dit ou pensé.

1.2 Classification

McNeill (1992) précise la définition des gestes non-conventionnels produits avec la parole en les classant selon quatre catégories. Il identifie, en premier lieu, les *gestes iconiques*, ou représentationnels, dont la forme est proche du contenu sémantique du discours. Il s'agit par exemple de mimer le fait de « courber un arbre vers l'arrière ». Les *gestes métaphoriques*, ensuite, sont également imagés mais représentent une idée abstraite ; par exemple, écartier les mains en forme sphérique pour évoquer le « genre film d'animation ». Les *gestes bâtons* quant à eux battent la mesure du discours. Ils soulignent le mot qu'ils accompagnent comme étant signifiant du point de vue pragmatique. C'est le mouvement que l'on peut faire, de l'intérieur vers l'extérieur ou du haut vers le bas, pour marquer l'arrivée d'un nouveau personnage dans la narration ou encore résumer une action. Ils soulignent les discontinuités du récit. Enfin, les *gestes déictiques* sont un mouvement de pointage de l'index ou de la main vers un objet ou un événement du monde réel ou vers une abstraction. C'est le geste de l'enfant qui montre le jouet qu'il veut avoir (pointage concret) ou du locuteur qui pointe un espace entre lui-même et son partenaire en lui demandant « d'où es-tu originaire, toi ? » (pointage abstrait vers la ville dont il était question auparavant dans leur conversation).

Pour l'ensemble de ces catégories, les gestes, produits spontanément, viennent étayer le discours en nous donnant à voir la parole du locuteur sous une forme imagée. McNeill (1992) les considère comme appartenant pleinement au langage ; non comme un embellissement ou une élaboration, mais comme faisant partie intégrante du processus du langage et de son utilisation.

1.3 Propriétés

Si les gestes appartiennent au langage, ils ne possèdent pas pour autant les mêmes propriétés que la parole qu'ils accompagnent (McNeill, 1992). Deux aspects fondamentaux distinguent les gestes de la parole : le rapport au temps et le rapport aux conventions. Tout d'abord, la parole se déroule sur l'axe du temps. Les mots se prononcent nécessairement les uns après les autres. La parole, de ce fait, segmente et linéarise la signification. Elle est divisée et jalonnée dans le temps. Les gestes, à l'inverse, sont globaux et synthétiques. Contrairement aux mots, les gestes peuvent réunir plusieurs significations. Par exemple, la phrase « Et il court devant lui. » se compose de cinq mots

représentant l'agent, l'action et la localisation, alors qu'un seul geste peut recouvrir l'ensemble de cette signification : la main à hauteur du torse allant vers l'avant et les doigts s'agitant.

Par ailleurs, les gestes ne sont soumis à aucune convention. Contrairement aux productions linguistiques, les gestes peuvent être produits par chaque individu comme il l'entend. Les gestes ne sont par exemple pas sujets aux oppositions qui structurent le langage sur le plan du sens et sur le plan des sons. Sur le plan du sens, le mot « chien » sera toujours différent de « chat », alors qu'un même geste peut recouvrir ces deux sens différents au fil du discours. Sur le plan du son, on différencie les mots grâce à la précision de la réalisation des phonèmes qui permet par exemple de distinguer « chien » (phonème [ʃ]) de « sien » (phonème [s]), alors que deux gestes réalisés de manières différentes par le locuteur peuvent recouvrir un seul et même sens.

Si les gestes se distinguent de la parole par leur aspect synthétique et par leur non-soumission à des conventions, ils partagent néanmoins, une propriété essentielle du langage : la symbolique. Tout comme les mots, les gestes représentent autre chose qu'eux-mêmes. Dans l'exemple cité plus haut, la main n'est pas la main mais le personnage, le déplacement n'est pas celui de la main mais celui du personnage, l'espace n'est pas l'espace physique du narrateur mais celui de l'histoire, les doigts qui bougent ne sont pas des doigts mais les pieds du personnage qui court. Selon Gunderson, Spaepen, Gibson, Goldin-Meadow et Levine (2015), les gestes permettent ainsi de faire le pont entre les représentations mentales préverbaux de l'enfant, basées sur les items du monde réel, et les symboles arbitraires de la parole. Les gestes ont en effet à la fois trait à la manipulation concrète puisqu'ils font appel aux mains, et à la représentation abstraite puisqu'ils font appel aux symboles. McNeill (1992) constate d'ailleurs que le geste se prépare avant que le mot qu'il accompagne ne soit prononcé. Le geste révèle ainsi la symbolique de l'énoncé dans sa forme primitive, à travers une image globale.

En résumé, par définition, les gestes impliquent le corps, notamment les mains, et font partie de l'expression du locuteur. Leur classification en gestes iconiques, métaphoriques, rythmiques et déictiques révèle qu'ils font partie intégrante du langage. Leurs propriétés - globalité, non-conventionnalité et représentativité - les lient à la parole sur le plan de la symbolique, tout en les en distinguant sur les plans temporels et conventionnels.

2. GESTES ET LANGAGE

Si, comme l'affirmait Descartes, le langage est le propre de l'homme, il semble que les gestes le soient également. A l'échelle de l'espèce humaine, les gestes ont été exploités dès les premiers échanges entre hominidés. A l'échelle du petit d'homme, l'usage spontané des gestes se reproduit au cours du développement de chaque enfant. A l'âge adulte, les gestes sont toujours largement présents dans l'expression des locuteurs. Ces trois « âges » gestuels sont présentés dans ce deuxième chapitre.

2.1 Les gestes aux origines du langage

2.1.1 Un langage originel gestuel

L'espèce humaine a d'abord dû utiliser ses mains pour communiquer. D'un point de vue anatomique tout d'abord, la paléontologie a montré que le tractus vocal de l'Homme de Néandertal (-250 000 à -28 000 ans) était peu disposé à l'articulation des sons de la parole (Bartolo, Bonnotte & Coello, 2014). Son larynx en position haute ne pouvait produire tous les sons nécessaires au langage articulé. Par ailleurs, son cortex était essentiellement adapté au contrôle des mouvements du corps et des segments corporels. C'est pourquoi les habiletés communicatives pré-linguistiques développées par nos ancêtres étaient vraisemblablement basées sur le répertoire gestuel des membres supérieurs plutôt que sur les sons émis par le tractus vocal.

D'un point de vue linguistique ensuite, les langues humaines sont fondées sur l'arbitraire du signe : le mot « chien » en Français ne signifie « chien » que parce qu'on a attribué tel sens à telle succession de sons. Avant de parvenir à ce système audio-vocal, purement symbolique et donc complexe, les langues humaines sont d'abord passées par un système visuel, plus concret, fondé sur l'iconicité : les gestes (Delaporte, 2002).

D'un point de vue culturel enfin, l'être humain a une tendance instinctive à rejouer les actions des personnes, les attitudes des objets inanimés qui l'entourent (Jousse, 2008a). On retrouve cette tendance dans le réflexe d'imitation du nouveau-né qui tire la langue en réponse à l'adulte qui lui tire la langue (Zazzo, 1957). C'est pourquoi, avant d'être doué de parole, l'homme aurait spontanément communiqué avec ses congénères en mimant l'objet de son message. Selon Bartolo et al. (2014), les pantomimes, ces descriptions gestuelles de l'utilisation d'un objet, seraient apparues à un moment critique

de l'évolution et auraient permis, par leur faculté de représentation, la transition des gestes symboliques au langage oral.

Les émissions vocales qui accompagnaient les gestes ont peu à peu pris le dessus pour libérer la main, lui permettant d'autres fonctionnalités que la communication. Puis la station debout, verticale, est allée de pair avec l'augmentation du volume du cerveau, la latéralisation des hémisphères, l'abaissement du larynx, le développement du système phonatoire et de l'ouïe. C'est l'ensemble de cette évolution qui a permis l'apparition du langage oral (Wulf, 2013) lorsque le geste interactionnel, corporel et manuel, fondé sur l'iconicité et l'instinct, s'est progressivement transposé aux muscles laryngo-buccaux.

L'ensemble de ces théories semble indiquer que le geste est un précurseur du langage oral et qu'il est intégré, dans sa forme symbolique, au langage humain moderne. Le mime originel s'est transformé en sons via les organes phonateurs, mais a conservé le mouvement via les gestes conversationnels. C'est pourquoi encore aujourd'hui, nombre d'interlocuteurs miment avec leur corps ou simplement avec la main l'action qu'ils sont en train de raconter. De même l'enfant qui récite une leçon, prononce avec sa bouche mais balance aussi ses bras voire tout son corps. Pour Jousse (2008b), « c'est qu'il est un être global. Il est UN. Il n'a pas d'un côté sa bouche et de l'autre côté son corps » (p. 228). Depuis les origines de l'espèce humaine, gestes et langage semblent donc fondamentalement intriqués.

2.1.2 La théorie des neurones miroirs

Une théorie neurologique vient appuyer la paternité des gestes par rapport au langage : le système des neurones miroirs. Les neurones miroirs sont des cellules situées dans trois aires du cortex cérébral : le sillon temporal supérieur, le lobule pariétal inférieur et le gyrus frontal inférieur. Ces neurones s'activent aussi bien lorsqu'on effectue une action que lorsqu'on observe quelqu'un réaliser cette action (Rizzolati, Fogassi & Gallese, 2007). Par exemple, boire une tasse de café active dans notre cerveau les mêmes neurones que regarder une autre personne boire une tasse de café. Les neurones miroirs « reflètent » ainsi sur notre cerveau, l'activité du cerveau de la personne observée. Ils nous permettent donc de réaliser des actions simples sans avoir à les planifier, et surtout de comprendre les actions d'autrui de manière directe, sans nécessiter de traitement cognitif.

Le mécanisme des neurones miroirs a ainsi facilité la communication entre nos ancêtres à deux niveaux : la compréhension directe et la parité (Rizzolati et al., 2007). Il permet, comme on l'a vu, la compréhension immédiate entre deux individus, sans qu'un accord préalable soit nécessaire puisque l'accord est inhérent à leur organisation neuronale individuelle. De cela découle la parité, c'est-à-dire que le sens du message soit le même pour l'expéditeur et le destinataire.

Selon Arbib, Gasser et Barrès (2014), l'hypothèse du système miroir, permet d'expliquer l'évolution des interactions humaines. L'homme de Néandertal est né avec des compétences praxiques, c'est-à-dire des compétences de coordination des mouvements en fonction d'un but. Il les a adaptées spontanément à la communication, à travers le mime d'actions concrètes. Or, le système des neurones miroirs fait du mime un outil de communication particulièrement efficace puisque, comme nous l'avons vu plus haut, l'action jouée par le locuteur est virtuellement vécue, donc immédiatement comprise, par l'observateur. A partir des échanges mimés, la communauté a progressivement ritualisé ces gestes et les a limités à des référents communs. Ces « proto-signes », quittant le mime simple pour s'approcher d'une représentation conventionnelle, ont permis une communication plus universelle et l'expression d'idées plus abstraites que celles permises par la pantomime. L'évolution des mimes gestuels, par le biais des neurones miroirs, aurait ainsi ouvert la voie au langage oral.

2.1.3 La théorie de la cognition incarnée

La théorie de la cognition incarnée soutient le lien entre langage et gestes par une autre entrée, celle du lien entre les mots et les actions. Selon Boulenger (2014), les connaissances sémantiques sont ancrées dans les systèmes dévolus à l'action et à la perception. Nos connaissances au sens large (« cognition ») se construisent à travers notre vécu (« incarnée »). En effet, nous apprenons nos premiers mots par l'action. Un enfant qui marche active ses neurones moteurs, pendant que ses parents lui fournissent le vocabulaire adéquat « tu marches ! », activant en parallèle les neurones du langage. Par la suite, pour comprendre un mot, nous réactivons les expériences sensori-motrices liées à ce mot et vécues lors des interactions de notre corps avec l'environnement. Le langage est donc ancré dans le système sensori-moteur. Les activités de notre propre corps avec le monde extérieur façonneraient ainsi, au moins en partie, l'accès à nos connaissances stockées en mémoire et contribueraient à la compréhension du langage.

En outre, la latéralisation des hémisphères cérébraux concentre le langage majoritairement dans l'hémisphère gauche. Or l'hémisphère gauche contrôle également les actions de la main dominante, chez 90 % de la population (Corballis, 2003, cité par Bartolo, Bonnotte & Coello, 2014). De ce fait, la main droite est généralement privilégiée pour la communication gestuelle. De même, les personnes atteintes d'aphasie de production sont généralement atteintes également d'une paralysie de l'hémicorps dominant. Par ailleurs, plusieurs observations cliniques ont révélé un lien étroit entre la présence de lésions dans les régions motrices du cerveau ou la présence de troubles de la motricité volontaire (maladie de Parkinson, maladie de Huntington, paralysie supra nucléaire progressive) et les troubles du langage lors du traitement des mots ayant un lien avec l'action (Bartolo et al., 2014). Notre compréhension du langage est donc intimement liée à nos expériences physiques, depuis les premiers apprentissages langagiers, jusqu'aux pathologies qui touchent l'adulte.

2.2 Gestes et langage se développent en parallèle

Tout comme ses lointains ancêtres, l'enfant n'attend pas d'avoir la parole pour communiquer. En effet, grâce au corps, il entre en relation précocement. Il suit du regard l'objet de son attention, il reproduit les mimiques faciales de son interlocuteur, agite les bras en signe d'excitation. Parallèlement, si la maturation neurologique est correcte, le milieu socio-culturel stable et l'éducation adéquate, le langage se développe progressivement. Le développement du langage se déroule en quatre étapes : l'étape pré-linguistique, l'étape des énoncés d'un seul mot, l'étape des énoncés de deux mots, l'étape des phrases (Bernicot, 1998). A chaque étape du langage, les gestes ont leur rôle à jouer.

2.2.1 L'étape pré-linguistique

Durant l'étape pré-linguistique, de zéro à un an, l'enfant acquiert des compétences communicationnelles déterminantes pour la construction du langage. Les premiers mois de sa vie, l'enfant communique à travers tout son corps, il crie, pleure, gesticule. C'est déjà une forme de langage, bien qu'il n'en soit pas conscient. Vers cinq mois, son contrôle articulaire et musculaire s'affine, il produit ses premières vocalisations. Il babille à partir d'une gamme de phonèmes d'abord très large puis circonscrite aux phonèmes de sa langue maternelle. Entre huit et douze mois il répète des formes stables (ex : « bababa »).

Durant cette étape, les gestes se précisent également. A partir de neuf mois, l'enfant entre dans les mécanismes de base de la communication. Il établit l'attention conjointe avec son interlocuteur, tournant son regard vers le même objet que lui. Il commence à utiliser le pointage et respecte le tour de rôle dans les échanges. L'enfant commence à produire des signes non-verbaux intentionnels : il adapte son message gestuel à l'interlocuteur et à la situation de communication.

2.2.2 Les énoncés d'un seul mot

Vers la fin de la première année, l'enfant utilise volontairement des ébauches de mots dans l'intention de communiquer. Il produit ces premiers mots, de manière isolée. Ils peuvent être référentiels, c'est-à-dire orientés vers les objets (ex : « atu » pour « voiture »), ou expressifs, c'est-à-dire orientés vers la communication (ex : « papa » pour appeler son père). Le mot seul ne suffit pas à en comprendre la signification. C'est l'interprétation par l'entourage à partir du contexte de communication (ex : « tu veux la voiture ? ») qui permet une interaction satisfaisante pour les deux interlocuteurs. Bruner (1987) souligne l'importance des « formats d'interaction » dans la mise en place du langage. Les formats d'interaction sont des actions conjointes standardisées qui par leur répétition permettent à l'enfant d'intégrer les conventions communicationnelles. La routine du « coucou-caché » par exemple, est très ritualisée. Un événement naturel provoque le jeu (ex : la mère sèche le bébé). Elle établit un contact explicite (« regarde doudou ») qui permet de focaliser l'attention du bébé sur le jeu. Elle cache l'objet sous la serviette et demande « où est doudou ? ». Après quelques secondes elle sort l'objet en disant « ah le voilà ! ». Le rituel permet à l'enfant de développer les structures formelles du langage : une structure fixe qui ressemble à une syntaxe, un thème partagé, la possibilité de s'insérer dans les pauses puis de devenir l'initiateur de l'échange. Les conventions régissent à la fois les activités sociales et la communication verbale. C'est pourquoi l'établissement de relations entre les règles sociales et les structures du langage est une étape cruciale de l'acquisition du langage.

A la même période, apparaît le geste de pointage vers une cible concrète (McNeill, 1992). L'enfant tend son index vers l'objet qui l'intéresse puis regarde en direction de l'adulte. La répétition de ce geste favorise le développement du langage sur deux plans. Il permet d'abord à l'enfant d'établir clairement avec son interlocuteur, l'attention conjointe nécessaire à tout échange, à travers une signification référentielle. D'autre part, puisque l'adulte donne à chaque fois le nom de l'objet pointé, ce geste contribue à accroître

considérablement et consolider le lexique de l'enfant jusqu'à atteindre 200 à 500 mots. Le geste en lui-même n'est pas d'une très grande importance dans l'acquisition du lexique ; c'est l'intensification de l'interaction avec la mère stimulée par le geste déictique qui a un effet bénéfique sur l'étendue du vocabulaire de l'enfant (Courson, Frak & Nazir, 2014).

Entre 12 et 18 mois, l'enfant produit également des « proto-gestes ». Ceux-ci impliquent tout le corps (ex : renifler pour dire « fleur », mettre un doigt devant le nez et le lever pour dire « éléphant »...). Ces gestes iconiques précoces diffèrent des gestes de l'adulte par deux aspects (McNeill, 1992). Chez l'enfant, l'espace du geste est l'espace réel, celui de son propre point de vue : il utilise un espace sphérique autour de lui-même ; alors que l'adulte se limite à un espace plat et rond situé entre lui et son interlocuteur. Par ailleurs, chez l'enfant, le timing des gestes est le même que celui de l'action réelle : l'enfant fond ses gestes les uns dans les autres ; alors que l'adulte repose les mains entre chaque signification. A ce stade, les gestes de l'enfant sont donc encore fortement ancrés dans la représentation concrète.

Cette période est parfois définie comme période de la bi-modalité. En effet, il ne semble pas se démarquer une distinction claire entre les gestes et les mots (Volterra, Caselli, Capirci & Pirchio, 2005). Toutefois, quand le système vocal commence à apparaître comme le mode principal de communication linguistique, les gestes passent d'une position d'équivalence communicative relative, par rapport à la production verbale, à un statut de support secondaire intégré à la parole.

2.2.3 Les énoncés de deux mots

Entre un et deux ans, l'enfant parle ou fait des gestes mais rarement les deux en même temps. En revanche, à partir de deux ans, l'enfant combine deux éléments. Il utilise pour cela une grammaire simplifiée (Bruner, 1987) : à un élément « pivot » (une action, une onomatopée), il associe un élément « ouvert » (un objet, une personne, un animal). Cette combinaison simple permet des relations sémantiques variées : l'existence (ex : « doudou là »), la disparition (« papa pa'ti »), la récurrence (« enco' tombé »), l'attribution, la localisation, la possession (« moi ça »), le bénéfice, l'instrumentation, l'agent d'une action (« chat griffe »), le patient d'une action (« bonbon mangé »). L'enfant précise progressivement la classe « pivot » et la classe « ouverte » en sous-classes pour s'approcher d'une grammaire semblable à celle de l'adulte.

L'émergence de cette pré-syntaxe est largement influencée par la façon dont l'interlocuteur privilégié du bébé lui adresse la parole. Le « langage adressé à l'enfant » (LAE) (Khomsi, 1982) comporte trois caractéristiques : il est simple (énoncés courts, vocabulaire concret), bien formé (articulation soignée, hauteur légèrement plus aigue pour maintenir l'attention) et redondant (répétition des énoncés). Volterra et al. (2005) ont montré qu'il en est de même pour le langage gestuel. Les gestes adressés à l'enfant mettent l'accent sur les expressions gestuelles déictiques qui servent à désigner des référents dans un contexte immédiat. Les « GAE » sont donc également simplifiés. Les gestes iconiques, métaphoriques et bâtons produits habituellement entre adultes, trop abstraits, sont supprimés. Ce contexte très structuré, à la fois sur le plan verbal et gestuel, permet à l'enfant de construire à son tour des énoncés de deux mots.

2.2.4 La phrase

A partir de trois ans, l'enfant commence à produire des énoncés de trois mots. Il associe un syntagme nominal à un syntagme verbal et produit ainsi ses premières phrases. Entre deux et six ans, le syntagme nominal s'enrichit. Il s'agit d'abord de noms seuls, puis de pronoms ; s'ajoutent des articles, des adjectifs, des prépositions puis des adverbes. Son lexique comprend près de 2000 mots. Le syntagme verbal se développe entre quatre et six ans. A l'emploi du verbe être, s'ajoute celui des auxiliaires, de l'infinitif, de l'indicatif présent, du futur périphrastique (« il va venir »), puis des formes plus fines comme l'imparfait et le conditionnel. Vers l'âge de cinq ans, la grammaire produite par l'enfant est semblable à celle de l'adulte.

Du point de vue gestuel, l'enfant de trois ans produit de plus en plus de gestes iconiques. Puis vers cinq ans, avec l'élaboration du langage, apparaissent les premiers gestes bâtons (McNeill, 1992). Tout comme l'adulte, l'enfant commence à utiliser ses mains de manière abstraite pour marquer les discontinuités de son discours. A partir de cette période, le geste est réalisé en même temps que la parole, un lien dorénavant indissoluble.

2.2.5 Qu'advient-il des gestes après l'apparition du langage oral ?

Le développement du langage, chez le tout-petit a été envisagé, comme chez l'homme préhistorique, comme le remplacement d'un système de communication gestuel par un système de communication verbal (Capirci et al., 1996, cités par Guidetti, 1998).

Les gestes produits par le jeune enfant seraient un mécanisme de transition au cours du processus d'acquisition du langage. Il y aurait ainsi une relation prédictive entre la communication gestuelle précoce et le développement ultérieur du langage : le nombre de gestes et le nombre de combinaisons gestes / mots produits à 16 mois prédisent la production vocale à 20 mois. Le langage oral se construirait ainsi sur la base du répertoire gestuel acquis au cours des toutes premières années de la vie.

Cependant, Bartolo et al. (2014) précisent que les gestes restent influents lorsque les capacités de communication orales apparaissent. Guidetti (1998) constate en effet, que l'utilisation du geste perdure après l'apparition du langage oral. Le comportement gestuel n'est donc pas seulement transitoire mais joue un rôle dans la communication. Nous développerons cela dans le paragraphe (§ 2.3) consacré à l'utilisation des gestes chez l'adulte.

2.2.6 Les gestes conduisent vers l'abstraction

Au cours du développement, les premières représentations de l'enfant s'appuient sur des modèles sensori-moteurs qui associent vocalisations et mouvements gestuels. Par la suite, le geste manifeste les images pré-verbales. En effet, il apparaît généralement en avance de quelques millisecondes par rapport aux mots qu'il accompagne (Barrier, 2014).

Pour les adultes, les gestes sont des symboles car leurs mains peuvent revêtir librement différentes significations. La même configuration peut représenter des mains, des personnes, des objets, des idées abstraites. Il y a une distinction nette entre signifiant et signifié. Pour les enfants, les gestes sont moins symboliques ; ils restent proches de la représentation. Les jeunes enfants agissent comme si la forme du signifiant devait nécessairement être reliée au signifié. Selon Courson et al. (2014), le geste aiderait l'enfant à apprendre à manipuler la symbolique tout en évitant la surcharge cognitive. En restant proche des caractéristiques concrètes de l'objet, l'enfant allège l'effort de représentation, cependant, en utilisant le geste plutôt que la manipulation directe, il accède déjà au concept de l'objet. La formation des symboles, pour les gestes comme pour les mots, implique que les signifiants parviennent à avoir des liens flexibles avec les signifiés et que l'arbitraire augmente. Au fur et à mesure que l'enfant accède au symbole, ses gestes évoluent quant à leur taille, l'utilisation de l'espace, le timing, la relation entre gestes, etc. (McNeill, 1992).

2.3 Les gestes dans le langage adulte

La dernière étape du développement du langage est l'étape méta-linguistique. L'enfant adopte une attitude discursive, il réfléchit à ce qu'il dit (il réfléchit en mots sur les mots) et parvient ainsi à contrôler ses actes de langage. Ce faisant, longtemps après que le langage oral a atteint le stade adulte, les gestes perdurent dans le discours. En effet, ils contribuent à son élaboration sur plusieurs plans : l'accès au lexique, le complément d'information et la facilitation de la communication.

2.3.1 Les gestes facilitent l'accès au lexique et soulagent la mémoire de travail

Selon Krauss, Chen et Gottesman (2000), les gestes permettent une réduction de la tension pendant la recherche lexicale : la frustration générée par le fait de ne pas trouver un mot se trouve soulagée par les gestes que le locuteur réalise pendant la recherche de celui-ci. Par ailleurs, le geste lui-même contribue à la récupération lexicale du mot manquant : si le format verbal ne vient pas d'emblée, le geste, par son format représentationnel permet d'accéder au mot stocké en mémoire par la porte d'entrée visuelle ou kinesthésique (ex : « hier, je suis allé à.... [petits mouvements de brasse avec les mains]... à la piscine. »).

Toujours selon Krauss et al. (2000), les gestes expriment une idée que le locuteur cherche à exprimer par la parole mais qu'il ne parvient pas à formuler verbalement. Effectuer cette recherche du mot juste sollicite la mémoire de travail et entrave pendant ce temps la possibilité de planifier le discours à venir. Exprimer l'idée en gestes permet alors, soit de trouver le mot recherché, comme vu précédemment, soit de lui fournir un remplaçant visuel. Le geste met fin à la recherche et libère la mémoire de travail qui peut à nouveau maintenir actives les informations à organiser pour produire un discours cohérent. Extérioriser la pensée par le geste économise une énergie cognitive qui peut alors être mise à profit ailleurs (Goldin-Meadow, 2005).

Ces liens entre gestes et accès au lexique et gestes et mémoire de travail ont pour conséquence que les gestes contribuent à fluidifier le discours. Lorsque, dans le cadre d'une expérimentation, on empêche les locuteurs de produire des gestes, la communication orale se trouve entravée. Le locuteur cherche ses mots, doit reformuler ses phrases (Bartolo et al., 2014). Dès lors que les gestes spontanés sont rétablis, la communication se fluidifie.

2.3.2 Les gestes complètent l'information

Selon McNeill (1992), le locuteur intègre en une seule performance le mouvement gestuel et le segment linguistique co-expressif ; les deux présentant la même signification en deux formes combinées. Le geste peut alors être utilisé pour apporter un sens additionnel aux mots prononcés (Kendon, 2000). En effet, la représentation gestuelle est réalisée différemment du langage parlé et permet de ce fait de transmettre d'autres types d'informations que les mots. Les gestes peuvent, par exemple, représenter des relations spatiales (« il m'arrivait là [la main à plat paume vers le bas indique l'épaule du locuteur] »). Des formes peuvent également être créées pour représenter des objets concrets (ex : « le cambrioleur a fait un trou dans la porte pour entrer dans la pièce [la main dessine un rectangle au bas d'un mur proche] ».). Le geste peut aussi lever l'ambiguïté sur le sens d'un mot (ex : « pour ce projet, j'ai obtenu un financement local [l'index pointe la photographie]. » Le geste indique que la localité en question est celle du lieu montré par la photographie et non celle du contexte de communication). Le geste peut également représenter une sémantique plus globale qui n'émerge que morceau par morceau dans l'expression verbale (ex : « mon patron me demande de lui rendre un dossier du jour pour le lendemain [ouverture du pouce], mon fils tombe malade [ouverture de l'index] et on emboutit ma voiture [ouverture du majeur]... [la main à plat passe au-dessus de la tête du locuteur d'un geste court et net] » ; ici les mots donnent les faits, les mains montrent le ressenti du locuteur, submergé par la succession des événements). Cette couche de signification supplémentaire apportée par les gestes permet au locuteur de dépasser les limitations imposées par la linéarité temporelle des mots parlés.

Selon McNeill (1992), ce complément d'information fourni par les gestes vient du fait que les gestes ne sont pas affiliés à des mots mais plutôt à des concepts. Les gestes sont synchronisés avec la parole mais sont significativement reliés à un niveau supérieur d'information discursive. De Ruitter (2000) ajoute que « tous les mots ont une représentation conceptuelle sous-jacente mais toutes les représentations conceptuelles ne peuvent être exprimées par un mot » (p.291). Les gestes viendraient donc pallier la faiblesse des mots quand il s'agit d'exprimer une pensée plus élaborée.

2.3.3 Les gestes facilitent la communication

Très souvent, un geste révèle une fonction du discours que la phrase ne révèle pas ou du moins pas assez clairement pour qu'un observateur ne la remarque sans que cette fonction ne soit d'abord révélée par le geste (McNeill, 1992). Les gestes expriment notamment des paramètres narratifs tels que : la voix (qui parle ?), la perspective (de quel point de vue se place-t-on ?), la distance narrative (le locuteur est-il proche du fait qu'il expose ?), le niveau narratif (le locuteur donne-t-il son avis ou rapporte-t-il le discours d'un tiers ?). Via ces paramètres, les gestes permettent de mettre en avant ce qui est significatif dans le contexte immédiat et d'exclure ce qui l'est moins. Les gestes reflètent ainsi les fonctions du discours qu'ils accompagnent et permettent de suivre le locuteur dans la construction de ce discours. En cela les gestes facilitent la communication en soutenant la compréhension de l'interlocuteur.

En outre, plus le discours est discontinu, plus les gestes sont nombreux. Les gestes permettent ainsi de maintenir l'attention de l'auditeur active en marquant les pics de dynamisme communicatif (McNeill, 1992).

La communication gestuelle s'est établie dès les origines de l'espèce humaine : anatomiquement, neurologiquement et culturellement. Depuis lors, l'apparition des gestes se reproduit à chaque fois qu'un enfant développe le langage. A l'âge adulte, l'association entre gestes et parole est manifeste et constitue un processus unique de formation de l'énoncé, à la fois imagier et langagier. L'image naît la première, puis elle est transformée en une structure complexe dont les gestes et les mots font partie intégrante. McNeill (1992) avance plusieurs hypothèses pour expliquer la double modalité de l'expression : soit le geste traduit intégralement la phrase, soit les gestes sont une présentation visuelle indépendante de la phrase, soit le geste donne un aperçu de la partie immergée de l'iceberg qu'est la pensée. Kita (2000) opte pour cette dernière hypothèse et va au-delà : l'interaction constante entre ces deux modes de représentation (une image gestuelle globale et une structure linguistique segmentée) aiderait à constituer la pensée.

3. GESTES ET PENSÉE

Selon Vygotski (1985, cité par Bernicot, 1998), le langage précède la pensée : « un signe linguistique est toujours, à l'origine, un moyen utilisé dans un but social, un moyen d'influencer autrui, et seulement plus tard un moyen de s'influencer soi-même. » (p. 432). Maintenant qu'ont été étudiés les liens entre gestes et langage, ce troisième chapitre étudie donc les liens entre gestes et pensée.

3.1 Gestes et formation des concepts

3.1.1 Rappels sur le développement de la pensée

Vygotski (1934) décrit quatre stades fondamentaux dans le développement de la pensée : le stade primitif, le stade de la psychologie naïve, le stade du signe extérieur et le stade de la croissance en dedans. Le stade primitif est celui du langage pré-intellectuel (l'enfant produit des sons sans sens : cris, babillages) et de la pensée pré-verbale (l'enfant a des pensées mais ne peut pas les exprimer). A ce stade, le langage est de nature principalement émotionnelle. Sur le plan des gestes, son corps tout entier exprime ses émotions, à travers des gesticulations plus ou moins désordonnées.

Au deuxième stade, le stade de la psychologie naïve, l'enfant découvre par expérience naïve les propriétés de son corps et des objets. Sur le plan du langage, il comprend que chaque chose a un nom et l'utilise pour communiquer. Il maîtrise la syntaxe de la langue mais ne maîtrise pas encore celle de la pensée. Il utilise instinctivement, par exemple, le « parce que » ou le « quand » bien avant de maîtriser les relations causales ou temporelles.

Le troisième stade est le stade du signe extérieur. L'enfant résout ses problèmes psychiques intérieurs par le biais d'une opération extérieure. Sur le plan du langage, il produit un langage égocentrique qui lui permet de planifier l'opération liée à la résolution d'un problème. Il se parle tout haut pour surmonter un obstacle dans la construction d'un jeu par exemple. Sur le plan des gestes, il peut compter sur ses doigts pour résoudre une opération.

Enfin, au stade de la « croissance en dedans », l'opération extérieure s'intériorise. L'enfant calcule de tête, réfléchit silencieusement. Sa pensée subit de profondes modifications et il est maintenant capable de faire des corrélations internes. Le langage

n'est plus social ni égocentrique, il devient intérieur. Les structures verbales qu'il a accumulées jusqu'alors deviennent les structures de sa pensée. Le développement du langage détermine donc le développement de la pensée (Chanquoy & Negro, 2004). Or, si comme nous l'avons vu précédemment, les gestes jouent un rôle dans le développement du langage, on peut envisager qu'ils jouent alors un rôle dans le développement de la pensée.

3.1.2 Les gestes permettent l'expression d'une pensée globale

La pensée représente un tout, beaucoup plus grand en étendue et en volume que le mot isolé. Un orateur développe souvent une seule et même pensée pendant plusieurs minutes. Cette pensée forme un tout dans son esprit et n'apparaît pas, contrairement au langage, en unités séparées. Ce qui existe simultanément dans la pensée, se développe successivement dans le langage. Le passage de la pensée au langage est donc un processus extrêmement complexe de décomposition de la pensée et de recombinaison de celle-ci en mots (Vygotski, 1934). La globalité est une propriété que la pensée partage avec le geste. Comme évoqué au chapitre un, un geste unique peut recouvrir plusieurs significations. En ce sens, son utilisation peut permettre d'exprimer une pensée à travers une seule image globale, peut-être plus proche de la pensée originelle puisqu'elle n'a pas à être segmentée en mots.

Par ailleurs, comme l'explique la théorie de la cognition incarnée présentée plus haut, les gestes et le langage proviennent de structures cérébrales communes. En faisant des gestes, le locuteur puise dans une expérience corporelle qui facilite la mise en mots (Barrier, 2014). En effet, faire des gestes active les images des expériences vécues qui vont à leur tour activer les processus symboliques du langage. Autrement dit, tandis qu'il dessine dans l'espace une forme primitive de sa pensée, le locuteur pose en quelque sorte les prémices de son discours.

3.1.3 Les gestes aident à constituer la pensée

Selon McNeill (1992), les gestes arrivent parce qu'ils font partie du processus de pensée en cours chez le locuteur. Sans eux, la pensée serait altérée ou incomplète. Quand la pensée se complexifie, elle devient discontinue. Or on a remarqué que les gestes deviennent plus complexes et plus nombreux quand le thème du discours devient discontinu, c'est-à-dire lorsqu'il y a digression, précision, comparaison, avant de reprendre

le fil du discours. Les gestes spontanés seraient donc susceptibles au moins d'accompagner voire d'amener de nouvelles dimensions à la pensée qui est en train d'être exprimée.

Par ailleurs, dans ce passage complexe de la pensée aux mots, les processus d'organisation de l'information sont aidés par la production de gestes. En effet, les gestes impliquent un autre type de pensée. Ils se basent sur une pensée spatio-temporelle, alors que la pensée par défaut de la parole est une pensée analytique (Kita, 2000). La pensée spatio-temporelle permet d'envisager des organisations alternatives du discours. Beaudoin-Ryan et Goldin-Meadow (2014) ont encouragé des enfants à faire des gestes (ceux qui leur venaient spontanément) au cours d'une leçon de réflexion morale. Ces enfants ont été mieux à même de comprendre les points de vue variés de leurs camarades que les enfants qui n'ont pas été encouragés à faire des gestes. L'utilisation des gestes aurait permis de disposer dans l'espace des idées qui ne sont pas spatiales par nature. Cette spatialisation étant un mécanisme inhabituel pour ce type de pensée, elle aurait permis aux enfants de s'ouvrir à des pensées inhabituelles pour eux. Les gestes provoqués seraient donc à même d'organiser, voire d'enrichir, la pensée en vue de sa verbalisation.

3.1.4 Les gestes donnent à voir la pensée

Lorsque l'enfant acquiert un nouveau mot, sa signification est encore immature. Son acquisition passe par un mouvement continu de la pensée au mot et du mot à la pensée. Ce n'est que quand le concept qu'il recouvre prend forme que le mot est complètement intégré (Vygotski, 1934). Dans l'entre deux, le geste peut permettre d'exprimer ce concept encore trop flou pour que l'enfant puisse l'exprimer en mots. Goldin-Meadow (2014) a mené des expérimentations auprès d'enfants en transition vers l'acquisition de concepts mathématiques. Lorsque ces enfants expliquent leur vision du problème, certaines informations apparaissent uniquement dans leurs gestes et jamais dans leurs discours. Il s'agit à chaque fois d'informations concernant un concept en cours d'acquisition et de ce fait non accessible aux mots.

Par ailleurs, selon Vygotski, (1978, cité par Lebaron & Streeck, 2000), pour comprendre ce que dit autrui, la compréhension des mots seuls est toujours insuffisante ; il faut comprendre la pensée de l'interlocuteur. Et pour comprendre la pensée de l'interlocuteur, il faut comprendre sa motivation, ce qui lui fait exprimer cette pensée. En

cela, les gestes peuvent participer à une meilleure compréhension d'autrui : par leur expression d'une pensée globale du locuteur, ils sont des moyens intermédiaires qui fournissent un lien entre l'intrapsychique (ce que le locuteur pense) et l'interpsychique (ce que le locuteur parvient à exprimer). McNeill (2000) confirme cette bivalence des gestes. Les gestes sont à la fois externes parce qu'ils sont engagés dans la vie sociale, et internes parce qu'ils sont une fenêtre sur l'esprit du locuteur. Les gestes nous laissent observer les pensées comme elles arrivent. Ils ont précisément ce pouvoir parce qu'ils ne sont pas contraints par un système de règles, contrairement aux mots. Ce qui forme le geste, c'est la construction spontanée de sens par le locuteur au moment où il parle. En cela, le geste souligne les dimensions pertinentes de la pensée du locuteur.

3.2 Gestes et cognition mathématique

3.2.1 Rappels sur le développement de l'intelligence

Piaget (1967) définit quatre étapes dans le développement de l'intelligence de l'enfant : le stade sensori-moteur, la période pré-opératoire, le stade concret et le stade formel. Le stade sensori-moteur se déroule en amont du langage. De zéro à deux ans, l'enfant développe une intelligence pratique. Il comprend progressivement qu'il n'est pas le centre du monde mais un objet parmi d'autres et que ces objets ont des relations entre eux (causalité, spatialité...). Lors de la période pré-opératoire, de deux à sept ans, l'enfant développe une intelligence représentative : la fonction symbolique se construit avec l'apparition du langage articulé ; il acquiert les notions de quantité, d'espace et de temps. De sept à onze ans, au stade des opérations concrètes, l'enfant coordonne les opérations et construit la réversibilité, en présence des objets : il comprend qu'une transformation dans le monde physique peut être annulée par une action orientée en sens inverse. Au dernier stade, le stade des opérations formelles, l'enfant acquiert la pensée hypothético-déductive qui lui permet de réfléchir en l'absence d'objets. Ce stade commence à onze ans et couvre toute l'adolescence voire l'âge adulte. Selon Piaget, durant tout ce développement, l'enfant construit donc le nombre et le raisonnement logique (les « structures logico-mathématiques ») à travers ses expériences avec l'environnement. Nous présentons ici la théorie piagétienne car il s'agit de la théorie sur laquelle se sont basés Perry et al. (1988) pour établir l'expérience princeps qui est à la base de notre expérimentation. Par ailleurs, cette théorie a le mérite de proposer une trame pour l'analyse du développement de l'intelligence. Cependant, elle est aujourd'hui nuancée. En

effet, d'une part, les enfants présentent des compétences plus précoces ou parfois plus tardives que ne le supposait Piaget. Wynn a ainsi démontré par exemple qu'une compréhension intuitive des additions et soustractions simples s'observait déjà chez le bébé de cinq mois (Barrouillet, 2006). D'autres part, le développement de l'intelligence n'est pas aussi linéaire : « Penser le développement cognitif ne revient pas à réduire la logique du temps à une ligne croissante d'âges ou de stades fixes qui y correspondent. (...) Dans chacun de ces domaines cognitifs (objets, nombres, catégories et règles de raisonnement), les bébés, les enfants et les adultes doivent à tout moment redescendre avant de remonter » (Houdé, 2014, p. 79).

Selon les théories actuelles, les structures logico-mathématiques ne gouvernent pas seules les opérations intellectuelles et doivent être associées au contexte de situation pour permettre de comprendre le fonctionnement cognitif de l'enfant et l'amener à développer sa propre activité de représentation et d'interprétation (Ménissier, 2014). C'est pourquoi on parle aujourd'hui de « cognition mathématique », domaine qui implique, plutôt qu'une série de stades, des processus et des mécanismes cognitifs : accès à la numération, compréhension du système décimal, maîtrise des algorithmes de calcul, mais également compréhension de situations-problèmes plus élaborées, composition et décomposition du nombre, permanence du concept de transformation à travers les contraintes de situation, ainsi que, plus largement, le langage.

3.2.2 Lien entre utilisation des doigts et performances numériques

Les enfants et même les adultes recourent parfois aux doigts pour certaines activités numériques : montrer une quantité, additionner, déterminer le nombre de jours séparant deux dates. En effet, le comptage sur les doigts constitue une aide externe pour représenter les nombres, pour suivre les mots-nombres pendant le comptage, pour soutenir la compréhension du système en base 10 et pour effectuer des opérations arithmétiques basiques (Lafay, Thevenot, Castel & Fayol, 2013). Il semble que les enfants mobilisent spontanément leurs doigts pour représenter les quantités sans avoir reçu d'instruction explicite : tout au plus ont-ils pu observer et imiter leurs pairs ou les adultes qui les entourent. Il semblerait donc y avoir une relation entre calcul et utilisation des doigts (Fayol, 2012).

Une première explication de la relation entre les nombres et les doigts (Lafay et al., 2013), est la proximité des aires cérébrales dédiées à leur traitement mental. Ainsi le syndrome de Gertsmann observé dans les lésions corticales du lobe pariétal gauche présente des symptômes concernant à la fois les doigts (agraphie, agnosie digitale) et le nombre (confusion spatio-temporelle, acalculie). Pour vérifier cette hypothèse, Gracia-Bafalluy et Noël (2008) ont proposé un programme d'entraînement de reconnaissance des doigts à des enfants ayant des troubles des gnosies digitales. Ceux-ci se sont améliorés non seulement sur le plan des gnosies digitales mais également sur le plan de la représentation des numérosités avec leurs doigts, de tâches d'estimation de quantités et du traitement des chiffres arabes. Le lien entre traitement mental des doigts et des nombres est bien établi.

Une seconde explication complète la relation entre l'usage des doigts et les nombres. Elle tient en ce que les configurations de doigts peuvent fonctionner comme un code. L'emploi des doigts est relativement conventionnel (Fayol, 2012). En effet, la reconnaissance des nombres est plus rapide quand les doigts représentent une configuration canonique (ex : le chiffre cinq représenté par cinq doigts d'une main levés est plus reconnaissable que représenté par trois doigts sur une main et deux doigts sur l'autre). Les configurations canoniques ont donc acquis un statut sémantique qui les fait traiter comme des symboles. La mise en correspondance terme à terme des doigts avec les objets comptés permet en effet de disposer d'une représentation externe, à la fois conventionnelle (les configurations canoniques) et abstraite (les mêmes configurations peuvent être associées à des entités très différentes : des étoiles, des fourmis, des voitures). Ces configurations canoniques permettent alors de dépasser la capacité limitée de la mémoire à court terme puisque l'enfant sait d'emblée le chiffre représenté, sans avoir à compter les doigts puis à en mémoriser le résultat. Il peut alors plus facilement réaliser des manipulations de type ajouts et retraits de quantité.

De même que dans le développement du langage les gestes accompagnent l'enfant vers l'abstraction (§ 2.2.6), l'usage des doigts dans les tâches numériques pourrait constituer une transition entre le système analogique et le système symbolique, la configuration des doigts serait pré-symbolique ; ce qui expliquerait alors les performances ultérieures dans la représentation et la manipulation des nombres sous une forme purement symbolique (Lafay et al., 2013).

3.2.3 Les gestes favorisent les apprentissages

Les gestes vus par l'enfant peuvent l'aider à apprendre. Par exemple, lors d'une leçon de mathématiques donnée à des élèves de CM1, on a demandé au professeur de fournir deux stratégies correctes aux élèves (Goldin-Meadow, 2014). La leçon est mieux assimilée quand deux stratégies sont fournies au lieu d'une, particulièrement si elles sont fournies dans deux modalités différentes : l'une verbale, l'autre gestuelle. Voir quelqu'un d'autre bouger pendant l'encodage d'une leçon améliore le rappel de cette leçon. Peut-être parce que la parole et le geste se complètent et se renforcent l'un l'autre alors que les formats verbaux, séquentiels, ne font que s'additionner les uns à la suite des autres. En outre, voir des gestes n'aide pas seulement l'apprenant sur le court terme mais cela fait perdurer l'apprentissage. Cook, Mitchell et Goldin-Meadow (2008, cités par Goldin-Meadow, 2014) ont appris à des enfants une stratégie de résolution de problème mathématique. Certains l'ont appris seulement en mots, d'autres seulement en gestes et d'autres dans les deux modalités. Les enfants des trois groupes se sont autant améliorés après la leçon mais seuls ceux qui ont fait des gestes (avec ou sans parole) ont retenu ce qu'ils avaient appris un mois plus tard. Les gestes perçus ont consolidé le savoir acquis pendant la leçon.

Par ailleurs, les gestes produits par l'enfant peuvent également l'aider à apprendre. Novack, Congdon, Hermani et Goldin-Meadow (2014, cités par Goldin-Meadow, 2014) ont appris à des enfants trois stratégies motrices différentes pour résoudre un problème de mathématiques : une action physique que les enfants réalisaient sur les objets, un geste concret mimant cette action, un geste abstrait. Les trois types de mouvement de la main ont aidé les enfants à résoudre les problèmes auxquels ils avaient été entraînés. Cependant, seuls les gestes (et particulièrement les gestes abstraits) ont permis aux enfants de réussir dans les problèmes nécessitant une généralisation du savoir. Le geste favorise donc le transfert de connaissances mieux que l'action puisqu'il introduit de l'abstraction dans l'apprentissage. En outre, l'incitation à faire des gestes permet aux enfants de produire des idées nouvelles (voir aussi § 3.2.4). Broaders, Cook, Mitchell et Goldin-Meadow (2007) ont demandé à certains enfants de bouger leurs mains pendant qu'ils expliquaient leur résolution d'un problème mathématique. Les enfants à qui on a demandé de faire des gestes produisent plus d'idées nouvelles (et correctes) que ceux à qui on a dit de ne pas faire de gestes et que ceux à qui on n'a rien dit. Pendant que les premiers donnaient de nouvelles idées en gestes, ils continuaient de donner des réponses

erronées en mots. Mais par la suite, une fois la leçon donnée, ces enfants réussissaient mieux que les autres. Les gestes peuvent donc faire émerger des idées qui étaient potentiellement présentes dans le répertoire de l'enfant mais qui n'avaient pas été articulées. Ces idées nouvellement articulées peuvent favoriser l'apprentissage.

Piaget (1945, cité par Goldin-Meadow, 2015) considère les représentations comme des actions intériorisées. Le geste pourrait être un mécanisme qui souligne ce processus d'intériorisation car le geste, qu'il soit vu ou produit par l'enfant, est à la fois une forme d'action et une représentation abstraite. Ainsi, le geste focalise l'attention sur les composantes de l'action qui favorisent l'abstraction et laisse de côté les détails qui aliènent la connaissance à un contexte spécifique. En fournissant un pont entre l'action et la représentation, le geste peut être un outil particulièrement adapté à l'apprentissage de notions abstraites.

3.2.4 Les gestes révèlent un savoir implicite en mathématiques

Demander à des sujets de faire des gestes lorsqu'ils expliquent leur résolution d'un problème peut faire ressortir des notions qu'ils ont en eux sans le savoir. Goldin-Meadow (2015) a proposé à des adultes le jeu de la Tour de Hanoï. Il s'agit de déplacer des disques de diamètres différents d'une tour de départ à une tour d'arrivée en passant par une tour intermédiaire, et ceci en ne déplaçant qu'un disque à la fois et en ne le plaçant que sur un disque plus grand ou sur un emplacement vide. Au cours de l'explication par le sujet, les gestes n'ont pas reflété simplement l'action réalisée. Les gestes, ont, au contraire, ajouté de l'information (ici, sur le poids des disques) à la représentation mentale que le sujet se fait de la tâche. Faire des gestes à propos d'une action peut donc faire apparaître dans la représentation mentale les composantes particulières de la tâche qui n'apparaissent pas dans l'explication verbale.

Cette discordance entre gestes et parole apparaît spécifiquement pendant la phase de transition vers l'acquisition d'un nouveau concept. Dans une expérience d'équivalence mathématique proposée à des enfants de fin d'école primaire, la discordance entre gestes et parole s'observe systématiquement. (Goldin-Meadow, Alibali & Church, 1993, cités par Kita, 2000). Cela s'explique par le fait que la pensée spatio-motrice explore des formes d'organisation de l'information que la pensée analytique ne peut encore atteindre. Le geste n'est pas un simple mouvement de la main. Il fournit une information substantielle, qui n'apparaît pas encore dans le discours. Par exemple, à une tâche de conservation des

quantités (deux rangées de six jetons sont présentées puis on étale les jetons de l'une des rangées), un enfant non-conservant donne un argument erroné en mots (« il y en a plus ici parce que c'est plus long ») et fournit le même argument erroné en gestes (les mains s'écartent de part et d'autre de la ligne la plus étalée). En revanche, lorsque l'enfant est en transition vers la conservation, son discours est toujours erroné (« c'est plus long ») mais il a déjà la correspondance terme à terme en gestes (son doigt zigzague d'une ligne à l'autre en en faisant correspondre les jetons). Les gestes permettent ainsi de savoir si un enfant est en transition vers l'acquisition d'un concept (Goldin-Meadow, 2014). Ce décalage entre les gestes et la parole est un phénomène robuste observé à tous âges (chez des 5-9 ans apprenant une tâche d'équilibre, chez des 9-10 ans apprenant une tâche mathématique, chez des adultes décrivant l'utilisation d'un équipement...). Les deux idées fournies, l'une en geste, l'autre en mots, montrent que le sujet est capable d'envisager deux idées différentes pour un même problème. Le sujet est donc en état d'instabilité cognitive et est, par conséquent, susceptible d'accéder à un possible changement (Goldin-Meadow, 2005).

Nous avons vu précédemment que les gestes font partie de la conversation mais ne sont pas codifiés (§ 1.3). En ce sens, ils sont libres de prendre des formes que la parole ne peut pas assumer. Le geste fournit alors à l'enfant un outil important pour véhiculer une information qu'il ne peut pas encore exprimer en mots, et, par là-même, fournit à l'interlocuteur une fenêtre unique sur l'esprit de l'enfant. Les gestes, considérés en lien avec le discours qu'ils accompagnent, permettent d'identifier le moment où l'enfant est prêt à apprendre (Goldin-Meadow, 2015). Ainsi, examiner les gestes produits par le sujet quand il explique son raisonnement, donne un aperçu sur le processus d'apprentissage. L'observation de professeurs transmettant un savoir à des élèves a montré que le professeur se saisit de cette information inconsciemment. Si un décalage entre la parole et le geste apparaît quand l'élève explique ce qu'il a compris, l'enseignant fournit en retour un input différent de celui fourni à un élève dont le geste et la parole sont cohérents. Donc l'enseignant a bien eu conscience du geste et s'est adapté en fonction (Goldin-Meadow, 2005).

Deux raisons font du geste un outil d'apprentissage efficace (Goldin-Meadow, 2005). Premièrement, comme nous l'avons déjà vu, le geste est basé sur un format représentationnel différent de celui de la parole : alors que la parole est linéaire et segmentée, le geste peut fournir plusieurs informations en une seule fois. A un certain moment dans l'acquisition d'un concept, il peut alors être plus facile de fournir et de

comprendre une information nouvelle par le média visuo-spatial « brut » des gestes que par le média verbal « travaillé » de la parole. Par ailleurs, le geste n'est pas explicitement reconnu. Il est perçu par l'interlocuteur presque inconsciemment. Le geste peut ainsi permettre au sujet d'introduire dans son répertoire des idées nouvelles, pas tout-à-fait cohérentes avec ses croyances habituelles, sans toutefois déstabiliser celui qui l'écoute (ni lui-même d'ailleurs). Les gestes peuvent permettre aux idées de s'immiscer dans le système simplement parce que l'attention n'est pas braquée sur eux. Une fois à l'intérieur, ces idées peuvent catalyser le changement.

Les gestes jouent un rôle important au cours du développement de la pensée. Ils permettent d'extérioriser la pensée brute, sans la découper arbitrairement comme le font les mots. Ils aident à constituer la pensée en la spatialisant et en lui fournissant de nouvelles perspectives. Ils permettent à l'auditeur une meilleure compréhension de la pensée du locuteur et donc un meilleur épanouissement de cette pensée en construction. Les gestes sont également primordiaux dans le domaine de la cognition mathématique. Les gnosies digitales et les représentations des quantités sur les doigts facilitent la construction du nombre. Les gestes vus et produits favorisent les apprentissages en complétant le savoir transmis verbalement et en proposant une transition entre la manipulation concrète et l'abstraction. Enfin, si l'on y prête attention, les gestes donnent des indications sur le moment où le sujet est en transition vers l'acquisition d'un savoir et donc prêt à bénéficier de leçons explicites. Broaders et al. (2007) considèrent ces découvertes utiles pour l'enseignement et exploitables par les professeurs. Nous tenterons de savoir si la prise en compte des gestes du patient a également un intérêt en rééducation orthophonique. Nous pouvons au préalable étudier les nombreux outils gestuels exploités en séances.

4. LES GESTES EN ORTHOPHONIE

Les orthophonistes sont souvent amenés, en institution, à travailler avec des psychomotriciens. En effet, les institutions reçoivent des patients pour lesquels il est nécessaire de mettre en place une prise en charge pluridisciplinaire. Si l'orthophoniste s'intéresse principalement au langage, dans son acception la plus large, le psychomotricien complète la prise en charge sur le plan de la maîtrise corporelle dans les actes de coordination et de dissociation dans les gestes fins ou plus globaux, le tonus, les équilibrations posturales et dynamiques, la motricité fine dans les actes moteurs à buts très précis, la somatognosie (conscience de son propre corps) (Potel Baranes, 2010). Comme vu au chapitre un, l'expression verbale est indissociable de l'expression corporelle. Il est donc fondé qu'un trouble du langage, particulièrement chez un individu en développement, puisse nécessiter une prise en charge prenant en compte le corps et les gestes.

Les gestes sur lesquels s'attarde l'orthophoniste sont principalement ceux liés au langage et à la communication. De nombreux outils se sont développés sur le plan gestuel pour permettre notamment deux types d'apports. Les techniques de communication augmentée, d'une part, favorisent le développement du langage oral par superposition de plusieurs canaux de communication (gestes, langage écrit, représentations symboliques) ; par la redondance du message, l'enfant s'approprie le moyen le plus adapté à ses capacités orales, mnésiques ou motrices. La communication alternative, d'autre part, est mise en place quand le langage ne se développe pas ; les techniques de communication alternative sont des moyens substitutifs qui permettent au patient de communiquer malgré tout, par un autre biais que le langage oral (Cuny, Dumont & Mouren, 2004). Les gestes utilisés en rééducation orthophonique, si on les rapproche des classifications proposées dans le chapitre un, sont principalement iconiques (représentationnels) et déictiques (pointage). En effet, ceux-ci permettent un lien direct avec l'environnement concret et facilitent l'accès au sens. Ils sont donc des outils précieux dans le cadre des pathologies prises en charge en orthophonie.

Pour clarifier leur intérêt, les outils gestuels présentés dans ce chapitre sont classés selon qu'ils soutiennent le développement du langage, qu'ils établissent la communication, qu'ils remédient aux troubles ou qu'ils optimisent le fonctionnement cognitif. Sont présentés des outils précisément normés ainsi que des techniques faisant plus appel à la créativité de l'orthophoniste. En effet, McNeill (1992) considère que « les actes humains ordinaires d'élocution et de pensée nécessitent une créativité de la part du locuteur [et donc du thérapeute de la parole] ; les gestes font partie de cette créativité » (p. 272).

4.1 Les gestes en soutien au développement du langage

4.1.1 Les gestes dans les aspects phonétiques et phonologiques du langage

Dans le langage, le son, ou phonème, est l'une des plus petites unités significatives. Un mot est généralement constitué de plusieurs phonèmes. Le mot « langage » est par exemple constitué de cinq phonèmes : [l], [ã], [g], [a] et [ʒ]. On s'y intéresse, en orthophonie, dans les troubles de l'articulation. Dans ce champ, on travaille avec le patient afin qu'il acquière les points d'articulation corrects, sur le plan phonétique. On s'y intéresse également d'un point de vue phonologique afin que le patient différencie bien les phonèmes entre eux et perçoivent l'impact qu'ils ont sur le sens des mots prononcés. Les mots « pain » et « bain » par exemple ne sont différenciés que par un seul phonème mais celui-ci peut changer le sens de toute une phrase (« j'ai pris mon bain à la boulangerie... »). Pionnière de l'orthophonie, Borel-Maisonny a mis au point un ensemble de gestes facilitant la différenciation des phonèmes et la découverte du point d'articulation approprié (annexe I). Leur utilisation a plusieurs fonctions (Borel-Maisonny, 1969). A l'oral : le geste rappelle la localisation articulaire. Par exemple, le « l » est caractérisé par l'élévation de la pointe de langue ; le geste correspondant est alors l'index se relevant vers l'arcade incisive supérieure. Le geste rappelle également la structure phonétique. Par exemple, les voyelles nasales ont pour caractéristique d'être la version nasalisée d'une voyelle existante. Le geste évoque donc ce système de nasalisation : le [a] est réalisé main ouverte paume à l'extérieur, le [ã] est réalisé avec la même configuration manuelle mais cette fois proche de la narine. A l'écrit : les gestes Borel-Maisonny permettent de distinguer des formes visuelles proches. Par exemple, pour distinguer le u et le v : le u est figuré par deux doigts levés et les lèvres dans la position caractéristique de cette voyelle. Le v est caractérisé par une émission de souffle labio-dental et des vibrations laryngées, et a donc pour geste un rapprochement des mains en forme de v, pouvant figurer le rapprochement des cordes vocales. Ces gestes permettent également de prendre conscience de l'unité de son à travers la pluralité des graphies. Par exemple, les graphies « o, os, ot, au, aut, aud, aux, ault, eaux, eau » sont toutes lues accompagnées du geste unique représentant le son [o]. Les gestes Borel-Maisonny facilitent une perception analytique et précise de la relation signe-son. Selon Silvestre de Sacy (2008), pour les jeunes enfants, le geste est à la fois le soutien et le propulseur de l'activité intellectuelle. Associé au son et à la graphie des lettres et des phonèmes, le geste entraîne alors facilité, exactitude, rapidité de lecture et, très rapidement, compréhension de la phrase lue.

Autre méthode gestuelle facilitant la prise de conscience des sons de la langue : la méthode verbo-tonale (MVT). La méthode verbo-tonale a été mise au point pour la prise en charge d'enfants sourds oralisant. Pour ces patients, les sons de la parole étant mal perçus, ils n'ont que peu ou pas de sens. Il est donc nécessaire de donner du sens aux formes sonores et aux concepts de la parole. Pour cela, la MVT propose une restitution de la parole dans sa substance phonique (Virole & Martenot, 2006). Elle recourt à une expressivité corporelle et à une mimique appuyées qui attribuent aux sons de la parole et de la voix des mouvements visuellement forts. Par exemple, une série de sons « ba ba ba boum » peut être associée à des gestes graphiques impliquant tout le corps et illustrant visuellement la sensation auditive procurée par ces sons (annexe II). La MVT prépare ainsi à la rencontre avec les signes arbitraires de l'écriture. De manière empirique la méthode verbo-tonale établit des liaisons entre les sons et les gestes, les sons et les couleurs, les formes et les rythmes, les figures géométriques et leurs correspondances synesthésiques. Contrairement aux gestes Borel-Maisonny, ces correspondances s'apparentent plus à des processus poétiques qu'à des lois d'organisation rationnelle.

Dernier outil gestuel en soutien à la perception des phonèmes, la langue française parlée complétée (LfPC) est également utilisée avec les patients sourds appareillés ou implantés. La LfPC est une technique d'aide à la lecture labiale qui lève les ambiguïtés de la lecture labiale pouvant entraver la réception du message oral (Virole et al., 2006). Par exemple : « il mange des frites » est un sosie labial de « il marche très vite » ; le mouvement des lèvres seul ne permet pas de différencier ces deux phrases. Un apport visuel complémentaire est nécessaire pour rendre transparents les mots dits. La LfPC utilise cinq positions de la main pour les voyelles et sept configurations des doigts pour les consonnes (annexe III). Leur combinaison permet de constituer 35 signes différents qui évitent les confusions de la lecture labiale quand deux phonèmes possèdent les mêmes lieux d'articulation ou quand les modes d'articulation ne sont pas visibles (nasalité, voisement, trait continu ou discontinu). Le codeur parle ainsi en même temps qu'il code l'ensemble des phonèmes par ces clefs gestuelles. L'enfant sourd reçoit alors un message phonétique intégral, à la condition qu'il regarde le codeur. La LfPC permet l'acquisition du système phonologique (tous les phonèmes) et des éléments morpho-syntaxiques de la langue orale (tous les petits mots-outils) (Alegria & Leybaert, 2005). La lecture des clés joue également un rôle important dans la récupération des gestes articulatoires correspondant à des mots nouveaux. En effet, le geste manuel anticipe le mouvement labial, qui anticipe lui-même l'émission du son. Même si son traitement est inconscient, cette information peut être utilisée pour maximiser le traitement du signal labial et du

signal auditif qui suivent (Leybaert & Colin, 2007). Pour les personnes sourdes souhaitant parler le Français ou pour les enfants gênés par des confusions sonores, ces trois outils gestuels viennent soutenir et compléter la perception de la langue.

4.1.2 Les gestes pour permettre l'accès au sens et le développement du lexique

Les sourds qui ne souhaitent pas oraliser peuvent recourir à la langue des signes française (LSF). La LSF est un véritable système linguistique. Le vocabulaire de la LSF est constitué de signes conventionnels, régis par cinq paramètres manuels : la forme de la main, son emplacement, son mouvement, sa localisation et son orientation ; à ces paramètres viennent s'ajouter des variables corporelles tels l'orientation du regard, l'expression faciale et l'engagement du buste (Courtin & Tzourio-Mazoyer, 2005). Il existe une syntaxe, de nature spatiale (mouvements, déictiques, axe du temps). Plusieurs registres peuvent être produits (poésie, humour...). Cette richesse linguistique de la LSF permet aux locuteurs sourds une expression aussi complète que les langues orales aux entendants. Il existe cependant une différence fondamentale entre la langue des signes et les langues orales : en LSF, le lien entre le mot et l'idée est très iconique (annexe IV) et la syntaxe est visuo-spatiale. De plus, la durée de réalisation d'un signe est moins fugace qu'un mot ; et le signe permet d'individualiser les mots dans la chaîne parlée (Cuny et al., 2004). En cela, les signes peuvent être un moyen de soutenir la compréhension et de développer le lexique.

Cette langue conçue pour les sourds a été adaptée comme outil gestuel dans la prise en charge de pathologies de type retard mental, dysphasie, autisme. Les enfants autistes, par exemple, ont souvent des particularités sensorielles. Certains sont notamment phonophobes (peur des sons) du fait d'anomalies de transmission des afférences neuronales le long des voies auditives centrales. C'est pourquoi de nombreux enfants autistes semblent ne pas entendre ou ne pas comprendre le sens des signifiants verbaux. L'utilisation d'une langue visuelle telle que la langue des signes leur est donc profitable (Bufnoir & Virole, 2006). De plus, la langue des signes a une composante iconique forte : les signes présentent une image des objets de la réalité perceptive. En effet, un trait distinctif de l'objet est érigé en signifiant (ex : le signe « papillon » reproduit le contour des ailes du papillon en mouvement). De même, les rapports entre les objets dans la réalité physique sont représentés de manière analogique (ex : pour dire loin, les deux mains s'éloignent l'une de l'autre). En outre, les mimiques faciales sont amplifiées (ex : le signe « laid » s'accompagne d'une expression de dégoût sur le visage du locuteur) ce qui

facilite l'interprétation des enfants ayant un trouble de la reconnaissance des émotions. La LSF propose donc un processus intermédiaire entre la perception de la réalité et l'abstraction linguistique. Elle facilite ainsi l'accès au sens et permet une meilleure compréhension des situations.

Cependant, pour les enfants ayant des troubles du langage ou de la communication, l'utilisation des signes doit passer par une simplification de ceux-ci. Les approches dites « bimodales unilingues » consistent en ce que les partenaires de l'enfant s'adressent à lui en accompagnant leur parole de signes empruntés à la langue des signes. Dans cette situation, le message signé représente la doublure plus ou moins complète du message oral. On parle de Français signé. Il ne s'agit pas d'une langue mais d'un outil de renforcement pour rendre la langue orale plus transparente et accessible (Cuny et al., 2004). Contrairement à la langue des signes, extrêmement vivante, les signes empruntés sont produits sous leur forme « gelée » : il s'agit de formes radicales, dépourvues des flexions et de marques de morphologie ; de surcroît, ne sont pas utilisés les procédés grammaticaux caractéristiques de la LSF. Le Français signé fournit donc une version lacunaire du message oral émis simultanément. Cependant, utilisé à des fins de communication rapide, il s'avère efficace en se concentrant sur les unités de sens essentielles (Lepot-Froment, 2000). Qu'il s'agisse d'une langue visuo-spatiale élaborée ou du signe le plus basique, les outils gestuels permettent l'accès au sens, à la mesure des possibilités du patient.

4.1.3 Les gestes comme soutien à la syntaxe du langage oral

Pour pallier les lacunes du Français signé, un autre outil bimodal a été mis en place : le Français complet signé codé (FCSC). Le FCSC ajoute aux signes empruntés à la langue des signes les moyens visuo-manuels d'aide à la lecture labiale de la LfPC. Le FCSC fournit un message complet dans lequel les mots porteurs de sens sont signés et les mots-outils (articles, pronoms...), difficilement traduisibles en signes, sont codés avec la LfPC. Cette méthode fournit une syntaxe complète correspondant mot pour mot à celle du langage oral. Notons cependant que pour être fonctionnels, ces différents systèmes de communication doivent faire partie d'un programme d'enseignement auprès de l'enfant et de son entourage (Cuny et al., 2004).

4.2 Des gestes pour (r)établir la communication

La communication est un acte social qui consiste à échanger des symboles reconnaissables, en général des mots puisque le langage oral est le vecteur privilégié de la communication. Cependant, quand la communication verbale est entravée, on peut devoir recourir à la communication non-verbale. Les gestes, le regard, les mimiques, la posture, la distance interpersonnelle, la prosodie sont compris universellement (Cuny et al., 2004). Ils permettent un échange immédiat, spontané, ne nécessitant pas de processus cognitifs élaborés. La communication non-verbale est donc une communication efficace qui peut venir étayer le langage voire s'y substituer si nécessaire.

4.2.1 Des techniques d'aide gestuelle apportées aux enfants sans langage

Des outils gestuels ont été mis en place pour entrer en communication avec les enfants sans langage. Certains signes ont été extraits de la langue des signes pour élaborer le Makaton. Il s'agit d'un programme de communication augmentée. Son principe est « d'augmenter » chaque mot prononcé en l'associant systématiquement à d'autres modalités : un pictogramme, un signe et le mot écrit (annexe V). Le Makaton est constitué d'un lexique ouvert comportant un vocabulaire fonctionnel de base. Le vocabulaire est restreint pour réduire la charge mnésique, mais personnalisable pour répondre aux besoins de communication de l'enfant. Le Makaton permet un feedback kinesthésique et visuel beaucoup plus concret que la trace auditive fugace du langage oral. Il peut donc être bénéfique dans plusieurs contextes : retard mental, trouble sévère du développement du langage, handicap sensoriel ou moteur (paralysie cérébrale), aphasie. Le Makaton suit un programme dans lequel les concepts sont enseignés dans un ordre de priorité afin de permettre une communication fonctionnelle dès le départ. Les concepts sont d'abord étudiés isolément puis combinés. De même, ils sont d'abord utilisés en situation interindividuelle puis transférés en situation de vie quotidienne. Le Makaton permet d'établir des significations partagées dans un contexte de communication pragmatique. Il maintient également une qualité de contact et de communication, abaissant ainsi la frustration de l'enfant qui, s'il ne peut pas parler peut produire quelques signes (Bufnoir & Virole, 2006). Le Makaton peut être le moyen principal de communication ou simplement une aide à l'acquisition du langage écrit (Cuny et al., 2004).

Autre outil utilisé également en orthophonie, notamment dans la prise en charge de l'autisme, le PECS est un système de communication par échange d'images. Il permet de

suppléer ou d'augmenter la communication des enfants autistes. Il permet notamment d'initier la demande et d'obtenir un résultat concret dans un contexte social. Le PECS suit un protocole précis (annexe VI). Dans la première étape, l'enfant est guidé physiquement par l'intervenant pour produire en réponse un comportement adapté. Par la suite, on amènera l'enfant à être l'initiateur de l'échange jusqu'à poser une question ou commenter une situation (Cuny et al., 2004). Ici, le « geste » est limité à l'échange d'images. Cependant, c'est par ce geste simple de donner une image que la communication peut s'établir.

4.2.2 L'impact des gestes du partenaire privilégié dans la Maladie d'Alzheimer

Dans un tout autre contexte, Jauny, Mouton & Rousseau (2010) ont étudié l'influence des gestes du locuteur sur les actes de langage des malades d'Alzheimer. Ils ont proposé des discussions semi-dirigées à des patients, en introduisant ou non des gestes dans la conversation, avec ou sans support iconographique (annexe VII). Les productions des patients ont ensuite été analysées à l'aide de la Grille d'Evaluation des Capacités de Communication des patients atteints de maladie d'Alzheimer (GECCO). Cette étude démontre que les gestes augmentent la quantité d'actes de langage produits dans une situation duelle et la fréquence d'actes adéquats. Les gestes sont bénéfiques dans la communication avec les malades d'Alzheimer et sont un outil précieux à destination des aidants, professionnels comme familiaux. Pour favoriser la communication, certains principes doivent être respectés : les gestes doivent être introduits simultanément à la parole et toujours de la même façon (face au patient, en attirant son attention, en donnant une idée-clé par phrase à laquelle un geste correspond). Les gestes peuvent être proposés à des malades aux stades modéré et sévère. Néanmoins, les réactions (impossibilité de réponse, forts troubles du comportement, anxiété) étant variables suivant les sujets, il convient d'adapter l'utilisation des gestes à chacun.

4.3 Le geste pour remédier aux troubles

4.3.1 La méthode Gelbert dans la prise en charge de l'aphasie

Dans sa pratique auprès de patients devenus aphasiques après un accident vasculaire cérébral, Gelbert (1994) a constaté que le fait de mimer une action au patient lui permettait de retrouver un accès direct au sens du mot (le patient désigne l'objet

adéquat) puis une bonne mise en place de la représentation mentale graphique (le patient désigne le mot adéquat). Gelbert a ainsi élaboré un enchaînement précis qui fait fortement appelle au geste : le thérapeute désigne un objet (geste de pointage), le thérapeute mime ensuite l'objet en se basant sur sa forme ou sur sa fonction (geste représentationnel), il dit enfin le mot correspondant et demande au patient de le répéter en s'assurant qu'il le comprend. Le recours au geste permet ici un rétablissement du circuit de l'ensemble des représentations vers le sens.

Gelbert mène également un « travail aphasiologique » auprès d'enfants ayant des difficultés à entrer dans le langage écrit. La méthode se situe en amont d'une sollicitation cognitive (Bedos, 2010) : l'enfant est placé dans une position passive où tous les modèles lui sont donnés. Les séances sont soutenues pour empêcher toute analyse et favoriser une intégration implicite des modèles. Les exercices sont toujours les mêmes et se basent sur d'autres types de gestes : pointer les syllabes sur un texte (geste de pointage), déployer sous les yeux de l'enfant le geste de l'écriture, et qu'il en fasse autant sur sa feuille (geste graphique), lire devant lui en glissant sous le texte de la pointe du stylo (geste de pointage en mouvement) et révéler le sens implicite que constitue l'intervalle entre les mots. Les exercices montrent la continuité, la discontinuité et leur relation indispensable quand on passe de l'oral à l'écrit. Le geste vu et reproduit, associé à l'écoute et à la vue des mots lus amène progressivement les patients à s'approprier l'écrit.

4.3.2 L'utilisation du corps dans la prise en charge de la dyslexie

Sauvageot (2002) s'intéresse, quant à elle, aux troubles dyslexiques à travers une approche globale intitulée « Sensoraïme ». Dès la naissance, cris, verbalisations et gestes, mouvements coïncident. Puisque dès l'origine, ces deux types d'expression sont indissociables, Sauvageot considère pertinent de réunir les sens, les sons et le langage au sein d'un même projet thérapeutique. Il s'agit ici d'une pédagogie du mouvement. Le mouvement est réalisé par l'expression orale d'une part et par l'expression gestuelle d'autre part. Les techniques de travail corporel utilisées sont variées : tai-chi, arts martiaux, théâtre gestuel, danses africaines... La mise en mouvement dynamise le patient, développe l'attention et la conduite du regard dans la lecture. Lorsque le regard se pose et suit avec précision des points dans l'espace, le texte lu devient rythmé harmonieusement. Il est moins saccadé, plus compréhensible.

4.3.3 Une technique motrice dans la prise en charge du bégaiement

Certaines prises en charge du bégaiement visent, dans un premier temps, à réduire les tensions du patient lors de ses prises de parole. Pour cela des techniques motrices peuvent être proposées (Monfrais-Pfauwadel, 2014). Le parler-rythmé est l'une d'entre elles (De Roquefeuil, 2013). La technique du parler-rythmé associe une idée à une impulsion motrice. Le patient donne avec sa main une petite impulsion sur sa cuisse puis il la retourne paume vers le haut, il peut alors exprimer une idée. Si l'idée est terminée ou s'il y a une hésitation, la main est reposée doucement sur la cuisse. L'utilisation du geste permet ici au patient de relâcher les tensions provoquées par le bégaiement, de placer les pauses aux moments appropriés du discours et de ralentir le débit.

4.3.4 Le geste en rééducation vocale

La voix implique l'ensemble du corps : les organes phonateurs, les poumons, les muscles abdominaux, la posture globale. La thérapie des troubles vocaux fait donc largement appel aux techniques corporelles, notamment pour la relaxation, la gestion du souffle et la projection de la voix. Proposer des gestes au patient peut être un moyen de libérer le corps durant la pratique vocale artificielle des exercices de rééducation (Le Huche & Allali, 2002). Par l'incitation au geste, le rééducateur fait sentir au patient comment l'énergie se répartit lors du déroulement de l'émission vocale, depuis l'élan de l'inspiration qui la précède (geste de la main vers soi) jusqu'à la fin de sa résonance (geste de la main vers l'espace devant soi). Si le patient se met des barrages pendant l'exercice, le geste sera hésitant et permettra au patient de prendre conscience de ces barrages. Si le patient parvient à un geste naturel, celui-ci sera un soutien efficace à l'émission vocale. Une fois le geste vocal optimal atteint, le geste manuel peut s'estomper progressivement jusqu'à disparaître.

C'est parfois le geste du rééducateur lui-même qui importe en rééducation vocale. Dans les réhabilitations vocales post-laryngectomie totale par exemple, le patient doit apprendre un nouveau mécanisme phonatoire. Il s'agit d'un apprentissage peu naturel difficile à intégrer. S'il n'a pas d'implant phonatoire, il doit dissocier le souffle pulmonaire du souffle buccal : inspiration pulmonaire, expiration pulmonaire, injection d'air par la bouche, éructation de cet air par la bouche. La rééducation commence donc par un travail sur l'indépendance des souffles : la respiration en créneaux (Le Huche & Allali, 2008). Un schéma peut être proposé au patient pour lui permettre de visualiser les étapes de

l'exercice (annexe VIII). Puis, au cours de la réalisation, l'orthophoniste modélise la respiration sous une nouvelle modalité : le geste. L'orthophoniste inspire tout en levant la main, il bloque sa respiration en maintenant la main à hauteur, il expire en relâchant sa main vers le bas puis bloque sa respiration et maintient la main en bas. Ici la superposition des modalités (consigne verbale, schéma, geste) pour une même explication, précise l'information et permet au patient de se saisir du canal le plus porteur pour lui afin d'intégrer ce nouveau schéma physiologique.

4.4 Le geste pour optimiser les compétences cognitives

4.4.1 Le geste mental

Un autre outil utilisé en prise en charge orthophonique est la gestion mentale. La gestion mentale analyse les habitudes de fonctionnement cognitif des patients lors de la prise d'information, du traitement de l'information et de sa restitution, pour mieux s'en servir par la suite. Pour parvenir à optimiser les compétences cognitives des patients, cinq « gestes mentaux » sont mis en place : le geste d'attention, de mémorisation, de compréhension, de réflexion et d'imagination (Zimmerman-Asta, 2015). On parle ici de « geste » car, comme le geste physique, le geste mental se développe dans le temps et l'espace. Il a un commencement, une structure et se poursuit jusqu'à une fin (Gaté, Géninet, Giroul & Payen de la Garanderie, 2009). Le patient a, par exemple, pour projet de mémoriser l'orthographe d'un mot. Le commencement du geste de mémorisation sera la perception du mot écrit. La structure du geste sera l'évocation mentale du mot (comment se le représente-t-il ? en quelle couleur ? quelle typographie ? lui fait-il penser à autre chose ?) puis sa vérification. La fin sera sa restitution orale ou écrite. Effectuer un geste mental consiste à faire subir consciemment et dans un but précis, une certaine action à des représentations mentales. L'emploi d'un geste mental présuppose alors que la pensée est mobile et que le sujet s'engage dans l'acte cognitif, il est lui-même acteur de sens. Les gestes évoqués ici n'impliquent plus un mouvement extérieur des mains. Cependant, le mouvement est toujours présent. Simplement, tout comme le langage s'intériorise pour devenir pensée (Vygotski, 1934), le geste ici s'intériorise pour stimuler les compétences cognitives.

4.4.2 Le geste dans les troubles du calcul et du raisonnement logique

Agir sur les troubles du calcul, c'est d'abord s'intéresser aux concepts sous-jacents à la formalisation de l'opération elle-même. Par exemple : quels sont les différents sens de la soustraction ? dans quels contextes apparaît-elle ? le patient a-t-il acquis l'opération mentale d'inclusion, préalable à la soustraction ? La réponse à ces interrogations guide constamment la prise en charge opérée par le remédiateur (Meljac, 2005). Dans ce type de prise en charge, le geste est également utile. Il ne s'agit pas ici d'un outil gestuel à proprement parler mais de l'usage que l'on peut faire des gestes spontanément, lors d'un échange. En effet, si l'enfant utilise spontanément ses doigts pour calculer, l'orthophoniste ne peut que l'encourager. Le geste permet ici de soulager la mémoire de travail en gardant sous les yeux la représentation visuelle des chiffres sur lesquels réaliser l'opération. L'orthophoniste lui-même peut être amené à produire des gestes. Les aides apportées doivent permettre de soulager les traitements de « bas niveau » (moteurs, perceptifs) afin que l'enfant dispose de ressources cognitives suffisantes pour accéder à des processus de « plus haut niveau » (traitement de l'information) et gérer mieux les activités multitâches. Les outils reposent sur la mobilisation d'une gestuelle simple, la verbalisation et l'utilisation de la couleur (Daffaure & Guedin 2011). Une gestuelle simple peut être par exemple de guider la main de l'enfant en situation de dénombrement quand celui-ci rencontre des difficultés oculomanuelles. Même si l'enfant vit en quelque sorte la manipulation par procuration, le guidage gestuel de l'adulte permet un comptage fiable et donc la construction d'une représentation fiable du nombre.

La pertinence du recours aux gestes en tant que communication augmentée ou alternative, en tant que soutien à l'attention du patient, ou encore en tant que moyen de remédier aux troubles du langage oral, du langage écrit, de la voix... a déjà été largement éprouvée dans la pratique orthophonique et est utilisée avec efficacité. Ces outils, qu'ils soient officiels ou instinctifs, exploitent le lien entre gestes et langage. Ils exploitent aussi, en partie, le lien entre gestes et pensée en soutenant l'expression de la pensée. En revanche, le lien entre gestes et pensée en soutien à l'émergence de la pensée, bien qu'il ait été scientifiquement observé, semble peu mis à profit en rééducation orthophonique.

5. OBJECTIFS ET PRINCIPES

5.1 Synthèse des théories

Les gestes qui accompagnent la parole sont le fondement de l'expression humaine. Tout au long du développement du langage et encore à l'âge adulte, ils enrichissent l'expression verbale. Leur rôle dans le développement de la pensée est même encore plus prégnant puisqu'ils contribuent à sa construction. On a pu le constater dans le champ de la cognition mathématique. Depuis les travaux de Goldin-Meadow et al. (2005, 2007, 2014, 2015), on sait que lorsqu'un enfant sans troubles de la cognition mathématique est en transition vers l'acquisition d'un concept, ce qu'il exprime verbalement au sujet de ce concept est en discordance avec ce qu'il exprime gestuellement. L'explication verbale reste erronée, mais l'explication gestuelle amorce un raisonnement pertinent. En effet, les gestes permettent d'exposer un savoir implicite, encore trop imprécis pour être exprimé en mots et être utilisé à bon escient. Par ailleurs, l'expression de ce savoir implicite peut être encouragée. Il suffit pour cela d'inciter l'enfant à faire des gestes lorsqu'il explique comment résoudre un problème. Quand cette incitation permet l'émergence d'un savoir implicite, l'enfant est ensuite mieux à même de tirer profit d'un enseignement explicite (une leçon de mathématiques).

5.2 Question de recherche et hypothèses

Dans le domaine de l'orthophonie, deux points diffèrent des expériences de Goldin-Meadow (2007). D'une part, les patients ont un développement atypique. D'autre part, la rééducation, notamment dans le domaine de la cognition mathématique, vise l'acquisition implicite de savoirs : c'est-à-dire que si l'enseignant fournit explicitement des stratégies à l'enfant, l'orthophoniste, en revanche, l'incite à trouver lui-même les stratégies les plus adaptées à son fonctionnement pour résoudre les problèmes qu'il rencontre. Ce constat soulève deux questions : les découvertes de Goldin-Meadow au sujet d'enfants au développement typique sont-elles observables chez des patients ayant des troubles de la cognition mathématique ? les implications de ses découvertes dans le domaine pédagogique sont-elles transposables au domaine orthophonique ? Ainsi la présente étude pose deux hypothèses. Dans un premier temps, nous formulons l'hypothèse que l'incitation à produire des gestes permet également l'émergence de savoirs implicites chez

des patients ayant des troubles de la cognition mathématique. Nous envisageons dans un second temps que, lorsque les gestes ont mis au jour un savoir implicite, les patients sont alors mieux à même de trouver de nouvelles stratégies pour résoudre un problème donné. Nous ne nous attendons pas à ce que ces stratégies soient correctes. Il sera déjà intéressant de voir si des stratégies nouvelles émergent. En effet, cette flexibilité du raisonnement, cette capacité à inhiber la première réponse qui se présente à l'esprit (Houdé, 2014), et à envisager un même problème de plusieurs façons, est le préalable fondamental à l'épanouissement de la cognition mathématique.

5.3 Stratégie de recherche envisagée

Nous optons pour une stratégie de recherche explicative, à savoir une recherche quantitative qui tente de démontrer une relation entre deux variables. En effet, les résultats escomptés sont de nature quantitative : nous nous intéressons aux stratégies exprimées, dans diverses modalités, par un certain nombre de patients. De plus, nous cherchons à démontrer une relation de cause à effet entre l'incitation à faire des gestes et l'émergence de nouvelles stratégies.

5.4 Description synthétique de la méthode

Nous adaptons l'expérience de Broaders et Goldin-Meadow (2007). Ici, il s'agit d'une expérimentation en cinq temps. Tout d'abord, à partir de petites séries de problèmes d'équivalence mathématique, nous recueillons les stratégies utilisées par les sujets, à travers leur discours. Sur une deuxième série de problèmes, nous leur demandons de faire des gestes, d'utiliser leurs mains, pendant l'explication ; nous notons alors si de nouvelles stratégies sont exprimées gestuellement. Nous leur demandons ensuite, à partir d'une troisième série, s'ils peuvent envisager une autre façon de résoudre ces problèmes ; nous observerons si le fait d'avoir exprimé de nouvelles stratégies en gestes permet d'envisager de nouvelles stratégies au moment de la résolution. Dans un quatrième temps, nous proposons d'autres problèmes d'équivalence mathématique à partir d'opérations différentes afin d'observer si l'utilisation de ce savoir implicite se généralise à d'autres situations. Enfin, une dernière série de problèmes est proposée à distance pour voir si l'ouverture à des stratégies multiples perdure dans le temps.

2^{EME} PARTIE : APPLICATION PRATIQUE

1. METHODOLOGIE

1.1 Expériences princeps

Deux expériences menées précédemment ont guidé cette étude : l'une sur la discordance gestes-parole et le savoir implicite dans l'acquisition des concepts (Perry, Church & Goldin-Meadow, 1988) ; l'autre sur l'incitation à faire des gestes et ses répercussions sur les apprentissages (Broaders, Cook, Mitchell & Goldin-Meadow, 2007).

1.1.1 Discordance gestes-parole et savoir implicite

L'expérience de Perry et al. (1988) explore le savoir implicite des enfants au sujet du concept d'équivalence dans des équations mathématiques, à travers leurs explications verbales et gestuelles. Les chercheurs émettent l'hypothèse que la combinaison gestes-parole peut être un reflet facilement observable et significatif de l'état de connaissance du sujet. L'expérience a pour but d'identifier les enfants en transition entre deux niveaux de compréhension conceptuelle et d'explorer les différences entre états de connaissance transitionnels et états de connaissance stables.

L'étude porte sur 37 **participants**, élèves en classes de CM1 et CM2. 40 enfants de de cinq écoles de Chicago ont participé au test. Les enfants ayant réussi l'exercice en totalité ou en partie lors du pré-test (soit trois enfants dans cet échantillon) ont été retirés de l'étude. Les 37 enfants restant, qui ont donné des solutions incorrectes aux six problèmes, ont constitué la population de l'étude. N'ont été inclus que les enfants ayant échoué aux six problèmes afin d'explorer le savoir transitionnel au sein d'un groupe d'enfants n'ayant pas montré explicitement de connaissance partielle du concept.

Le **matériel** est constitué de problèmes d'équivalence mathématique. Perry et al. (1988) ont choisi d'aborder le concept de l'équivalence mathématique pour élargir leur travail sur la discordance entre gestes et parole, d'abord réalisé sur le concept de conservation (concept selon lequel la quantité reste la même quels qu'en soient le contenant, la forme ou la taille perçus après transformation). Le concept d'équivalence mathématique est proche de la conservation sur certains aspects mais est suffisamment distinct pour permettre de généraliser la mesure de la discordance gestes-parole comme

indice du savoir transitionnel. Les tâches utilisées pour évaluer les concepts de conservation et d'équivalence mathématique sont similaires en ce sens que les quantités présentées semblent différentes et sont pourtant équivalentes. Par exemple, six jetons en ligne représentent la même quantité que six jetons en cercle (tâche de conservation) ; et $4 + 6 + 9$ représentent la même quantité que $10 + 9$ (tâche d'équivalence). Par ailleurs, les deux concepts diffèrent sur plusieurs aspects : l'âge d'acquisition (entre 5 et 8 ans pour la conservation ; entre 9 et 12 ans pour l'équivalence), le niveau d'abstraction (la conservation est une tâche opérationnelle concrète ; l'équivalence mathématique implique la manipulation de symboles), la dépendance vis-à-vis de l'input (la conservation est généralement apprise sans enseignement ; l'équivalence nécessite un enseignement du système symbolique des mathématiques formelles). La tâche d'équivalence mathématique permet donc d'enrichir l'observation du savoir transitionnel de l'enfant.

Le protocole consiste en quatre séances individuelles consécutives, réalisées le même jour. La première séance consiste en un pré-test au cours duquel le sujet passe une épreuve papier-crayon comprenant les six équations additives ; l'expérimentateur écrit ensuite chaque problème complété de la réponse de l'enfant sur un tableau, et lui demande : « peux-tu m'expliquer comment tu as trouvé cette réponse ? ». La seconde séance est une séance d'entraînement : un deuxième expérimentateur écrit au tableau, un à un, quatre problèmes additifs du type de ceux du pré-test et donne à chaque fois à l'enfant la même stratégie en lui expliquant que « le but du problème est de rendre les deux côtés de l'équation égaux ». Aucune instruction n'est donnée quant aux procédures pour y parvenir et aucune solution n'est fournie. Puis l'enfant essaie de résoudre chaque problème. La troisième séance est le post-test : on donne à résoudre à l'enfant six problèmes additifs comparables à ceux du pré-test. La dernière séance consiste en un test de généralisation : l'enfant doit résoudre deux problèmes additifs sous une nouvelle forme (de type « $a + b + c = d + _$ ») et deux problèmes contenant une nouvelle opération (multiplication), puis répondre à trois questions à l'oral pour voir quelles solutions il aurait trouvées acceptables pour un problème particulier. Le visionnage des vidéos permet ensuite de coder cinq éléments : les performances aux problèmes du pré-test, les explications fournies verbalement (trois stratégies d'équivalence et trois stratégies de non-équivalence) et gestuellement (un lexique gestuel a été établi selon la forme, le placement et le discours accompagnant le geste), les performances au post-test et au test de généralisation.

Les **résultats** de cette expérience indiquent que les enfants produisant spontanément de nombreuses discordances entre leurs gestes et leur discours sont plus à même de bénéficier de l'enseignement explicite qui leur est donné. La discordance gestes-discours peut donc être utilisée comme marqueur général d'un savoir transitionnel, et ce pour plusieurs concepts dont l'équivalence mathématique.

1.1.2 Incitation à faire des gestes et répercussions sur les apprentissages

L'expérience de Broaders et al. (2007) dépasse la simple observation des gestes pour s'intéresser aux effets de l'incitation à faire des gestes. L'expérience se déroule en deux parties. La première partie a pour but d'examiner les effets de l'incitation à faire des gestes sur l'expression d'un savoir implicite. La seconde partie a pour but d'examiner les effets de cette expression d'un savoir implicite sur les apprentissages.

La première partie de l'expérience porte sur 106 **participants**, élèves en fin de CE2 ou début de CM1, testés individuellement.

Le **matériel** est le même que celui utilisé par Perry et al. (1988) : des séries de problèmes d'équivalence mathématique.

Le **protocole** de l'étude a consisté en deux phases : une phase de pré-test et une phase de manipulation. La phase de pré-test a consisté à demander aux sujets de résoudre six problèmes de type « $6 + 3 + 7 = _ + 7$ », et d'expliquer à un expérimentateur comment ils ont résolu chaque problème. L'objectif de cette phase est d'observer les stratégies développées spontanément dans les deux modalités, verbale et gestuelle. Lors de la phase de manipulation, les sujets ont été distribués aléatoirement en trois groupes : un groupe de sujets auxquels on demande d'utiliser leurs mains pendant qu'ils expliquent comment ils ont résolu les problèmes, un groupe auquel on demande de garder les mains immobiles pendant l'explication et un groupe auquel on ne donne pas d'indications sur les mains pendant l'explication. L'objectif de cette phase est d'observer si de nouvelles stratégies apparaissent quand on incite le sujet à faire des gestes. L'ensemble du protocole est enregistré en vidéo. Les stratégies produites pendant la phase de manipulation sont comparées à celles produites pendant la phase de pré-test. Les **résultats** de cette étude indiquent que dire aux enfants de bouger leurs mains pendant qu'ils expliquent comment ils ont résolu un problème mathématique les encourage à transmettre, à travers les gestes, des idées correctes et précédemment non exprimées.

Encourager les enfants à faire des gestes leur donne, en un sens, le droit d'exprimer les embryons de pensée qu'ils avaient à propos du problème. Habituellement, dans les études sur le savoir implicite, on propose aux sujets plusieurs solutions. Ils choisissent généralement la bonne sans savoir pourquoi. Ici, les enfants génèrent d'eux-mêmes les stratégies appropriées. Il suffit pour cela qu'on leur dise de faire des gestes. Broaders et al. (2007) ont stimulé un moyen par lequel le savoir implicite est souvent exprimé (la modalité gestuelle) et ont trouvé que cette manipulation augmente l'expression du savoir implicite. La manipulation n'a pas seulement révélé un vague sentiment de connaissance ou une habileté à choisir la réponse correcte à une probabilité plus élevée que le hasard : elle a révélé un savoir sur le problème capital et inédit.

La deuxième partie de l'expérience a pour objectif d'observer si encourager les enfants à faire des gestes - ce qui suscite des stratégies nouvelles et correctes uniquement exprimées en gestes, comme le montre la première partie de l'expérience - accroît la potentialité de l'enfant à tirer ensuite profit d'une leçon sur l'équivalence mathématique.

70 participants ont été recrutés en fin de CE2 ou début de CM1.

Le **matériel** est le même que celui utilisé par Perry et al. (1988) : des séries de problèmes d'équivalence mathématique.

Le **protocole** se déroule en quatre étapes : un pré-test, une phase de manipulation, une leçon de mathématiques et un post-test. Le pré-test est le même que pour la première partie de l'expérience. Sont gardés uniquement les sujets obtenant 0/6. La phase de manipulation consiste également en six exercices puis explications par les sujets. Les sujets sont cette fois divisés en deux groupes : l'un à qui on dit de faire des gestes, l'autre à qui on dit de ne pas en faire. La leçon de mathématiques donnée ensuite concerne six exercices pour lesquels le professeur précise à chaque fois, en mots et en gestes, qu'« il faut rendre les deux côtés égaux », sur le modèle de l'expérience de 1988. L'enfant ne résout ni n'explique rien, il se contente d'écouter et de regarder. Enfin le post-test propose à nouveaux six exercices à résoudre afin de mesurer les performances des sujets à l'issue de l'expérimentation.

Les **résultats** de cette étude indiquent que seuls les enfants à qui on a dit de faire des gestes ont ajouté des stratégies. Par ailleurs, les enfants à qui on a dit de faire des gestes avant la leçon ont résolu significativement plus de problèmes correctement que les enfants à qui on a dit de ne pas faire de gestes. En outre, la manipulation n'a pas seulement stimulé une tendance à faire des gestes que les enfants auraient utilisée durant la tâche : pour certains, cela a instillé un nouveau comportement ; dire aux enfants de faire des gestes a été suffisant pour les amener à produire de nouvelles stratégies. Et produire ces nouvelles stratégies semble les avoir préparés à l'apprentissage. Il faut noter que les nouvelles stratégies ne sont pas apparues juste parce que l'on demandait aux enfants de focaliser leur attention pendant les explications : on a demandé aux deux groupes de faire attention à leurs mains (en devant les bouger ou en devant ne pas les bouger), mais seuls ceux qui ont fait des gestes ont ajouté de nouvelles stratégies à leur répertoire puis ont pu tirer profit de la leçon de maths. Cette étude démontre que l'expression d'un nouveau savoir implicite peut être manipulée de façon externe (ici, en donnant la consigne de faire des gestes) et que cette expression d'un savoir implicite peut ouvrir la voie vers l'apprentissage. Broaders et al. (2007) ont observé que stimuler l'expression d'un savoir implicite ne révèle pas seulement un nouveau savoir implicite mais cela augmente également la réceptivité à l'instruction. Par ailleurs, les gestes sont une compétence qui peut être activée consciemment mais qui, une fois activée, semble fonctionner automatiquement, sans en être réellement conscient. Pourquoi faire faire des gestes aux enfants fait ressortir leur savoir implicite ? Peut-être que forcer les enfants à utiliser leurs mains pendant qu'ils parlent les encourage à remarquer des aspects du problème qu'ils n'avaient pas remarqués auparavant. Notons que produire la stratégie correcte ne signifie pas pour autant résoudre le problème correctement. Mais cela rend l'enfant plus réceptif à une leçon de mathématiques par la suite. Les problèmes de mathématiques utilisés ici ne peuvent être résolus à cet âge sans enseignement. Il est donc surprenant que les enfants aient pu produire des stratégies correctes juste parce qu'on leur a demandé de bouger leurs mains.

1.2 Participants

Afin d'adapter ces recherches au champ de l'orthophonie, les sujets ont été recrutés, non pas parmi des élèves de primaire tout-venants, mais parmi des patients suivant une rééducation des troubles de la cognition mathématique. Le recrutement a donc eu lieu au sein d'un cabinet spécialisé dans la rééducation des troubles de la cognition mathématique, en périphérie de Nantes. Il s'agit d'un échantillonnage « par disponibilité » : ont été inclus tous les patients pris en charge durant les deux demi-journées où nous pouvions les rencontrer, et pour qui leur orthophoniste a jugé que les problèmes proposés étaient adaptés à leur niveau (qu'ils soient scolarisés en CM1 ou non). 12 patients ont ainsi participé à l'étude ; parmi eux, dix filles et deux garçons. Les sujets sont âgés de 8 ans 5 mois à 15 ans 3 mois au moment du pré-test. Tous ont reçu un diagnostic orthophonique de troubles apparentés à des difficultés de développement des habiletés mathématiques, de raisonnement logique et/ou de représentation du nombre (annexe IX). Parmi les 12 patients, testés individuellement, sept ont résolu toutes ou une partie des équivalences mathématiques proposées au pré-test. Ils ont donc exprimé explicitement une connaissance au moins partielle du concept d'équivalence. Contrairement à Perry et al. (1988), nous avons choisi de les maintenir dans notre population d'étude. En effet la théorie sur l'acquisition des concepts a évolué ; comme l'explique Houdé (2014) « le développement de l'intelligence jusqu'à l'adolescence et l'âge adulte compris est jalonné d'erreurs, de biais perceptifs, de décalages inattendus, incluant des retours en arrière, ou 'régressions' : les erreurs de conservation du nombre et d'inclusion des classes chez l'enfant mais aussi les biais cognitifs de raisonnement déductif et inductif chez l'adulte. » (p. 77). Ainsi, en rééducation orthophonique, et notamment dans le domaine logico-mathématique, il convient de rester prudent et de ne pas considérer d'emblée qu'un concept est acquis dès qu'il semble correctement manipulé une première fois. C'est pourquoi, malgré la réussite d'une partie des sujets au pré-test, nous avons choisi de les maintenir dans notre population d'étude.

1.3 Matériel

Le matériel physique nécessaire à cette recherche consiste en trois éléments : la mise à disposition du bureau de l'orthophoniste où ont lieu les séances habituelles de rééducation, un ordinateur équipé d'une caméra pour enregistrer les séances, un classeur plastifié contenant toutes les épreuves mathématiques et sur lequel il est possible d'écrire au stylo effaçable.

Le matériel mathématique élaboré pour cette expérimentation est basé sur celui élaboré lors des expériences princeps. Perry et al. (1988) ont choisi, pour aborder l'équivalence mathématique, des problèmes qui reflètent le principe de l'associativité au sein de l'addition. Le principe associatif de l'addition permet de grouper des nombres d'un côté de l'équation sans changer la relation d'égalité entre les deux côtés de l'équation. Par exemple « $4 + 6 + 9 = 10 + 9$ » fait appel au principe associatif puisque le 4 et le 6 du côté gauche de l'équation peuvent être groupés et additionnés pour produire le 10 du côté droit. Par ailleurs, les résolutions d'enfants pour des problèmes de type « $a + b + c = _ + c$ » fournissent une indication valide de la compréhension du signe égal par les enfants. Des enfants de 9 à 12 ans sont capables de résoudre des problèmes additifs simples de type « $a + b + c = _$ » et par conséquent semblent comprendre le signe égal. Cependant, ces enfants peuvent obtenir la réponse correcte pour une raison incorrecte ; par exemple, un enfant peut interpréter le signe égal comme la consigne d'additionner tous les chiffres à gauche de l'équation (et non comme la consigne de rendre les deux côtés de l'équation égaux), témoignant d'une compréhension incomplète voire incorrecte du sens du signe égal. En outre, la plupart des enfants de 9 à 12 ans possèdent les compétences pré-requises pour résoudre ce type de problème additifs (ex : ils peuvent additionner, soustraire, grouper...) mais ces problèmes ne font pas partie du programme de CM1 en mathématiques (Ministère de l'Education Nationale, 2008). Les participants n'avaient donc pas reçu d'enseignement officiel sur ce type de problème. Enfin, ont été choisis uniquement des nombres inférieurs à dix pour limiter les erreurs dues à des algorithmes d'addition erronés qui apparaissent plus fréquemment quand les enfants travaillent avec de grands nombres. Voici donc les six équivalences élaborées dans l'étude initiale :

$$7 + 6 + 5 = _ + 5$$

$$2 + 5 + 9 = 2 + _$$

$$3 + 7 + 9 = _ + 9$$

$$7 + 4 + 2 = 7 + _$$

$$4 + 6 + 9 = _ + 9$$

$$3 + 6 + 8 = 3 + _$$

Le pré-test de notre expérimentation est ainsi constitué des six équivalences utilisées par les chercheurs en 1988. Les équivalences proposées pour l'entraînement, le premier et le second post-test sont comparables à celles du pré-test. Les équivalences élaborées pour la phase de généralisation reprennent également l'expérimentation de Perry et al. (1988). On a demandé aux sujets de résoudre : deux problèmes additifs sous une nouvelle forme de type « $a + b + c = d + _$ » (ex : $7 + 2 + 9 = 8 + _$), deux problèmes comprenant une nouvelle opération, la multiplication, de type « $a \times b \times c = a \times _$ » (ex : $2 \times 4 \times 3 = 2 \times _$) et une série de trois questions conçues pour déterminer quelles solutions l'enfant aurait considéré acceptables pour un problème particulier (ex : « si un autre enfant mettait un 13 dans le blanc pour ce problème $4 + 6 + 3 = _ + 3$, dirais-tu que sa réponse est correcte ou incorrecte ? Pourquoi ? Et si l'enfant mettait 4 + 6 dans le blanc ? »). Avant de les soumettre aux sujets de l'étude, les consignes traduites en français ainsi que les équivalences ont été testées auprès de quatre sujets sans troubles de la cognition mathématique : deux garçons de 9 ans en CM1, deux fillettes de 8 et 9 ans en CE2 et CM1. La consigne de départ (« Je voudrais que tu fasses de ton mieux pour résoudre ces problèmes ») semblait trop floue pour permettre d'amorcer la réflexion du sujet. Le terme d'« équation à trou » a ensuite été testé mais ne faisait pas partie du vocabulaire des enfants et pouvait déjà induire un savoir sur le concept d'équivalence (« équation », « équivalence », « égalité »...); il a été remplacé par le terme plus habituel d'« opération ». La consigne validée, permettant une compréhension suffisante de l'exercice sans induire de savoir, est donc la suivante : « Je vais te proposer des opérations à trou. Il faut que tu trouves le nombre qui manque dans le trou. ». Par ailleurs, l'ordre des équivalences du pré-test semblait ajouter à la confusion des sujets. Commencer par une équation de type « $a + b + c = _ + c$ » semblait orienter d'emblée vers une addition des trois termes à gauche du égal. On a donc préféré placer en première position une équation de type « $a + b + c = a + _$ ». Cependant, un échange avec Goldin-Meadow et sa doctorante, Congdon, a précisé que l'ordre des équations importait peu. Il convenait simplement, pour inciter les sujets à chercher une solution, de les rassurer en complétant la consigne par un encouragement de type « si cela te paraît difficile, tu ne t'inquiètes pas, tu mets simplement la réponse qui, selon toi, est la meilleure ». En effet, puisque l'on s'adresse à des sujets qui ne sont pas sensés avoir acquis le concept d'équivalence mathématique, il est normal que la consigne leur soit difficile d'accès. Une fois les consignes et les équations validées, une fiche de passation a été établie, reprenant précisément l'ensemble de ces éléments (annexe X).

1.4 Protocole

Le protocole de l'expérimentation combine celle des deux expériences princeps. Tout comme pour l'étude de Perry et al (1988), l'expérimentation comprend un pré-test, un entraînement, un post-test et une généralisation. Ce protocole est complété, tout comme dans l'étude de Broaders et al. (2007), d'un post-test à distance.

La première phase, ou phase de pré-test comprend six équivalences de type « $a + b + c = a + _$ » et « $a + b + c = _ + c$ ». L'enfant les résout seul puis l'expérimentateur lui demande d'expliquer comment il a procédé pour trouver la solution. Cette phase permet de recueillir les stratégies explicites, c'est-à-dire les stratégies que le sujet exprime verbalement. Dans l'expérience princeps, cette épreuve était réalisée le même jour que les épreuves suivantes. Dans notre étude, les épreuves ont dû être réparties dans le temps pour ne pas dépasser le cadre temporel de la séance d'orthophonie. Le pré-test a donc été administré de manière isolée. Il a été administré entre trois et huit semaines avant les autres épreuves, cette période incluant les vacances scolaires de Noël. Le délai et la présence de vacances ont ainsi limité un éventuel effet d'apprentissage entre la première et la deuxième phase de l'expérimentation.

La deuxième phase de l'étude comprend : l'entraînement, le premier post-test et la généralisation. Sur le modèle de Broaders et al. (2007), l'entraînement consiste à demander au sujet, suite à la résolution de six nouvelles équations, d'expliquer comment il a procédé pour trouver la solution ; explications qu'il doit cette fois formuler en « utilisant le plus possible [ses] mains, en faisant des gestes ». La petite taille de notre échantillon n'a pas permis de constituer des groupes de comparaison (consigne de non-utilisation des mains et absence de consigne sur l'utilisation des mains). Nous nous sommes donc limités à un seul groupe, ayant pour consigne d'utiliser ses mains. Dans la foulée de l'entraînement, est proposé le premier post-test. Le premier post-test est la partie de l'étude qui a subi le plus de changements par rapport aux expériences princeps. Nous ne pouvions pas nous limiter à l'entraînement gestuel, comme dans l'expérimentation de Broaders et al. (2007) puisque celle-ci a démontré que l'incitation au geste seule ne permettait pas à l'enfant d'acquérir le concept étudié. Par ailleurs, nous ne souhaitons pas fournir un enseignement explicite aux sujets (du type « le but du problème est de rendre les deux côtés de l'équation égaux ») comme dans l'expérience de Perry et al. (1988) car, comme évoqué dans la partie théorique (§ 5.2), la rééducation orthophonique fournit le moins possible de stratégies explicites au patient ; elle incite plutôt le patient à trouver par lui-même de nouvelles stratégies de résolution. C'est cet aspect que nous avons souhaité

mettre en lien avec l'incitation à faire des gestes. Il semblait intéressant d'observer si l'incitation à faire des gestes faisait émerger de nouvelles stratégies dans les gestes puis si ces nouvelles stratégies étaient verbalement envisagées par l'enfant. L'échange avec Goldin-Meadow et Congdon a confirmé que questionner les sujets sur les stratégies de résolution alternatives qu'ils sont susceptibles d'envisager, suite à la production de gestes, n'avait pas été expérimenté et pouvait s'avérer intéressant. Le premier post-test est donc constitué d'une nouvelle série de problèmes à l'issue desquels on demande à l'enfant comment il a procédé et si « on aurait pu faire autrement pour trouver la réponse ». Cette deuxième phase de l'expérimentation s'est conclue par l'exercice de généralisation élaboré par Perry et al. (1988) : on a proposé d'autres types d'équivalences mathématiques aux sujets puis on leur a demandé à nouveau s'ils pouvaient envisager d'autres stratégies que celles utilisées spontanément. Dans l'expérimentation de Perry et al. (1988), la généralisation a permis de confirmer que les enfants dont les gestes et les mots sont discordants tirent plus profit de la leçon de mathématiques que les enfants concordants : ils parviennent à résoudre des problèmes de même type et des problèmes plus complexes. Dans notre expérimentation, la généralisation permet d'observer si les changements observés au premier post-test (évocation éventuelle de stratégies nouvelles) se reproduisent dans un contexte de réflexion plus large (autres types d'équivalences additives et équivalences multiplicatives). La généralisation permet également de limiter l'éventuel effet d'apprentissage que pourrait provoquer la répétition d'exercices de même type.

La troisième et dernière phase consiste en un second post-test, à distance. Aucune des expériences princeps n'intégrait de post-test à distance. Cependant ce type de post-test, quatre à sept semaines après l'expérimentation semble pertinent car les gestes peuvent faire perdurer les changements plus que les mots (Cook, Mitchell & Goldin-Meadow, 2008, cités par Goldin-Meadow, 2014). Les équivalences mathématiques proposées à distance sont constituées de quatre équivalences du même type que celles du pré-test et de deux équivalences du même type que celles de la généralisation. L'objectif est donc ici d'observer si les éventuels changements produits durant l'expérimentation sont encore produits quatre à sept semaines plus tard.

1.5 Codage des enregistrements vidéo

Une fois l'ensemble du protocole administré, les enregistrements vidéo ont été codés (annexe XII). Selon la méthode de Perry et al. (1988), nous avons pris en compte toutes les réponses du sujet qui ont fait suite à la demande d'explication de l'expérimentateur, aussi bien verbales que gestuelles. Les productions des sujets sur chaque vidéo ont été codées en trois étapes : le discours seul, les gestes seuls, la relation entre le discours et les gestes.

Chaque explication a été d'abord codée pour le discours seul. Nous avons occulté l'image pour n'avoir accès qu'à la bande-son. Nous avons ainsi codé les informations transmises par la parole, indépendamment des gestes. Nous nous sommes basés sur les catégories d'explications verbales répertoriées par Perry et al. (1988), soit six stratégies différentes (annexe XI) : trois explications d'équivalence (description de stratégies dans lesquelles la somme du côté droit de l'équation est égale à la somme du côté gauche) et trois explications de non-équivalence (description de stratégies dans lesquelles la somme du côté droit de l'équation est différente de la somme du côté gauche). Les trois explications d'équivalence sont les suivantes : explications indiquant que deux nombres sur le côté gauche de l'équation, qui n'apparaissent pas du côté droit de l'équation, ont été groupés et additionnés (stratégie de groupement) ; explications indiquant que tous les nombres du côté gauche de l'équation ont été additionnés, et que le nombre qui apparaît des deux côtés a été soustrait du résultat (stratégie d'addition-soustraction) ; explications indiquant que les nombres du côté droit de l'équation, additionnés, doivent faire le même total que les nombres du côté gauche de l'équation (stratégie d'égalisation). Les trois explications de non-équivalence sont les suivantes : explications indiquant que tous les nombres du problème ont été additionnés (stratégie « tout additionner ») ; explications indiquant que tous les nombres jusqu'au signal égal ont été additionnés (stratégie « addition jusqu'au signe égal ») ; explications indiquant qu'un nombre du côté gauche de l'équation a été repris et placé dans le trou (stratégie de report). Les explications verbales qui ne pouvaient pas être classées dans l'une de ces six stratégies ont été classées comme étant « idiosyncratiques » (comportements propres à l'individu). Ces explications (annexe XI) incluaient typiquement des informations imprécises (« Je *les* ai additionnés. »), un groupement ininterprétable de composantes du problème (« J'ai *ajouté* le 6 et le 9. »), ou une référence à des nombres qui n'apparaissent pas dans le problème et ne peuvent pas être inférés d'additions ou de soustractions de nombres apparaissant dans le problème (« J'ai ajouté 12. »).

Chaque explication a ensuite été codée pour les gestes seuls. Nous avons coupé le son pour n'avoir accès qu'à l'image. Pour coder les gestes, nous nous sommes basés sur le lexique gestuel établi par Perry et al. (1988) à partir de la forme du geste, du placement du geste et du discours qu'il accompagne. Ce lexique comprend quatre types de gestes : le pointage, le balayage, la saisie, l'écartement. Les pointages du doigt sont interprétés comme faisant référence aux éléments vers lesquels ils pointent (les nombres, le signe égal, le trou, le signe plus) et sont interprétés comme « j'additionne les deux chiffres de part et d'autre ». Les balayages de la main, ou les mouvements de la main d'avant en arrière sont interprétés comme « j'additionne tous les nombres compris dans l'espace du mouvement ». Les mouvements de saisie ou de fermeture de la main réalisés au-dessus de ou juste sous deux nombres sont interprétés comme « je regroupe ces nombres ». Les mouvements d'écartement de la main ou de balayage vers le bas réalisés sur un ou plusieurs nombres sont interprétés comme « je soustraie ou enlève ces nombres ». Ce lexique a été utilisé pour coder les réponses gestuelles des participants. Les gestes accompagnant chaque explication ont été classés comme transmettant l'une des six stratégies énoncées verbalement (annexe XI) ou comme étant idiosyncratiques (ex : l'enfant indique des éléments du problème mais ne les combine selon aucune stratégie identifiée).

On a ensuite codé la relation entre gestes et discours. Le codeur a comparé le codage des réponses verbales au codage des réponses gestuelles pour chaque explication afin de déterminer si le geste et la stratégie verbale correspondent. Si la stratégie transmise par le geste est la même que celle transmise par le discours, alors l'explication est classée comme « concordante ». Si les deux canaux transmettent deux stratégies différentes, l'explication est classée comme « discordante ». Les explications ne contenant que du discours seul n'ont pas été codées comme « concordantes » ou « discordantes ».

Pour chaque épreuve, on a noté également le temps de résolution et le nombre d'équations correctement résolues. Puisque notre étude porte essentiellement sur le nombre de stratégies produites et non sur leur efficacité, l'exactitude et le temps de résolution n'ont été relevés qu'à titre indicatif.

2. RESULTATS

Les résultats obtenus au cours de l'expérimentation sont de deux types. Dans un premier temps, nous proposerons une présentation des résultats quantitatifs (annexe XIII) afin de répondre aux hypothèses posées. Dans un second temps, nous apporterons des résultats qualitatifs pour prendre en compte la diversité des profils des 12 participants.

2.1 Résultats quantitatifs

2.1.1 Stratégies spontanées observées

L'épreuve de pré-test permet d'observer les comportements spontanés des participants : les stratégies mises en place, la production de gestes et leur concordance avec le discours ; et ceci selon qu'ils ont résolu ou non les équations proposées.

Parmi les 12 participants, six ont résolu correctement l'ensemble des équations proposées au pré-test, les six autres ont échoué à tout ou partie de ces équations. Tous ont utilisé les stratégies répertoriées par Perry, Church et Goldin-Meadow (1988, annexe XI). Les six participants ayant résolu les équations ont utilisé les trois « stratégies d'équivalence » : grouper, additionner et soustraire, égaliser. Chacun d'entre eux a utilisé en moyenne 1,17 stratégie. Les six participants ayant échoué ont utilisé les trois « stratégies de non-équivalence » : tout additionner, additionner jusqu'au signe égal, reporter ; ainsi que des stratégies idiosyncratiques, c'est-à-dire propres à chaque individu. Chacun d'entre eux a utilisé en moyenne 1,67 stratégie. Les stratégies utilisées par les patients pris en charge pour troubles de la cognition mathématique sont donc similaires aux stratégies utilisées par des enfants sans troubles de la cognition mathématique. Parmi ces patients, ceux n'ayant pas résolu toutes les équations utilisent spontanément plus de stratégies différentes que ceux les ayant résolu correctement.

PRE-TEST		
Type d'explications	Stratégie	Nombre de sujets
Equivalence	- grouper	4
	- additionner et soustraire	1
	- égaliser	2
Non-équivalence	- tout additionner	3
	- additionner jusqu'au signe =	3
	- reporter	1
	- stratégie idiosyncratique	1

NB : parmi les 12 sujets, trois ont utilisé plus d'une stratégie, ce qui explique que le total du nombre de sujets soit supérieur à 12.

Parmi les 12 participants, 11 ont utilisés spontanément les gestes au cours de leurs explications verbales. 88,9% (64/72) des explications ont été produites à la fois verbalement et gestuellement, ce qui permet un large échantillon de gestes à observer. Les autres explications ont été uniquement verbales. 4,69% (3/64) des explications à la fois verbales et gestuelles ont été discordantes, c'est-à-dire que les mots et les gestes n'exprimaient pas la même stratégie. Nous notons six fois moins de discordances que dans l'expérience de Perry et al. (1988). En effet, contrairement à l'expérience princeps, nos participants ne font pas tous partie de la tranche d'âge (9-11 ans) où s'observe majoritairement la transition vers l'acquisition du concept d'équivalence. Il a été néanmoins possible de s'inspirer de la classification proposée par Perry et al. (1988) : s'il produit trois discordances ou plus (sur six), le participant est classé discordant, s'il en produit moins, il est classé concordant. Sur 12 participants, 11 sont concordants durant le pré-test (moyenne : zéro discordance) et un discordant (moyenne : trois discordances). Ce participant a proposé une stratégie d'équivalence à l'oral, qui semble être celle effectivement utilisée, et une stratégie de non-équivalence gestuellement, qui semble n'avoir pas été utilisée puisque le résultat de l'équation est juste. La discordance ici ne montre pas un savoir implicite qu'exprimeraient les gestes. On peut donc supposer que les participants ont soit déjà acquis le concept d'équivalence mathématique, soit ne sont pas encore entrés dans la transition vers l'acquisition de ce concept.

2.1.2 Stratégies observées après l'incitation aux gestes

L'épreuve d'entraînement, où l'on demande aux participants de faire des gestes, d'utiliser leurs mains, pendant qu'ils expliquent leur raisonnement permet d'observer si de nouvelles stratégies sont exprimées gestuellement.

Lors de l'entraînement, la proportion de participants ayant tout résolu (50%) et ayant échoué à tout ou partie des équations (50%) n'a pas été modifiée. Les premiers ont utilisé 1,17 stratégie en moyenne, comme lors du pré-test. Les seconds ont utilisé 2,17 stratégies en moyenne. Parmi ceux-ci, trois participants ont augmenté le nombre de stratégies utilisées. L'incitation à faire des gestes semble avoir permis d'augmenter le nombre de stratégies uniquement pour les sujets ayant échoué à tout ou partie des équations.

Parmi les 12 participants, 11 ont utilisé des gestes à chaque explication verbale de l'entraînement. 97,22% (70/72) des explications ont été produites à la fois verbalement et gestuellement. Les participants se sont donc bien approprié la consigne d'utiliser leurs

mains. Les autres explications ont été uniquement verbales. 4,29% (3/70) des explications à la fois verbales et gestuelles ont été discordantes. On observe à nouveau un participant discordant parmi les 12 (il ne s'agit pas du même que lors du pré-test). Chez ce participant, la discordance ne montre pas clairement un savoir implicite qui serait exprimé par les gestes. Les gestes (le pointage notamment) viennent compléter le discours mais ne mettent pas au jour une nouvelle stratégie qui n'aurait pas été exprimée verbalement.

Les gestes produits sur incitation sont de deux types : le pointage des éléments évoqués verbalement et le comptage sur les doigts... Dans les deux cas, le recours aux gestes, même sur demande semble naturel pour l'ensemble des participants. Tous s'approprient la consigne sans demander plus de précisions.

La première épreuve post-test, qui suit immédiatement l'épreuve d'entraînement a pour but d'observer si, suite à l'incitation à faire des gestes, le fait d'avoir exprimé de nouvelles stratégies en gestes permet d'envisager de nouvelles stratégies au moment de la résolution. La proportion de participants ayant tout résolu lors du premier post-test a diminué (41,66%), celle des participants ayant échoué à tout ou partie des équations a augmenté (58,33%). Ce changement est dû à une erreur de calcul de l'un des participants (pris en charge pour une dyscalculie) et non à une erreur de stratégie. Les premiers ont utilisé en moyenne 1 stratégie. Les seconds ont utilisé en moyenne 1,71 stratégie. Cette diminution n'est pas significative. Elle s'explique par le fait qu'un des participants avait établi deux stratégies en fonction de deux situations ; or le premier post-test ne présentait qu'une de ces deux situations.

Aucune stratégie nouvelle n'est apparue spontanément lors du premier post-test. Cependant, à la question « comment pourrait-on faire autrement ? », six participants ont suggéré de nouvelles stratégies (1,33 en moyenne). Parmi les huit nouvelles stratégies proposées, deux étaient opérantes, c'est-à-dire qu'elles faisaient partie des stratégies d'équivalence.

2.1.3 Stratégies observées en situation de généralisation et à distance

L'épreuve de généralisation a pour but d'observer si les nouvelles stratégies élaborées peuvent se généraliser à des problèmes d'équivalence mathématique construits différemment (nombres tous différents dans l'équation, ou multiplications en lieu et place des additions).

Sur les 12 participants, trois ont résolu l'ensemble des équations ; neuf ont échoué à tout ou partie des équations (dont un sujet ayant fait une erreur de calcul mais qui conserve un raisonnement correct). Les premiers ont utilisé spontanément 1,67 stratégie en moyenne ; les seconds 1,67 stratégie également.

Sept nouvelles stratégies sont apparues spontanément, dont trois stratégies opérantes (toutes parmi les participants ayant réussi soit la totalité des équations soit 5/6 du fait d'une erreur de calcul et non de raisonnement). Sept participants ont pu envisager de nouvelles stratégies sur demande (au total, dix stratégies dont deux opérantes).

L'épreuve du deuxième post-test, est proposée à distance de l'épreuve de généralisation pour observer si l'ouverture à des stratégies multiples perdure dans le temps. Un sujet n'a pas pu participer au post-test à distance. Sur 11 sujets, trois ont résolu correctement l'ensemble des équations proposées entre quatre et sept semaines après la phase constituée des trois épreuves centrales (entraînement, premier post-test, généralisation). La variabilité du délai précédent le deuxième post-test est due aux absences « maladie » des sujets en période hivernale. Les sujets ayant résolu l'ensemble des équations ont utilisé 1,67 stratégie en moyenne. Parmi les huit n'ayant pas tout résolu, un sujet a produit un raisonnement correct mais a fait une erreur de calcul. Ces huit ont utilisé 1,75 stratégie.

A distance, cinq stratégies nouvelles sont apparues spontanément. Dix stratégies sont apparues sur demande, dont quatre opérantes.

Devant les limites des résultats quantitatifs pour illustrer le lien entre l'incitation à faire des gestes et l'émergence de nouvelles stratégies, nous nous proposons d'explorer plus avant le profil de chaque participant. Ceci afin de compléter l'analyse quantitative des résultats et de réfléchir aux implications de cette étude pour la pratique orthophonique.

2.2 Résultats cliniques

Nous présentons ici les faits saillants observés au cours de l'expérimentation chez chaque participant : stratégies élaborées tout au long du protocole, production gestuelle, lien avec des éléments du diagnostic orthophonique... afin de dégager l'intérêt clinique de l'incitation à faire des gestes en rééducation de la cognition mathématique. Nous commençons par les participants ayant résolu l'ensemble des équations et terminons par ceux ayant rencontré des difficultés sur tout ou partie des équations.

2.2.1 Chloé, quand la cognition mathématique est en place

Chloé a 13 ans, elle est en quatrième. Elle est suivie en orthophonie principalement pour des difficultés de développement du langage écrit : accès approximatif au sens en lecture et mémoire de travail peu performante. C'est la seule participante à n'avoir pas été prise en charge pour troubles de la cognition mathématique.

Ses gestes sont précis, clairs, comme son discours. Elle utilise spontanément les deux mains pour pointer ou cacher des nombres. Lorsqu'on l'incite à faire des gestes, elle continue de pointer mais ajoute l'illustration de son calcul sur ses doigts.

Sur le plan du raisonnement, Chloé trouve d'emblée une stratégie opérante (groupement). Lorsqu'on lui demande si une autre stratégie est envisageable, elle propose d'abord une autre façon de calculer (ex : « prendre 6 et ajouter 3 ») mais avec le même raisonnement. Puis, à force de questionnement, elle propose une stratégie nouvelle : additionner et soustraire. Devant un autre type d'opération (multiplication), elle formule différemment son explication qui s'approche alors plus de l'égalisation (« $5 \times 2 \times 8$ donne la même chose que 5×16 »). L'équivalence est alors plus clairement exprimée. On constate ici, dans ses mots et dans ses gestes, la fluidité de pensée, souvent plus entravée quand un patient présente un trouble de la cognition mathématique, comme nous le verrons pour d'autres participants.

2.2.2 Alexia, ce qui se comprend bien se « gestue » clairement

Alexia a 12 ans, elle est en cinquième. Elle présente une dyscalculie légère et bien compensée.

Alexia compte sur ses doigts pendant la résolution des problèmes mais ne produit aucun geste lors de son explication. Sur incitation, elle utilise naturellement ses mains

pour pointer et pour montrer comment elle a calculé. On comprend alors ses stratégies de calcul (d'où l'intérêt de faire faire des gestes). Il s'agit d'une procédure longue mais dont elle ne perd pas le fil. Elle parvient au bout de son raisonnement, contrairement à Jeanne par exemple (§ 2.2.10) qui ne sait plus quelle stratégie elle a commencé à élaborer. Si pour Jules (§ 2.2.3) les gestes sont comme les mots, « paresseux » ; pour Alexia au contraire, une diction précise s'accompagne de gestes précis.

Sur le plan du raisonnement, Alexia élabore d'emblée deux stratégies en fonction des situations : la stratégie d'addition-soustraction la plupart du temps, et la stratégie d'égalisation quand le calcul est connu et que la soustraction n'est pas nécessaire (ex : $3 + 7 + 9 = 10 + 9$). Elle en trouve rapidement une troisième spontanément (groupement). Alexia semble ne rencontrer aucune difficulté de raisonnement, seul le calcul lui demande de la concentration. Lors de la généralisation, elle applique d'emblée sa nouvelle stratégie de groupement aux multiplications. Quand la situation s'y prête, elle choisit la stratégie la plus efficiente (celle qui simplifie le calcul), plutôt que d'adapter celle qu'elle a spontanément élaborée. Cependant, lors du post-test à distance (trois semaines plus tard), Alexia réutilise la stratégie de groupement pour les additions, mais pas pour les multiplications. On constate alors la nécessité de répéter et varier les situations pour qu'un concept soit complètement intégré, même chez un patient présentant de bonnes capacités de raisonnement.

2.2.3 Jules, des gestes pour préciser le discours

Jules a 14 ans, il est en quatrième. Il a été suivi en orthophonie pour des troubles de la cognition mathématique et du langage oral (stock lexical réduit, élaboration syntaxique aléatoire) mais présente aujourd'hui principalement des difficultés de langage écrit (lecture ralentie, déficit orthographique).

Les gestes spontanés de Jules sont des gestes de pointage. Sur incitation, il conserve le pointage et ajoute des mouvements de doigts pour illustrer son calcul ; mais pas son raisonnement (ex : pour 3×4 , il lève quatre doigts et les agite trois fois, sans compter par exemple 5, 6, 7, 8 / 9, 10, 11, 12). Puis ces gestes prennent du sens et permettent à Jules d'expliquer comment il calcule (ex : pour $5 + 9$: « J'ai enlevé le 4 de 9. Donc j'ai fait 5 et 5, 10. Et j'ai rajouté le 4 de 9 et ça fait 14. »). L'incitation à faire des gestes semble utile pour donner un accès à l'expérimentateur sur les procédures de calcul de Jules, cependant, elle ne semble pas apporter de recul à Jules sur son raisonnement.

Lors de l'expérimentation, Jules élabore rapidement une stratégie opérante (groupement) et l'adapte aisément pour résoudre une situation nouvelle : pour une opération de type $4 + 3 + 9 = 8 + _$, il repère deux nombres proches de chaque côté du signe égal (ici, 8 et 9), groupe les deux nombres restant puis ajoute ou retranche 1 en fonction de la comparaison qu'il a établie entre les deux nombres proches. Il semble naviguer aisément au sein du concept d'équivalence mathématique. Cependant, Jules est imprécis dans ses explications : il emploie un mot pour un autre (« multiplié » pour « additionné », « 10 » pour « 14 »), ses gestes de pointage s'éloignent de la feuille et deviennent de plus en plus vagues. Il est également imprécis dans le calcul, voire change de raisonnement durant l'explication, faute d'attention. Ses gestes sont parfois plus précis que ses mots (par exemple, ses mots disent 6 au lieu de 5 mais ses gestes pointent bien le 5). Au fil de l'expérimentation, il semble même que ses phrases sont plus clairement exprimées quand on lui demande d'utiliser ses mains. Inciter Jules à faire des gestes lui permettrait alors d'être plus précis dans la verbalisation de sa pensée.

Lors du post-test (sept semaines plus tard pour Jules, contre quatre pour les autres), Jules ne retrouve pas l'adaptation de la stratégie de groupement qu'il avait élaborée lors de la généralisation et n'envisage pas non plus d'autre stratégie (« Heu ben là, ben en fait heu... Je sais pas... En fait au début j'ai cru que ça et ça, ça donnait 8 donc le 9 était là. Mais... je sais pas. Non, parce que 4 et 3, ça faisait pas 8. ça fait 7. Et vu que le 9 est là. Ben, je sais pas. » *Si tu devais refaire, tu ferais comment ? Tu dis que ça et ça, ça fait 7 en fait.* « Ben, là, je mets du coup... bah je prends 1 qui est dans 9 et je le rajoute à 7. 8. » *Donc là ce serait 8 ?* « Oui. »). Il finit par la retrouver à force de questionnement. En prise en charge, on aurait pu lui demander à nouveau de faire des gestes pour voir si cela lui permettait de retrouver la stratégie précédemment élaborée (tout comme faire un geste permet parfois de retrouver un mot coincé sur le bout de la langue).

2.2.4 Christelle, le geste comme soutien à la pensée

Christelle a 12 ans, elle est en cinquième. Elle présente un déficit d'organisation et des représentations visuo-spatiales et mentales. Elle a une représentation approximative de la ligne numérique comme de la suite alphabétique. Elle rencontre des fragilités d'accès au code analogique (quantités) via le code arabe (chiffres). Persistent des stratégies de comptage et non de calcul. Son raisonnement non-verbal est encore limité (difficulté de repérage d'indices pertinents ou de transformations et de changement de critères) et le traitement global et simultané lui reste difficile.

Ses gestes sont des gestes de pointage. Ils sont peu toniques, synthétiques, partiels, comme son discours au fil des exercices. Les gestes viennent parfois compléter le discours quand Christelle raccourcit ses phrases ou deviennent vagues quand l'explication verbale est complète. Quand on l'incite à faire des gestes, elle pointe à nouveau et montre sur ses doigts les nombres qu'elle cite mais sans montrer sa procédure de calcul. Par exemple, pour $8 + 4$, elle ouvre huit doigts, referme les deux mains puis ouvre quatre doigts. De même que pour Jules, le calcul sur les doigts ne semble pas être une procédure qu'elle utilise spontanément. Cependant, quand le raisonnement ou le calcul lui est plus difficile, elle « externalise » spontanément sa pensée avec ses mains : elle pose une opération sur la feuille ou dans l'air, elle pose ses index sous chaque partie de l'équation... Le geste vient bien ici soutenir la pensée ou peut-être soulager la mémoire de travail ou renforcer la représentation mentale qu'elle se crée pour résoudre l'opération.

Sur le plan du raisonnement, Christelle élabore d'emblée une stratégie de groupement. Lorsqu'au premier post-test, on lui demande si d'autres stratégies sont envisageables, elle ébauche la possibilité d'une soustraction mais ne parvient pas au bout du raisonnement. (ex : $3 + 6 + 7 = 9 + 7$ >> « Heu, bah heu... (pose ses index sous $6 + 3$ et les croise) $7 -$, $6 + 3$. 'fin $9 - 7$ quoi. Heu... non non, non. Heu..., non j'sais pas. »). Au cours de la même épreuve, à la cinquième équation, apparaît clairement la stratégie d'addition-soustraction. A force de questionnement, le sujet parvient à changer de point de vue sur la situation. Elle adapte d'emblée cette nouvelle stratégie au cours du test de généralisation et élabore la stratégie d'égalisation (proche de la stratégie d'addition-soustraction mais qui lui est fréquemment substituée quand la soustraction comprend un 10). Pour résoudre la multiplication, elle reste sur l'addition-soustraction, alors qu'elle maîtrise depuis le pré-test la stratégie de groupement, plus simple pour ce type de situation. Contrairement à Alexia, Christelle ne cherche pas forcément la solution optimale mais fonce tête baissée vers la première qui lui vient ; ce qui pourrait correspondre à la difficulté de changement de critères, de repérage d'indices pertinents, évoqués dans le diagnostic orthophonique.

2.2.5 Marion, le temps laisse mûrir ce que présageaient les gestes

Marion a 11 ans, elle est en sixième. Elle est prise en charge pour des imprécisions dans la ligne numérique mentale, une persistance de stratégies de comptage et plutôt que des procédures de calcul, des maladresses dans l'organisation visuo-spatiale et la planification.

De façon assez marquante, pendant qu'elle résout les équations, on n'observe aucun signe extérieur de sa réflexion : elle n'utilise pas ses doigts, ne sous-articule pas ses calculs, même la prise du crayon ne se fait que lorsqu'elle a terminé son raisonnement. Au cours de l'explication, ses gestes consistent en un pointage concordant, qui sera conservé jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Sur le plan du raisonnement, Marion élabore d'emblée une stratégie d'égalisation. Lors du pré-test, ses gestes sont concordants mais il semblerait que ses mains aient remarqué la présence d'un même chiffre des deux côtés, alors que ses mots ne l'évoquent pas. Lorsqu'on lui demande une autre stratégie possible, celle observée dans les gestes n'est pas développée. Marion propose simplement de changer l'ordre des chiffres pour faire l'addition. Lors de la généralisation, elle essaie d'adapter sa stratégie d'égalisation, mais a plus de difficulté à estimer le nombre manquant dans le cadre des multiplications, ce qui l'amène à faire des erreurs de calcul. Lors du post-test, trois semaines plus tard, Marion établit une toute nouvelle stratégie (groupement) et propose d'emblée encore une nouvelle stratégie (addition-soustraction) quand on lui demande comment faire autrement. Le temps laissé depuis la généralisation a-t-il permis à Marion de prendre du recul sur l'exercice ? Ce que semblaient montrer ces gestes lors du pré-test (repérage des deux mêmes chiffres) aurait pris forme plus clairement dans son esprit. Marion semble en transition vers la compréhension totale du problème, lors de ses explications, elle imbrique parfois plusieurs stratégies. L'inciter de nouveau à utiliser ses mains lui permettrait peut-être de mieux différencier les stratégies.

2.2.6 Andréa, des gestes pour atténuer l'insécurité cognitive

Andréa a 15 ans, elle est en seconde. Selon le diagnostic orthophonique, elle rencontre des difficultés au niveau verbal (difficultés d'évocation mentale, adhérence à la perception, difficultés sur les notions temporelles). Sa pensée est encore peu conservante (elle n'a pas acquis la conservation du nombre, du poids, de l'horizontalité). Andréa semble être en insécurité cognitive.

Au cours de l'expérimentation, Andréa produit spontanément des gestes de pointage (elle pointe, entoure, souligne) concordants avec l'explication verbale des équations quand elle a résolu celles-ci sans difficultés. En revanche, lors du test de généralisation, elle ne produit aucun geste. En effet, pour les équations où aucun chiffre de gauche n'est repris à droite, Andréa n'a pas trouvé de stratégie satisfaisante. Elle ne

parvient pas à adapter sa stratégie opérante (groupement) quand la situation change (chiffres tous différents à droite et à gauche). Elle opte alors pour une stratégie de non-équivalence (additionner jusqu'au signe égal) tout en sachant que ce raisonnement est incorrect. De ce fait, lorsqu'elle explique la résolution de ces équations, elle ne fait aucun geste. Lors des équations suivantes où un chiffre de gauche est de nouveau repris à droite mais dans le cadre d'une multiplication, Andréa fait de suite le parallèle avec les toutes premières équations et reprend sa stratégie d'équivalence (groupement). Lorsqu'elle explique ce raisonnement, les gestes ici reviennent. On a l'impression que ses gestes sont inhibés quand sa pensée est inhibée. Peut-être aurait-on pu lui proposer d'utiliser ses mains, comme lors de la phase d'entraînement, pour voir si enclencher les gestes pourrait lui permettre d'enclencher sa pensée. En effet, les équations de la phase d'entraînement ne lui ont pas posé de difficultés, l'incitation à faire des gestes n'a donc pas fait émerger de savoir implicite. Sur les équations de généralisation en revanche, l'inciter à faire des gestes aurait peut-être permis de clarifier les prémices de stratégies qu'elle essayait de mettre en place.

Lors du post-test à distance, un mois plus tard, Andréa parvient finalement à résoudre une équation de généralisation en adaptant la stratégie de groupement qu'elle avait élaborée depuis le début. Cependant, ayant des difficultés à expliquer son raisonnement, elle pense s'être trompée. Ici, contrairement à la série où elle a opté pour une stratégie inopérante (additionner jusqu'au signe égal) et expliquée sans aucun geste, Andréa produit des gestes concordants avec son explication verbale. Bien qu'insécure, elle perçoit peut-être qu'elle détient un début de raisonnement correct et « se permet » de soutenir son propos par des gestes concordants. Observer les gestes permettrait peut-être ici d'estimer le degré de confiance du patient en son raisonnement ?

Devant ses difficultés de représentation mentale de l'équivalence mathématique, et au vu de l'adhérence à la perception évoquée dans le diagnostic orthophonique, nous avons proposé à Andréa deux séances de travail avec pour support une balance et des enveloppes dans lesquelles insérer des jetons. Le travail consistait à équilibrer la balance en changeant le nombre d'enveloppes sur chaque plateau, puis à retranscrire cela sur papier. Passer par la manipulation et percevoir les changements sur la balance lui a permis de mettre du sens sur l'équivalence et de transposer cette compréhension aux équations proposées lors de l'expérimentation. Observer le patient (y compris ses gestes) et mettre ces observations en lien avec le diagnostic orthophonique permet de lui proposer des situations adaptées à ses capacités, actuelles et en devenir.

2.2.7 Gladys, des gestes parlant

Gladys a 12 ans, elle est en sixième. Elle est suivie en orthophonie pour un trouble spécifique des apprentissages : une dyscalculie modérée.

Ses gestes, comme son discours, sont peu affirmés : mouvements vagues, de faible amplitude, intensité vocale réduite. On observe que, quand la réponse est erronée, les gestes sont discordants. Cela peut être rapproché de l'incertitude de son raisonnement sur ces équations non-résolues, incertitude qui se reflète dans ses gestes.

Sur le plan du raisonnement, lors du pré-test, Gladys alterne une stratégie opérante (égalisation) et une stratégie non-opérante (addition jusqu'au signe égal). Cette alternance semble arbitraire, tout le moins sans lien avec la forme de l'équation. A ce stade, ses explications verbales sont floues ; elle emploie de nombreux mots génériques (« ça »). Bien qu'assez vagues, les gestes s'avèrent indispensables pour compléter son discours (« ça » correspond à trois nombres qu'elle entoure). Dès l'entraînement, quatre semaines plus tard, Gladys abandonne la stratégie non-opérante pour n'utiliser que la stratégie d'égalisation. Le temps a-t-il affiné son raisonnement ? Est-elle plus en forme ce jour-là ? Cependant des erreurs de calcul empêchent ce raisonnement, pourtant correct, d'aboutir aux résultats corrects. Par ailleurs, un temps de latence important lui est nécessaire avant de démarrer son explication et son intonation montante, comme interrogative semble marquer encore une incertitude, néanmoins, ses gestes sont maintenant plus précis (pointage bien délimité), comme s'ils étaient les premiers à « trahir » sa satisfaction, ce que son intonation et son attitude cachent bien. A ce stade, lorsqu'on lui demande si d'autres stratégies sont envisageables, Gladys répond « Nan. » sans plus se pencher sur la question. Lors de la généralisation, Gladys adapte un raisonnement opérant sur les multiplications (stratégie d'égalisation) mais pour lequel subsistent des difficultés de calcul. Lorsqu'on lui demande si une autre stratégie serait possible, elle répond cette fois « oui » même si elle ne sait pas laquelle. Faire face à une difficulté lui a-t-il permis d'envisager qu'il était possible de faire autrement ?

2.2.8 Hugues, des difficultés non-verbales

Hugues a 13 ans, il est en cinquième. Il était initialement suivi en orthophonie pour un trouble spécifique des apprentissages : la dyscalculie. Le diagnostic évolue aujourd'hui vers un Syndrome de l'hémisphère droit ou Syndrome de Dysfonctionnement Non Verbal (SDNV). Il se manifeste chez Hugues par des difficultés relationnelles (il est avenant avec

tout le monde mais ne lie pas d'amitiés solides), des difficultés à comprendre autrui, des difficultés de coordination psychomotrice et des difficultés dans la résolution de problèmes.

Ses gestes au cours de l'expérimentation sont essentiellement des gestes de pointage et plutôt précis. Cela contraste avec sa maladresse globale. Il fait tomber le crayon, arrache à plusieurs reprises les pages en voulant juste effacer sa réponse et met du temps à trouver une technique qui lui permette de les tourner en douceur. Dans le cadre de ce syndrome, l'intérêt d'observer les gestes est d'autant plus fort qu'ils sont souvent en décalage avec le langage qui lui s'est développé normalement. Accompagner ses mots de gestes pourrait peut-être alors préciser les gestes qui seraient guidés par des mots assurés ?

Sur le plan du raisonnement, Hugues fournit des explications verbales et gestuelles concordantes, très synthétiques (« $7 + 6 + 5 + 5$. »). Lors du pré-test, Hugues semble sûr de sa stratégie (stratégie de non-équivalence : additionner tous les nombres). Lors de l'entraînement, Hugues questionne : « Heu, j'comprends pas trop pourquoi vous mettez $8 = 3$. » ($3 + 4 + 8 = 3 + _$). La reprise de l'exercice lui a-t-elle donné plus de recul ? Il élabore cette fois une deuxième stratégie, en fonction de la situation : tout additionner quand l'inconnue est à la fin, additionner jusqu'au signe égal quand l'inconnue est juste derrière le signe égal. Dans ce deuxième cas de figure, son explication cite le nombre restant sans en tenir compte dans le raisonnement (ex : « $3 + 7 + 8$ qui sont égal à 18 . + 8 . »). Quand l'expérimentateur lui demande s'il envisage une autre stratégie possible, Hugues répond d'emblée « Non. » Le questionnement répété de l'examineur ne l'amène pas lui-même à se questionner. Le SDNV entre peut-être ici en jeu sur le plan des difficultés à interpréter le comportement d'autrui. Que l'examineur le questionne systématiquement sur la possibilité d'autres stratégies ne lui met pas la puce à l'oreille. Il reste sur celle qu'il a établie et n'en cherche pas de nouvelles, même sur demande. Lors de la généralisation, il adapte sa stratégie (tout additionner) à la multiplication (tout multiplier). La situation nouvelle ne fait pas émerger de réflexion nouvelle. Là encore le SDNV entre peut-être en jeu sur le plan des déficits marqués dans la formation de concepts, dans la résolution de problèmes, dans l'élaboration de stratégies, dans la vérification d'hypothèses (Bessac, 2013), des difficultés à généraliser les apprentissages (Lussier & Flessas, 2009).

2.2.9 Manuella, le questionnement plus aidant que les gestes

Manuella a 10 ans, elle est en CM1. Elle est prise en charge pour des difficultés de transcodage des nombres de plus de trois chiffres, pour des difficultés de calculs et des difficultés en résolution de problèmes.

Lors de l'expérimentation, Manuella produit des gestes de pointage concordants avec son discours, bien qu'elle ne soit pas sûre de sa stratégie (« J crois qu c'est pas ça. »).

Sur le plan du raisonnement, elle élabore deux stratégies d'emblée en fonction de la situation. Si l'inconnue est juste après le signe égal ($a + b + c = _ + c$), elle indique le résultat de l'addition des nombres à gauche du signe égal ($a + b + c$). Si l'inconnue est en deuxième place après le signe égal ($a + b + c = a + _$), elle reporte le nombre qui est juste après le signe égal (« j'ai mis le double », ici, a). Il semble donc qu'elle n'ait pas encore acquis le principe d'équivalence mathématique puisque le sens du signe égal dans ces situations est instable. Manuella tente des stratégies mais ne va pas au bout, elle en change en cours de route. Il semble qu'elle hésite à donner la réelle explication, notamment sur sa stratégie idiosyncratique des « doubles ». Elle a conscience de ne pas donner la bonne stratégie mais ne trouve pas comment faire autrement. Ses gestes sont concordants avec son discours : les deux sont aussi embrouillés l'un que l'autre. Ici, l'accompagnement qui semble le plus pertinent pour Manuella est de la questionner. En la questionnant, ses explications se clarifient. Cela ne lui permet pas pour autant d'envisager de nouvelles stratégies. L'expérimentation atteint peut-être ses limites avec Manuella en lui proposant des problèmes trop complexes pour qu'elle puisse les résoudre seule.

2.2.10 Jeanne, l'application de procédures qui ne font pas sens

Jeanne a huit ans, elle est en CE2. Elle présente des difficultés dans le développement des habiletés mathématiques, la représentation des quantités, le calcul, les représentations et manipulations mentales. Sa pensée est encore peu mobile et peu conservante.

Quand on lui demande d'utiliser ses mains, Jeanne pointe les nombres dont elle parle et représente ces nombres avec ses doigts (ex : « + 7 + 6 + 2 + 2 », elle lève 7 doigts, puis elle lève 6 doigts). Mais elle n'effectue pas le calcul sur ses doigts lors de l'explication (alors qu'elle semble pourtant compter sur ses doigts sous la table pendant l'exercice). Ses gestes sont concordants mais partiels, ils ne vont pas jusqu'au bout du

discours. Lors des post-tests, elle n'utilise même plus aucun geste pour les dernières opérations.

Sur le plan du raisonnement, Jeanne élabore la stratégie non-équivalente d'additionner tous les nombres et la conserve jusqu'à la généralisation. L'équation semble ne rien représenter pour elle. Elle considère tous les nombres et y applique l'opération que semblent suggérer les signes plus : une addition. Lorsqu'on lui demande une autre stratégie, elle répond simplement « non ». Les multiplications proposées dans le test de généralisation font surgir une stratégie idiosyncratique (multiplier les chiffres deux à deux puis additionner les deux résultats.) que Jeanne ne mène pas jusqu'au bout. Elle peut envisager une autre stratégie (qu'elle avait peut-être hésité à utiliser durant la résolution de l'exercice) : « plus tout ça (souligne tous les chiffres) en fois. Bah, faire tout ça mais en tableau et à côté on met fois. Et on doit tout calculer en fois. » Elle pose $43 \times 22 = 86$ (4×2 et 3×2). A la fois l'opération de multiplication et la procédure semblent ne pas avoir encore de sens pour Jeanne, cependant elle ose se risquer à de nouvelles stratégies. Jusqu'au post-test à distance, elle conserve malgré tout les deux mêmes stratégies (une pour les additions, une pour les multiplications) et ne semble pas pouvoir en envisager d'autres sur demande s'il ne lui en était pas déjà venu spontanément pendant sa réflexion initiale.

2.2.11 Louison, un flot verbal et corporel difficile à canaliser

Louison a neuf ans, elle est en CM1. Le diagnostic orthophonique décrit des difficultés d'accès au langage écrit, des difficultés à inhiber les stimulations perceptives, émotionnelles, les connaissances non-pertinentes, des difficultés à planifier et organiser une réponse ainsi qu'un déficit de l'attention, de la mémoire visuo-spatiale, de l'encodage et de la récupération.

Ses gestes spontanés sont flous, imprécis, entraînant des discordances avec la parole pendant l'épreuve d'entraînement. Cependant, lorsqu'on lui demande explicitement d'utiliser ses mains, ses gestes deviennent alors plus précis (pointage des éléments évoqués oralement). Quand elle ne fait pas de gestes, Louison bouge beaucoup : elle tire sur ses manches, joue avec le crayon, se contorsionne, contracte les épaules... Lui proposer de faire des gestes lui permet peut-être de canaliser son agitation vers son raisonnement ?

Sur le plan du raisonnement, il semble que Louison pourrait créer un nombre infini de stratégies, pour la plupart non-équivalentes et idiosyncratiques :

- partir du nombre placé juste avant le signe égal et essayer d'aboutir au même résultat avec les deux nombres qui suivent le signe égal (ex : $2 + 5 + 9 = 2 + 7$) ;

- chercher le complément à 10 (ex : $3 + 6 + 8 = 3 + 7$: « comme ici ça pouvait pas faire 3 et bah je me disais qu'on pouvait peut-être rajouter pour que ça fasse plus que 3. » *Et pourquoi 7 ?* « Bah parce que là y'a 3 et y'a 7 et pour faire 10 vaut mieux les compléments de 10. »)

- choisir un nombre à gauche et le reporter à droite, pour reproduire une sorte de série, « faire du pareil » perceptivement mais pas encore en terme d'équivalence (ex : $9 + 5 + 2 = 9 + 5$: « bah comme y'avait deux 9 bah je me suis dit qu'on pouvait mettre aussi deux 5. »). Louison peut choisir le nombre le plus grand parce qu'elle estime que le résultat attendu est élevé, ou alors choisir le nombre le plus petit « parce que ce serait plus facile à calculer », ou alors en choisir un qui donne un résultat impair ou qui permet que l'addition ne soit composée que de nombres impairs. Elle peut également voir « du pareil » en additionnant certains nombres (ex : $7 + 2 + 9 = 8 + 8$: « $7 + 2$, ça faisait 9. Et du coup, bah, comme y'avait 9, bah j'me suis dit qu'il fallait que je mette 8, comme ça, y'aura le même chiffre partout », soit $9 + 9 = 8 + 8$).

- essayer de reconstituer une série figurative (ex : $2 \times 4 \times 3 = 2 \times 5$: « on pouvait mettre des 5. Parce que là, y'avait 3 et 2, et 4. Du coup 3, 2, 4, 5. Non, 2, 3, 4, 5. »)

- stratégie que l'expérimentateur n'a pas réussi à cerner. Louison semble prendre des nombres plus ou moins au hasard pour les additionner et voir s'ils produisent un résultat proche de celui qu'elle attend (ex : $2 + 6 + 7 = 2 + 8$: « Eh bah, j'ai pris... J'ai fait $2 + 2$, ça fait 4. Et puis, j'ai doublé et ça m'a fait heu 8 heu plus que 8 et du coup bah après comme ça faisait pas assez j'ai pris $6 + 2$ et là ça faisait 8. »).

- noter un résultat approximatif mais qui correspond au jour de son anniversaire (ex : $8 + 9 + 5 = 26 + 5$: «Eh bah, comme le 26 juin c'est ma date de naissance et bah du coup, j'ai compté pour que ça fasse 26... parce que je trouvais que ça serait un petit peu rigolo. »)

- mettre un nombre au hasard (ex : $5 + 6 + 8 = 7 + 8$: « ... j'ai trouvé parce que j'ai un petit peu mis au hasard parce que je savais pas trop comment faire pour ici. »)

Louison propose également d'autres stratégies non-équivalentes mais répertoriées par Perry et al. (1988) :

- additionner tous les nombres jusqu'au signe égal et ignorer le signe plus qui suit (ex : $4 + 6 + 9 = 19 + 9$) ; stratégie qu'elle adopte pour toutes les équations de type $a + b + c = _ + c$.

- stratégie d'addition de tous les nombres (ex : $4 + 6 + 7 = 23 + 7$).

Louison amorce enfin des stratégies plus opérantes. Celles-ci apparaissent à tout moment de l'expérimentation, on ne constate pas une courbe de progression particulière :

- additionner les nombres à gauche du signe égal et essayer d'obtenir le même résultat à droite, par approximation (ex : $7 + 4 + 2 = 7 + 3$: « ça faisait 11 heu non 13. Et pour faire plus que ce soit 7 eh ben j'ai mis 3. »). Un début de stratégie d'égalisation semble s'esquisser dans son esprit mais n'est pas encore opérant.

- stratégie de groupement (mais qui semble essayée à tout hasard) (ex : $8 + 4 + 9 = 12 + 9$: « Alors, j'ai fait $8 + 4$. Comme $8 + 2$ ça fait 10, je lui rajoute 2, ça va faire 12 eh bah du coup j'ai marqué 12 ici. »)

Par ailleurs, cela ne lui pose pas de problèmes qu'une même équation puisse avoir plusieurs solutions. Chaque personne peut donner le résultat qu'elle souhaite. Quand on lui demande s'il serait possible de faire autrement, Louison propose de changer les nombres de l'équation, additionner d'autres nombres, s'arranger pour trouver des multiples de 5... Quand on lui demande son avis sur la réponse d'un autre participant, un même résultat peut être à la fois correct et incorrect (« ça pourrait être bien parce que du coup ça rajouterait des chiffres ou des nombres. Et ça pourrait être aussi pas bien parce que du coup on n'aurait pas quelque chose pour marquer une réponse. »).

La pensée de Louison semble extrêmement flexible au point qu'aucune règle ne semble se fixer pour elle. Si l'incitation à faire des gestes permet de canaliser son « stress » corporel, elle semble ici un outil anecdotique dans la prise en charge tant la pensée verbale de Louison n'est, elle, pas canalisée.

2.2.12 Louisa, la révélation est plus ancrée dans les gestes que dans les mots

Louisa a neuf ans, elle est en CM1. Elle présente un retard d'acquisition de certaines compétences mathématiques (difficultés de manipulation des dizaines en calcul, inhibition à construire ses propres techniques de calcul).

Lors de l'expérimentation, Louisa produit des gestes de pointage, concordants avec son discours.

Sur le plan du raisonnement, Louisa explique spontanément son raisonnement en même temps qu'elle résout l'exercice. Elle réfléchit longuement puis opte pour une stratégie qu'elle applique tout en sachant qu'elle n'est pas opérante. La stratégie qu'elle

élabore est celle d'additionner tous les nombres. Pour s'autoriser cela, elle dit déplacer le dernier nombre mentalement pour que le signe égal se retrouve à la toute fin de l'équation. Cependant, elle s'autocritique tout en le faisant (« J'crois pas qu'c'est bon... »). Lorsqu'on lui demande comment on pourrait faire autrement, elle exprime à nouveau son doute (« Bah, je sais pas trop en fait, c'est pour ça que j'ai fait ça. »). Elle réfléchit sur le problème consciencieusement tout en exprimant ses incertitudes. On pourrait imaginer que Louisa est en transition vers l'acquisition de ce concept, ce que ne montrent pas ses gestes, concordants avec son discours...

Un tournant se produit au cours de l'expérimentation. A l'issue du test de généralisation, Louisa réfléchit au mot « équation » qui lui fait penser au mot « équateur » appris à l'école. L'orthophoniste lui demande la définition d'équateur puis de comparer les deux mots. Un éclair de compréhension passe dans les yeux de Louisa. Lors du post-test à distance, quatre semaines plus tard, elle trouve d'emblée une stratégie opérante (groupement) et résout presque toutes les équations. Cependant l'explication verbale reste encore floue. Ses gestes semblent plus fiables à observer pour comprendre sa stratégie (par exemple, elle cache les deux 7 avec ses mains). On retrouve ici la discordance gestes-mots, de Perry et al. (1988), révélatrice d'un sujet en transition. A l'équation suivante de généralisation, Louisa reprend sa stratégie de non-équivalence initiale (additionner tous les nombres). Sa nouvelle stratégie opérante n'est probablement pas encore assez ancrée pour qu'elle parvienne à l'adapter dans une situation nouvelle.

On note ici deux remarques pour la prise en charge : l'intérêt de persévérer dans la proposition d'un exercice qui semble à première vue trop complexe, et la richesse d'aider le patient à faire des liens entre ses différentes connaissances.

Notre échantillon, bien que limité, a permis de mettre en valeur des stratégies verbales et des productions gestuelles très variées. Devant une même situation, chaque patient réagit avec ses acquis, ses intuitions (bonnes ou mauvaises), sa personnalité. A chaque fois, les gestes permettent de mieux comprendre le raisonnement élaboré voire aident à préciser ce raisonnement.

3. DISCUSSION

3.1 Interprétation des résultats quantitatifs

3.1.1 Quelles réponses apportées aux hypothèses ?

La première hypothèse avançait que l'incitation à produire des gestes (épreuve d'entraînement) permettrait, chez les patients ayant des troubles de la cognition mathématique, l'émergence de savoirs implicites. Les résultats obtenus chez les participants observés indiquent que l'incitation à faire des gestes n'a pas permis de mettre au jour un savoir implicite. Autrement dit, nous n'avons pas observé dans les gestes produits par les participants une stratégie nouvelle qui n'aurait pas été exprimée en mots. Dans l'expérience de Perry et al. (1988), un savoir implicite apparaît chez les enfants tout-venants quand ils sont en transition vers l'acquisition d'un concept. Si leurs mots et leurs gestes sont cohérents, cela signifie soit qu'ils ont déjà acquis ce concept (stratégies verbales et gestuelles opérantes), soit qu'ils sont encore loin de l'acquérir (stratégies verbales et gestuelles inopérantes). Les participants ayant résolu d'emblée les six équations ne produisent pas de discordance puisqu'ils semblent avoir déjà acquis le concept d'équivalence sur ce type de problème. La concordance entre leur discours et leurs gestes est donc logique et vient confirmer les découvertes de Perry et al. (1988). Contrairement à Perry et al. (1988), nous avons choisi de poursuivre l'expérimentation avec ces sujets. En effet, selon Houdé (2014), ce n'est pas parce qu'un concept semble acquis qu'il l'est définitivement. Par ailleurs, chez les patients n'ayant pas résolu tout ou partie des équations, on observe également une concordance entre le discours et les gestes. Cette concordance laisse supposer qu'ils ne sont pas non plus en transition vers l'acquisition de ce concept. Il s'agirait de problèmes trop complexes pour être résolus par eux sans l'aide d'un tiers. Il est donc également cohérent que l'incitation à faire des gestes ne révèle pas de savoir implicite. Nous avons choisi de poursuivre également l'expérimentation avec ces sujets puisque aussi bien leur développement naturel que le suivi orthophonique sont susceptibles de les faire évoluer au cours de l'expérimentation. Enfin, pour les deux participants ayant montré une discordance (dès le pré-test ou lors de l'entraînement), celle-ci n'a pas non plus permis d'observer un savoir implicite puisque le discours, tout comme les mots exprimaient des stratégies difficilement accessibles à l'entendement de l'examineur. Pour l'un des sujets, on comprenait la stratégie utilisée par les bribes d'explications verbales et par le résultat donné. Pour l'autre, la variation des

stratégies et la densité des explications n'a pas permis d'observer concrètement l'émergence d'un savoir implicite dans les gestes. Cette première hypothèse n'a donc pas été vérifiée.

La seconde hypothèse avançait que lorsque les gestes ont mis au jour un savoir implicite, les patients sont alors mieux à même de trouver de nouvelles stratégies pour résoudre un problème donné. Nous ne pouvons pas affirmer que le savoir implicite exprimé par les gestes permet aux participants d'envisager de nouvelles stratégies, puisqu'au cours de la première phase de notre expérimentation, l'incitation à faire des gestes n'a pas conduit à l'expression d'un savoir implicite. Cependant, après la phase d'entraînement (incitation à faire des gestes pendant l'explication verbale), 50% des participants ont été à même d'envisager de nouvelles stratégies (contre 25% seulement lors de la phase d'entraînement). Nous avons identifié trois facteurs pouvant être à l'origine de cette ouverture à un nouveau raisonnement : l'incitation à faire des gestes, le fait de soumettre un questionnaire aux participants (« pourrait-on faire autrement ? ») et la répétition d'exercices similaires et évolutifs (six nouvelles équations à chaque épreuve). Notre expérimentation ne permet pas d'établir lequel de ces facteurs est le plus déterminant. L'expérimentation ne permet donc pas d'apporter une réponse unique à cette seconde hypothèse.

Pour aller au-delà des hypothèses et de l'expérience princeps, l'expérimentation a comporté également une épreuve de généralisation et un post-test à distance. L'épreuve de généralisation a montré que devant un problème nouveau (nouvelle configuration ou nouvelle opération) et similaire à un problème déjà rencontré (même concept requis : l'équivalence mathématique), les participants ayant réussi les équations ont adopté deux comportements. Certains adaptent leur stratégie (trois sujets), d'autres en cherchent une nouvelle (six sujets ; dont seulement deux sujets pour qui les nouvelles stratégies ont été opérantes). Les participants n'ayant pas réussi à résoudre les équations conservent la même stratégie non-opérante. La flexibilité de pensée des participants est donc plus importante pour les sujets en transition ou ayant acquis le concept que pour les sujets n'ayant pas acquis le concept. L'épreuve de post-test à distance, quant à elle, montre que le temps de latence laissé entre les épreuves n'a pas atténué les progrès. Au contraire, cette distance temporelle (et/ou la réactivation de la réflexion sur le même type de problèmes) a permis aux participants d'envisager encore de nouvelles stratégies et de résoudre les problèmes initiaux voire également les problèmes de généralisation.

3.1.2 Limites de l'expérimentation

Plusieurs biais peuvent expliquer la non-vérification des hypothèses. Concernant les participants, trois aspects ont limité les résultats : notre échantillon est non-probabiliste, c'est-à-dire qu'il n'est pas représentatif de tous les profils de patients que l'on peut rencontrer en prise en charge orthophonique de la cognition mathématique ; par ailleurs, nous n'avons pas constitué de groupe contrôle, c'est-à-dire un groupe de patients semblables aux participants mais qui ne subit pas les tests et permet de vérifier que des facteurs extérieurs à l'expérimentation ne sont pas entrés en jeu (autres que l'incitation à faire des gestes) ; enfin, la petite taille de notre échantillon ne permet pas de généraliser nos résultats à une population plus importante. Concernant l'expérimentateur, nous n'avons pas fait appel à un second expérimentateur qui aurait pu coder quelques épreuves à l'aveugle et attester ainsi de la fiabilité de notre unique codeur. Plus de moyens humains auraient permis une analyse statistique plus riche et plus fiable.

3.2 Interprétation des résultats qualitatifs

3.2.1 Profil clinique et gestualité des participants

Sur ce petit échantillon, on constate que les patients ayant des troubles de la cognition mathématique produisent majoritairement les mêmes stratégies que les enfants tout-venants en transition vers le concept d'équivalence mathématique. On observe que les patients ayant acquis ce concept ont tendance à rester sur les stratégies qu'ils ont instinctivement élaborées alors que les patients en transition vers l'acquisition de ce concept en utilisent spontanément un plus grand nombre. Cette diversité des stratégies illustre peut-être l'insécurité cognitive qui amène les patients à chercher autre chose car ils n'ont pas confiance en ce qu'ils ont produit (cf. Louison). Cette diversité est peut-être également le signe d'un esprit en transition et donc assez flexible pour envisager de nouvelles perspectives (cf. Louisa).

Pour certains patients, l'apparition ou au moins la clarification de nouvelles stratégies semble liée à l'incitation à produire des gestes. Pour d'autres, il semble que ce soit le questionnement de l'expérimentateur qui les aide à prendre du recul sur leur façon de faire. Pour d'autres encore, c'est la proposition d'exercices similaires mais avec des variantes qui semble leur permettre de voir la situation sous un nouvel angle. Enfin, pour la majorité, l'effet du temps est positif et leur permet d'aborder le problème sous un jour nouveau.

Concernant la gestualité, quand le raisonnement est clair et la pensée fluide, et qu'ils sont accompagnés de gestes et de mots précis, les patients parviennent à faire évoluer leurs stratégies, déjà opérantes, vers encore plus d'efficacité et / ou de diversité (cf. Chloé, Alexia). D'autres patients, malgré un raisonnement correct, vont produire des gestes et des discours partiels ou imparfaits non sans lien avec leur attitude « adolescente », un tantinet lymphatique. Pour ceux-ci, l'incitation à faire des gestes permet de préciser leur explication verbale et donne un meilleur accès à leur fonctionnement mental (cf. Jules, Christelle). Chez les patients pour qui le concept est encore flou, ce manque de clarté se répercute dans les gestes (cf. Andréa, Gladys). Inciter ceux-ci à utiliser leurs mains permet à l'observateur d'estimer leur degré de confiance en leur raisonnement. Chez les patients dont la gestualité est « agitée » enfin, attirer l'attention sur la possibilité d'utiliser ses mains comme soutien à l'expression orale semble être une piste pour recentrer cette énergie sur la réflexion en cours (cf. Louison).

3.2.2 Implications pour la pratique orthophonique

En prise en charge orthophonique de la cognition mathématique, l'incitation à faire des gestes est utile sur deux plans. D'une part, elle permet à l'orthophoniste d'enrichir sa compréhension du fonctionnement du patient et donc d'adapter ses interventions en séances. D'autre part, elle permet au patient de soutenir son raisonnement et la verbalisation de celui-ci.

Par extension, on pourrait envisager, en bilan orthophonique, d'ajouter une observation clinique des gestes pour compléter l'analyse des résultats. En effet, la cognition mathématique regroupe deux aspects auxquels participent largement les gestes : le raisonnement logique et le sens du nombre. La présente étude montre le lien entre l'utilisation des mains et le raisonnement ; les théories de Fayol (2012) ou Lafay et al. (2013) montrent celui entre l'utilisation des doigts et le sens du nombre.

De futures recherches pourraient ainsi reproduire cette étude à plus grande échelle afin de confirmer ces esquisses de résultats, ou la transposer à l'étape du bilan afin d'enrichir les observations cliniques en situation d'évaluation.

CONCLUSION

Nous avons pu étudier ici l'intérêt des gestes dans le développement de l'enfant. Les gestes contribuent au développement du langage et de la pensée : concernant le langage, les gestes en sont à l'origine, ils accompagnent chaque étape verbale et perdurent à l'âge adulte ; concernant la pensée, les gestes soutiennent la formation des concepts et participent à la construction de la cognition mathématique. Les outils gestuels sont ainsi largement répandus dans la pratique orthophonique que ce soit pour soutenir le développement du langage, rétablir une communication, remédier aux troubles ou optimiser les compétences cognitives.

Afin d'enrichir cette pratique, nous avons choisi un champ d'étude, la cognition mathématique, et nous y avons exploré les gestes produits par le patient, spontanément et sur demande. Lorsqu'ils expliquent leur résolution d'un problème d'équivalence mathématique, les patients produisent spontanément des gestes en lien avec la stratégie qu'ils ont élaborée. Observer ces productions permet d'en savoir plus sur leur fonctionnement cognitif : la stratégie utilisée, le degré de certitude au sujet de cette stratégie, l'apparition d'un début de raisonnement nouveau. Lorsque l'on demande explicitement à ces patients d'utiliser leurs mains au cours de leur explication, ils enrichissent naturellement leur production gestuelle. Encourager ces productions permet de préciser leur explication verbale, canaliser leur énergie sur le problème proposé, soutenir l'apparition d'une stratégie nouvelle. Cette étude a souligné indirectement la pertinence d'un autre aspect porteur de la prise en charge : le questionnement. Encourager le patient à verbaliser sa pensée, l'interroger sur son cheminement, l'amener à réagir sur d'autres stratégies enrichit considérablement sa réflexion et lui donne du recul sur sa propre stratégie.

Comme les autres outils gestuels utilisés en prise en charge orthophonique, l'observation-incitation à faire des gestes vient enrichir l'échange verbal d'un nouveau canal, le canal gestuel, et donne ainsi une dimension supplémentaire à la rééducation de la cognition mathématique.

BIBLIOGRAPHIE

- Alegria, J., Leybaert, J. (2005). Le langage par les yeux chez l'enfant sourd : lecture, lecture labiale et langage parlé complété. In C. Transler, J. Leybaert & J. E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd : les signes, l'oral et l'écrit* (pp. 215-244). Marseille : Solal.
- Arbib, M., Gasser, B., Barrès, V. (2014). Language is handy but is it embodied ? *Neuropsychologia*, (55), 57-70.
- Barrouillet, P. (2006). L'émergence des outils arithmétiques. In P. Barrouillet & V. Camos (Eds.), *La cognition mathématique chez l'enfant* (pp.87-115). Marseille : Solal.
- Barrier, G. (2014). *La communication non verbale. Comprendre les gestes : perception et signification* (7^e éd.). Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.
- Bartolo, A., Bonnotte, I., Coello, Y. (2014). Les liens langage-action dans la production et la perception des actes moteurs volontaires. In Frak, V., Nazir, T. (Eds). *Le langage au bout des doigts : les liens fonctionnels entre la motricité et le langage*. Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Beaudoin-Ryan, L., Goldin-Meadow, S. (2014). Teaching moral reasoning through gesture. *Developmental Science*, 17(6), 984-990.
- Bedos, M. (2010). Une solution de continuité. In P. Denis (Ed.), *Continuité des soins, continuité psychique* (pp. 189-193). Paris : ERES.
- Bernicot, J. (1998). L'acquisition du langage : étapes et théories. In R. Ghiglione & J. F. Richard (Eds.), *Développement et intégration des fonctions cognitives, cours de psychologie, vol.3* (pp. 420-439). Paris : Dunod.
- Bessac, J. (2013). *Trouble des apprentissages : dictionnaire pratique*. Paris : Tom Pousse.
- Borel-Maisonny, S. (1969). *Perception et éducation, la parole et la perception des sons*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Boulenger, V. (2014). Cartographie électrophysiologique du langage et de la motricité. In V. Frak, T. Nazir (Eds), *Le langage au bout des doigts : les liens fonctionnels entre la motricité et le langage* (pp. 33-58). Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec.

- Broaders, S.C., Cook, S.W., Mitchell, Z., Goldin-Meadow, S. (2007). Making children gesture brings out implicit knowledge and leads to learning. *Journal of experimental psychology*, 136(4), 539-550.
- Bruner, J. (1987). *Comment les enfants apprennent à parler*. Paris : Retz.
- Bufnoir, J., Virole, B. (2006). Utilisation de la langue des signes avec des enfants autistes. *Perspectives Psys*, 45(3), 236-242.
- Chanquoy, L., Negro, I. (2004). *Psychologie du développement*. Paris : Hachette Supérieur.
- Courson, M., Frak, V., Nazir, T. (2014). Geste iconique et lexique chez le jeune enfant. In V. Frak, T. Nazir (Eds), *Le langage au bout des doigts : les liens fonctionnels entre la motricité et le langage* (pp. 165-675). Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Courtin, C., Tzourio-Mazoyer, N. (2004). Les bases neurales de la langue des signes. In C. Transler, J. Leybaert & J. E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd : les signes, l'oral et l'écrit* (pp. 50-63). Marseille : Solal.
- Cuny, F., Dumont, A., Mouren, M.C. (2004). Les techniques d'aide aux jeunes enfants sans langage. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, (52), 490-496.
- Daffaure, V., Guedin, N. (2011). Paralyse cérébrale, dyspraxies et troubles du calcul : quelles aides à la construction du nombre et à son utilisation ? In M. Habib, M. P. Noël, F. George-Poracchia & V. Brun (Eds.), *Calcul et dyscalculies : des modèles à la rééducation* (pp. 143-153). Paris : Elsevier-Masson.
- Delaporte, Y. (2002). *Les sourds, c'est comme ça. Ethnologie de la surdimudité*. Paris : Ministère de la Culture.
- De Roquefeuil, D. (2013). *Bégaiement : technique de fluence (ERASM) et qualité vocale. Etude auprès de cinq patients*. (Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité en orthophonie). Université de Nantes.
- De Ruiter, J. P. (2000). The production of gesture and speech. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture* (pp. 290-305). Cambridge : Cambridge University Press.
- Fayol, M. (2012). *L'acquisition du nombre*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Gaté, J.P., Géninet, A., Giroul, M., Payen de la Garanderie, T. (2009). *Vocabulaire de la gestion mentale*. Lyon : Chronique sociale.

- Gelbert, G. (1994). *Lire c'est vivre, comprendre et traiter les troubles de la parole, de la lecture et de l'écriture*. Paris : Editions Odile Jacob.
- Geste. (2004). In *Le Petit Larousse 2005*. Paris : Larousse.
- Goldin-Meadow, S. (2005). How our hands help us learn. *Trends in Cognitive Science*, 9(5), 234-241.
- Goldin-Meadow, S. (2014). How gesture works to change our minds. *Trends in Neuroscience and Education*, (3), 4-6.
- Goldin-Meadow, S. (2015). From action to abstraction: gesture as a mechanism of change. *Developmental Review*, (38), 167-184.
- Gracia-Bafalluy, M., Noël, M. P. (2008). Does finger training increase young children's numerical performance? *Cortex* (44), 368-375.
- Guidetti, M. (1998). Les usages des gestes conventionnels chez l'enfant. In Bernicot, J., Marcos, H., Day, C., Guidetti, M., Laval, V., Rabain-Jamin, J., & Babelot, G. (Eds.). *De l'usage des gestes et des mots chez l'enfant*. Paris : Armand Colin.
- Gunderson E.A., Spaepen, E., Gibson, D., Goldin-Meadow, S., Levine, S.C., (2015). Gesture as a window onto children's number knowledge. *Cognition*, (144), 14-28.
- Houdé, O. (2014). *Apprendre à résister*. Paris : Le Pommier.
- Jauny, D., Mouton, C., Rousseau, T. (2010). Influence des gestes de l'interlocuteur sur les actes de langage des malades d'Alzheimer. *Glossa*, (109), 93-114.
- Jousse, M. (2008), *Le Parlant, la Parole et le Souffle*. Paris : Gallimard.
- Jousse, M. (2008), *L'anthropologie du geste*. Paris : Gallimard.
- Kendon, A. (2000). Language and gesture : unity or duality ? In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture*, (pp. 47-63). Cambridge : Cambridge University Press.
- Khomsi, A. (1982). Langue maternelle et langage adressé à l'enfant. *Langue française*, (54), 93-107.
- Kita, S. (2000). How representational gestures help speaking. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture*, (pp. 162-175). Cambridge : Cambridge University Press.
- Krauss, R., Chen, Y., Gottesman, F. (2000). Lexical gestures and lexical access : a process model. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture*, (pp. 261-274). Cambridge : Cambridge University Press.

- Lafay, A., Thevenot, C., Castel, C., Fayol, M. (2013). The role of fingers in number processing in young children. *Frontiers in psychology*, 4(488), 1-9.
- Lebaron, C., Streeck, J. (2000). Gesture, knowledge, and the world. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture*, (pp. 119-137). Cambridge : Cambridge University Press.
- Le Huche, F., Allali, A. (2002). *La voix (tome 4) : thérapeutique des troubles vocaux*. Paris : Masson.
- Le Huche, F., Allali, A. (2008). *La voix sans larynx : manuel d'apprentissage des voix oro- et trachéo-oesophagiennes à l'usage des laryngectomisés porteurs et non porteurs d'implant phonatoire et de leurs rééducateurs*. Marseille : Solal.
- Lepot-Froment, C. (2000). L'acquisition d'une langue des signes : données empiriques et questions apparentées. In M. Kail (Ed.), *L'acquisition du langage* (pp. 193-229). Paris : Presses Universitaires de France.
- Leybaert, J., Colin, C. (2007). Le rôle des informations visuelles dans le développement du langage d'un enfant sourd muni d'un implant cochléaire. *Enfance*, 3(59), 245-253.
- Lussier, F., Flessas, J. (2009). *Neuropsychologie de l'enfant : troubles développementaux et de l'apprentissage*. Paris : Dunod.
- McNeill, D. (1992). *Hands and mind : what gestures reveal about thought*. Chicago : The University of Chicago Press.
- McNeill, D. (Ed.) (2000). *Language and gesture*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Meljac, C. (2005). Le diagnostic et après ? Remédiations et prises en charge. In A. Van Hout, C. Meljac & J.P. Fischer (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 371-382). Paris : Masson.
- 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. Entretiens d'orthophonie*, (2014), 1-21.
- Ministère de l'Education Nationale. (2008). *Le socle commun de connaissances et de compétences : décret du 11 juillet 2006*. Repéré à http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/00/0/socle-commun-decret_162000.pdf
- Monfrais-Pfauwadel, M. C. (2014). *Bégaiement, bégaiements : un manuel clinique et thérapeutique*. Paris : De Boeck-Solal.

- Perry, M., Church, R.B., Goldin-Meadow, S. (1988). Transitional knowledge in the acquisition of concepts. *Cognitive Development*, (3), 359-400.
- Piaget, J. (1967, éd. 1998). *Psychologie de l'intelligence*. Paris : Armand Colin.
- Potel Baranes, C. (2010). Cinq axes essentiels d'intervention en psychomotricité. In M. Rodriguez (Ed.), *Etre psychomotricien* (pp. 309-320). Paris : Eres.
- Rizzolati, G., Fogassi, L., Gallese, V. (2007). Les neurones miroirs. *Pour la science*, (351), 44-49.
- Silvestre de Sacy, C. (2008). *Bien lire et aimer lire, méthode phonétique et gestuelle créée par Suzanne Borel-Maisonny. Livre 1 : Cycle 2 (CP-CE1)*. Paris : ESF éditeur.
- Virole, B., Martenot, D. (2006). Problèmes de psychopédagogie. In Virole, B. (Eds.) *Psychologie de la surdité* (pp. 453-472). Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Volterra, V., Caselli, M.C., Capirci, O., Pirchio, S. (2005). Le rôle des gestes dans l'acquisition du langage chez les enfants entendants, les enfants non entendants et les enfants au développement atypique. In C. Transler, J. Leybaert & J. E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd : les signes, l'oral et l'écrit* (pp. 90-114). Marseille : Solal.
- Vygotski, L. (1934, éd. 1997). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.
- Wulf, C. (2013). *Anthropologie de l'homme mondialisé*. Paris : CNRS Editions.
- Zazzo, R. (1957). Le problème de l'imitation chez le nouveau-né. *Enfance*, 10(2), 1957, 135-142.
- Zimmermann-Asta, M.L. (2015). *Découvrir les gestes mentaux : sur les chemins de la gestion mentale*. Lyon : Chronique sociale.

ANNEXES

Annexes au cadre théorique

Annexe I. Extrait du tableau des signes phonétiques de Borel-Maisonny

Annexe II. Exemples de graphisme phonétique utilisé dans la méthode verbo-tonale.

Annexe III. Clés du code de la langue française parlée complétée.

Annexe IV. Exemples de signes de la langue des signes française.

Annexe V. Extraits du vocabulaire Makaton.

Annexe VI. Récapitulatif des phases du protocole d'échange d'images PECS.

Annexe VII. Exemples de gestes proposés aux patients Alzheimer.

Annexe VIII. Schéma de la respiration en créneaux.

Annexes à l'application pratique

Annexe IX. Tableau récapitulatif des profils des participants

Annexe X. Fiche de passation de l'expérimentation

Annexe XI. Répertoire des stratégies exprimées verbalement par les sujets

Annexe XII. Codage de l'expérimentation pour chaque sujet

Annexe XIII. Tableau récapitulatif des résultats aux cinq épreuves pour les 12 sujets

Annexe I. Extrait du tableau des signes phonétiques de Borel-Maisonny.

Tableau des signes phonétiques de chaque geste



[a] de tas / [a] de patte



[o] de vélo / [o] de pomme



[e] de été



[y] de lune



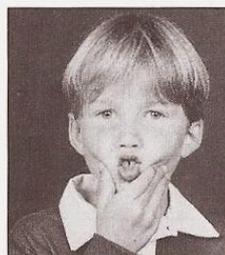
[i] de lit



[f] de fée



[s] de salade



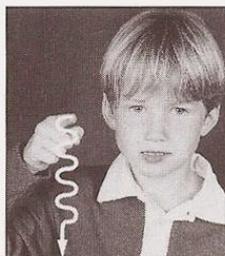
[ʃ] de cheval



[v] de valise



[ʒ] de joli



[z] de zéro



[l] de lait



[m] de maison



[r] de rat



[œ] de un



[n] de noix



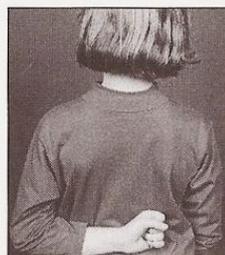
[p] de pipe



[t] de tapis



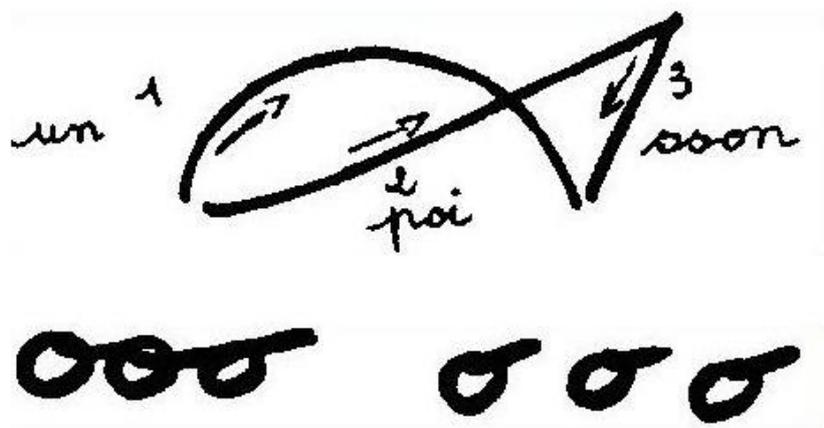
[k] de camion



[d] de dame

Source : Silvestre de Sacy, C. (2008). *Bien lire et aimer lire, méthode phonétique et gestuelle créée par Suzanne Borel-Maisonny. Livre 1 : Cycle 2 (CP-CE1)*. Paris : ESF éditeur.

Annexe II. Exemples de graphisme phonétique utilisé dans la méthode verbo-tonale.



Source : Leray A., orthophoniste au CAMSP Audition de Nantes (2015).

Annexe III. Clés du code de la langue française parlée complétée.



Clés du code LPC



Clés des consonnes



m (mare)
t (toi)
f (fa)
et toute voyelle non précédée d'une consonne (âge)



p (par)
d (dos)
3 (joue)



b (bar)
n (non)
u (lui)



l (la)
ʃ (chat)
ʒ (vigne)
w (oui)



k (car)
v (va)
z (base)



s (sel)
r (rat)



g (gare)



j (fille)
ŋ (camping)

21 rue des Quatre Frères Peignot (Hall E) - 75015 Paris
Téléphone : 01 45 79 14 04 - Fax : 01 45 78 96 14
Courriel : contact@alpc.asso.fr Site Internet : www.alpc.asso.fr

Association nationale pour la promotion et le développement de la Langue française Parlée Complétée (ALPC)

Source : ALPC, Association nationale pour la promotion et le développement de la Langue française Parlée Complétée - <http://alpc.asso.fr>

Annexe IV. Exemples de signes de la langue des signes française.



fleur



adolescent



bol



baleine



verre



danser



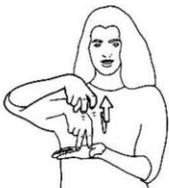
se lever



Espagne



vache



sauter



chanter



pelouse

Exemples de la langue des signes française

Source : Le Corre, G. (2007) La langue des signes française (LSF). *Enfance* 3(59), 228-236.

Annexe V. Extraits du vocabulaire Makaton.

gâteau		 <p>Gâteau, biscuit</p>
dormir		 <p>Dormir</p>
bonjour		 <p>Bonjour</p>
encore		 <p>Encore</p>

Au sein d'une phrase :







 le garçon dort dans la maison

Source : Association Avenir Dysphasie - <http://www.makaton.fr>

PECS Phases

Phase I

How to Communicate

- Spontaneous Requesting
- 2-Person Prompt Procedure
- Pick up, reach, release



Phase II

Distance and Persistence

- Travel to Communicative Partner
- Carry PECS Book
- Persistence across obstacles

Phase IIIA

Simple Discrimination

- Highly-preferred vs. non-preferred
 - 1/2 second rule
- 4-Step Error Correction Procedure



Phase IIIB

Conditional Discrimination

- Correspondence Checks
- 4-Step Error Correction Procedure
- Find pictures in book

Phase IV

Sentence Structure

- Construct and exchange Sentence Strip
- Backstep Error Correction Procedure
- Constant Time Delay to encourage speech



Attributes

Descriptive Vocabulary

- Request specific items
- Size, Color, Shape, etc.
- Action words

Phase V

Answering, "What do you want?"

- Maintain spontaneous requesting
- Progressive Time Delay



Phase VI

Commenting

- Responsive Commenting
- Commenting versus requesting
- Spontaneous Commenting



www.pecs.com

©2012, Pyramid Educational Consultants

"FLEX your PECS!"

Annexe VII. Exemples de gestes proposés aux patients Alzheimer.

Phrases	Gestes	Catégorie
Est-ce que vous aimez le <u>violon</u> ?	Imitation d'un violoniste en train de jouer.	Mimétique
Je peux prendre une <u>photo</u> de vous ?	Imitation d'une prise de vue sans utiliser d'appareil, avec un œil fermé.	Mimétique
Voulez-vous aller <u>là-bas</u> ?	Désignation du lieu.	Déictique
Comment vous appelez-vous ?	Désignation du patient.	Déictique
Avez-vous <u>froid</u> ?	Se frotter les bras pour se réchauffer.	Symbolique
Etes-vous <u>fatigué</u> ?	Tête penchée sur le côté, deux mains jointes sous l'oreille.	Symbolique
C'est <u>génial</u> ! (pour commenter une action, la beauté d'un lieu,...)	Geste « ok » avec le pouce.	Expressif
Ça sent <u>mauvais</u> dans mon sac !	Main qui pince le nez.	Expressif
<u>Venez</u> avec moi.	Geste de la main avec les doigts qui se replient vers la paume.	Conatif
Pouvez-vous <u>ouvrir</u> la porte, s'il vous plaît ?	Main actionnant une poignée imaginaire et tirant la porte vers le locuteur.	Conatif
<u>Oui</u> .	Hochement de tête.	Phatique
<u>Attendez</u> .	Geste de la main pour stopper la personne.	Phatique

Tableau 2. Liste des gestes et *phrases-types* de la situation D.

Phrases	Gestes	Catégorie
Est-ce que vous aimez <u>danser</u> ?	Deux-trois pas de valse, avec une main en l'air et l'autre près du ventre.	Mimétique
Est-ce que vous <u>conduisiez</u> ?	Deux mains tournent le volant.	Mimétique
On s'installe <u>ici</u> ?	Désignation du lieu.	Déictique
Vous préférez la <u>voiture</u> ou l' <u>avion</u> ?	Désignation sur le support iconographique de deux objets l'un après l'autre.	Déictique
Vous <u>aimez</u> ça ? (en parlant d'un aliment représenté sur le support)	Se frotter le ventre en décrivant des cercles.	Symbolique
<u>Au revoir</u> Mme X, Mr Y.	Signe de la main, de gauche à droite, paume vers l'interlocuteur.	Symbolique
<u>Oh là là</u> , vous avez vu ce qu'il est en train de faire (en commentant une image du support) ?	Main secouée paume vers soi.	Expressif
<u>Merci</u> d'avoir passé du temps avec nous.	Mains croisées, à la hauteur de la poitrine, agitées d'avant en arrière.	Expressif
Pouvez-vous <u>ouvrir</u> le livre, s'il vous plaît ?	Deux mains jointes à plat qui s'ouvrent progressivement pour former un angle de 180°.	Conatif
<u>Tournez</u> la page.	Main droite partant de la droite puis se dirigeant vers la gauche en formant un arc de cercle.	Conatif
<u>Continuez</u> , (je vous écoute).	Main droite décrivant des arcs de cercle dans l'air, en partant du locuteur vers le récepteur.	Phatique
<u>D'accord</u> , (c'est bien).	Main droite plate, en position basse, traçant une ligne partant du locuteur et se dirigeant vers le récepteur.	Phatique

Tableau 3. Liste des gestes et *phrases-types* de la situation C.

Source : Jauny, D., Mouton, C., Rousseau, T. (2010). Influence des gestes de l'interlocuteur sur les actes de langage des malades d'Alzheimer. *Glossa*, (109), 93-114.

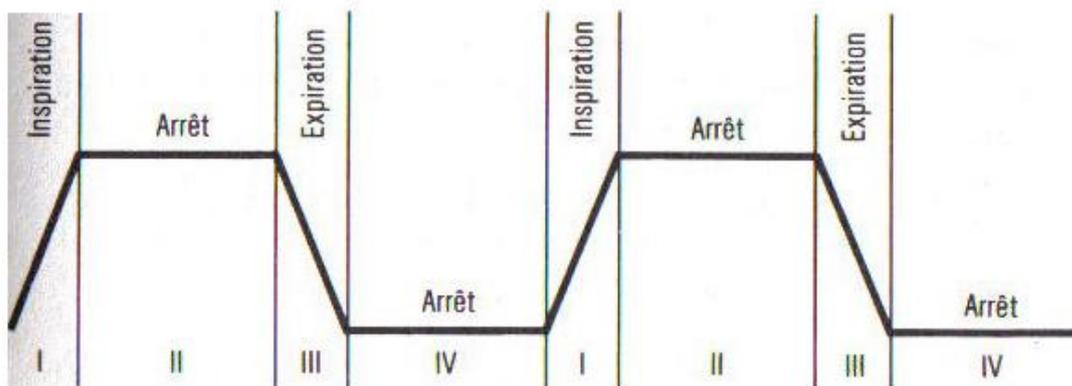
Annexe VIII. Schéma de la respiration en créneaux.

RESPIRATION EN CRENEAUX

Cet exercice a également pour but le contrôle de votre respiration.

Pour acquérir l'indépendance des souffles vous devez en effet être capable d'arrêter complètement votre respiration pendant quelques secondes sans aucun effort.

L'exercice se décompose en quatre temps et correspond au graphique suivant :



Source : Le Huche, F., Allali, A. (2008). *La voix sans larynx : manuel d'apprentissage des voix oro- et trachéo-oesophagiennes à l'usage des laryngectomisés porteurs et non porteurs d'implant phonatoire et de leurs rééducateurs*. Marseille : Solal.

Annexe IX. Tableau récapitulatif des profils des participants

Prénom*	Date de naissance	Age lors du pré-test	Classe	Sexe	Diagnostic orthophonique
Andréa	15/08/2000	15 ans, 3 mois, 27 jours	2 ^{nde} Commerce	F	Difficultés au niveau verbal (difficultés d'évocation mentale, adhérence à la perception, difficultés sur les notions temporelles). Pensée encore peu conservante (nombre / poids / horizontalité) >> insécurité cognitive [juin 2014]
Jules	24/04/2001	14 ans, 7 mois, 17 jours	4 ^e	M	Langage oral : articulation imprécise, stock lex. réduit + approximations phonologiques et sémantiques, élaboration syntaxique très aléatoire Langage écrit : lecture ralentie, régularisations, orthographe déficitaire sur les 3 versants (phonologique, usage, grammair) [déc. 2011]
Manuella	08/09/2005	10 ans, 3 mois, 3 jours	CM1	F	Difficultés de transcodage pour les nombres au-delà de 3 chiffres. Difficultés de calcul. Difficultés en résolution de problèmes. [avril 2015]
Louison	26/06/2006	9 ans, 5 mois, 15 jours	CM1	F	Difficultés d'accès au langage écrit (incertitudes phonologiques, lexique orthographique limité, difficultés d'accès aux informations stockées) Difficultés à inhiber les stimulations perceptives, émotionnelles, les connaissances non pertinentes Difficultés à planifier et à organiser une réponse Déficit attentionnel. Organisation et une mémoire visuo-spatiales peu performantes. Probables difficultés d'encodage et de récupération en mémoire [août 2015]
Louisa	18/06/2006	9 ans, 5 mois, 23 jours	CM1	F	Retard d'acquisition de certaines compétences mathématiques (difficulté de manipulation des dizaines en calcul + n'ose pas construire ses propres techniques de calcul) [mai 2014]
Hugues	27/06/2002	13 ans, 5 mois, 14 jours	5 ^e	M	Trouble spécifique des apprentissages (dyscalculie) (ou Sd de l'hémisphère Droit) [sept. 2015]
Gladys	12/07/2003	12 ans, 4 mois, 30 jours	6 ^e	F	Trouble spécifique des apprentissages (dyscalculie modérée) [août 2015]
Chloé	30/09/2002	13 ans, 2 mois, 11 jours	4 ^e	F	Difficultés de développement du langage écrit (accès au sens en lecture encore approximatif) Mémoire de travail assez peu performante. [oct. 2015]
Jeanne	02/07/2007	8 ans, 5 mois, 17 jours	CE2	F	Difficultés dans le développement des habiletés mathématiques, en particulier sur le code analogique (représentation des quantités) et sur le code verbal (nombres particuliers, comptage à rebours...). Difficultés de transcodage. Difficultés de calcul. Difficultés de représentations et manipulations mentales. Une pensée encore peu mobile et peu conservante. [oct. 2015]
Alexia	04/02/2003	12 ans, 10 mois, 15 jours	5 ^e	F	Trouble spécifique des apprentissages (dyscalculie), léger et bien compensé [avril 2015]
Marion	03/02/2004	11 ans, 10 mois, 16 jours	6 ^e	F	Ligne numérique mentale encore peu précise Persistance de stratégies de comptage et non de procédures de calcul Maladresses dans l'organisation visuo-spatiale et constructive et la planification. [nov. 2015]
Christelle	01/11/2003	12 ans, 1 mois, 18 jours	5 ^e	F	Déficit d'organisation et de représentation visuo-spatiales. Déficit de représentations mentales en images. Représentation approximative de la Ligne Numérique Mentale, comme de la suite alphabétique. Faiblesse d'accès au code analogique (quantité) via le code arabe Persistance de stratégies de comptage et non de calcul Raisonnement non verbal encore limité (repérage d'indices pertinents ou de transformations, changement de critères... difficile). Difficultés dans le traitement global et simultané [avril 2015]

* Pour respecter l'anonymat des participants, les prénoms ont été modifiés.

Annexe X. Fiche de passation de l'expérimentation

PASSATION EPREUVE GOLDIN-MEADOW ADAPTEE

Nom patient : _____ Date de naissance : _____
 Age : ____ ans ____ mois _____ Classe : _____ Sexe : _____

PRE-TEST - Date : + noter éléments cliniques (!)

1. Je vais te proposer des opérations à trou. Il faut que tu trouves le nombre qui manque ici. Tu continues jusqu'à la page orange. Si certaines te paraissent difficiles, ne t'inquiète pas. Tu fais de ton mieux. Tu mets la réponse qui te semble la meilleure.

- p.1 $2 + 5 + 9 = 2 + \underline{\quad}$ p.4 $7 + 6 + 5 = \underline{\quad} + 5$
 p.2 $7 + 4 + 2 = 7 + \underline{\quad}$ p.5 $3 + 6 + 8 = 3 + \underline{\quad}$
 p.3 $4 + 6 + 9 = \underline{\quad} + 9$ p.6 $3 + 7 + 9 = \underline{\quad} + 9$

2. Reprendre chaque équation. « Peux-tu m'expliquer comment tu as fait pour trouver cette réponse ? » (x6)

ENTRAINEMENT - Date : + noter éléments cliniques (!)

1. Je vais te proposer des opérations à trou. Il faut que tu trouves le nombre qui manque ici. Tu continues jusqu'à la page orange. Si certaines te paraissent difficiles, ne t'inquiète pas. Tu fais de ton mieux. Tu mets la réponse qui te semble la meilleure.

- p.7 $3 + 4 + 8 = 3 + \underline{\quad}$ p.10 $2 + 6 + 7 = 2 + \underline{\quad}$
 p.8 $9 + 5 + 2 = 9 + \underline{\quad}$ p.11 $4 + 6 + 7 = \underline{\quad} + 7$
 p.9 $8 + 4 + 9 = \underline{\quad} + 9$ p.12 $3 + 7 + 8 = \underline{\quad} + 8$

2. Reprendre chaque équation. « Peux-tu m'expliquer comment tu as fait pour trouver cette réponse ? Je voudrais que tu m'expliques en utilisant tes mains, en faisant des gestes. » (x6)

POST-TEST #1

1. Il faut que tu trouves le nombre qui manque ici. Tu mets la réponse qui te semble la meilleure.

- p.13 $3 + 6 + 7 = \underline{\quad} + 7$ p.16 $3 + 2 + 9 = 3 + \underline{\quad}$
 p.14 $8 + 4 + 9 = 8 + \underline{\quad}$ p.17 $4 + 6 + 3 = 4 + \underline{\quad}$
 p.15 $5 + 8 + 6 = \underline{\quad} + 6$ p.18 $8 + 9 + 5 = \underline{\quad} + 5$

2. Reprendre chaque équation. « Peux-tu m'expliquer comment tu as fait pour trouver cette réponse ? » « Est-ce qu'on pourrait faire autrement pour trouver la réponse ? » (x6)

TEST DE GENERALISATION - Date : + noter éléments cliniques (!)

1. « Je voudrais que tu fasses de ton mieux pour résoudre ces problèmes. Si certains te paraissent difficiles, ne t'inquiète pas. Tu fais de ton mieux. »

- p.19 $7 + 2 + 9 = 8 + \underline{\quad}$
 p.20 $5 + 6 + 8 = 7 + \underline{\quad}$
 p.21 $2 \times 4 \times 3 = 2 \times \underline{\quad}$
 p.22. $5 \times 2 \times 8 = 5 \times \underline{\quad}$

p.23 - Pour le problème « $4 + 6 + 3 = \underline{\quad} + 3$ », si un enfant donnait comme réponse « 13 », est-ce que tu dirais que sa réponse est correcte ou incorrecte ?
 - Pourquoi ?
 - Et si l'enfant mettait « 4 + 6 » dans le trou ?

2. Reprendre chaque équation. « Peux-tu m'expliquer comment tu as fait pour trouver cette réponse ? » « Est-ce qu'on pourrait faire autrement pour trouver la réponse ? » (x4)

POST-TEST #2 - Date : + noter éléments cliniques (!)

1. « Je voudrais que tu fasses de ton mieux pour résoudre ces problèmes. Si certains te paraissent difficiles, ne t'inquiète pas. Tu fais de ton mieux. »

- p.24 $3 + 9 + 5 = 3 + \underline{\quad}$ p.27 $9 + 7 + 3 = 9 + \underline{\quad}$
 p.25 $8 + 5 + 6 = \underline{\quad} + 6$ p.28 $4 + 3 + 9 = 8 + \underline{\quad}$
 p.26 $2 + 8 + 7 = \underline{\quad} + 7$ p.29 $5 \times 2 \times 8 = 5 \times \underline{\quad}$

2. Reprendre chaque équation. « Peux-tu m'expliquer comment tu as fait pour trouver cette réponse ? » « Est-ce qu'on pourrait faire autrement pour trouver la réponse ? » (x6)



Annexe XI. Répertoire des stratégies exprimées verbalement par les sujets

Table 2. Examples of Types of Strategies Expressed in Verbal Explanations and the Matching Gesture Accompanying those Explanations

Problem: $4 + 6 + 9 = ___ + 9$

Type of Verbal Explanation	Speech	Matching Gesture
Equivalence Explanations		
Grouping	"The 9 was there so I added the 4 and 6"	Hand grabs below the 4 and 6, pause, point at blank
Adding-Subtracting	"I added 4 plus 6 plus 9 and that equals 19; to make both sides equal, I had to subtract the 9 so the answer is 19"	Point at 4, point at 6, point at 9 on the left side of the equation, pause, hand pulls down under the 9 on the right side of the equation, point at blank
Equalize	"4 plus 6 plus 9 equals 19, so to make the other side equal 19, you need 10 more"	Sweep across the 4, 6, and 9 on the left side of the equation, point at the equal sign, sweep across the blank and 9 on the right side of the equation
Nonequivalence Explanations		
Add-All	"I added 4 plus 6 plus 9 plus 9 equal 28"	Point at 4, point at 6, point at left 9, point at right 9, point at blank
Add-to-Equal Sign	"I added 4 plus 6 plus 9 equals 19"	Point at 4, point at first addition sign from left, point at 6, point at second addition sign from left, point at left 9, point at blank
Carry	"They don't have another 4 like that so I put the 4 over there"	Point at the 4 on the left side of the equation, point at blank

Source : Perry, M., Church, R.B., Goldin-Meadow, S. (1988). Transitional knowledge in the acquisition of concepts. *Cognitive Development*, (3), 368.

PROBLEME : $4 + 6 + 9 = _ + 9$		
Type d'explications verbales	Discours	Gestes correspondants
Equivalence		
- grouper	« Le 9 était là alors j'ai additionné 4 et 6. »	Main 'attrape' sous le 4 et le 6. Pause. Pointe le blanc.
- additionner et soustraire	« J'ai additionné 4 plus 6 plus 9 et ça fait 19 ; pour rendre les deux côtés égaux, j'ai dû soustraire le 9. ça fait 19 (10?). »	Pointe le 4, pointe le 6, pointe le 9, du côté gauche de l'équation. Pause. Les mains s'abaissent sous le 9 du côté droit de l'équation. Pointe le blanc.
- égaliser	« 4 plus 6 plus 9 égalent 19, donc pour rendre l'autre côté égal à 19, il faut 10 de plus. »	Balaie le 4, le 6 et le 9 du côté gauche de l'équation. Pointe le signe égal. Balaie le blanc et le 9 du côté droit de l'équation.
Non-équivalence		
- tout additionner	« J'ai additionné 4 plus 6 plus 9 plus 9 égale 28. »	Pointe le 4, pointe le 6, pointe le 9 à gauche. Pointe le 9 à droite. Pointe le blanc.
- additionner jusqu'au signe =	« J'ai additionné 4 plus 6 plus 9 égale 19. »	Pointe le 4, pointe le 1 ^{er} signe +, pointe le 6, pointe le 2 ^e +, pointe le 9 à gauche, pointe le blanc.
- reporter	« Ils n'ont pas d'autre 4 comme ça donc je mets le 4 là-bas. »	Pointe le 4 du côté gauche de l'équation. Pointe le blanc.

Source : traduction personnelle à partir de Perry et al. (1988)

Annexe XII. Codage de l'expérimentation pour chaque sujet

SUJET 1 : Andréa

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Relat° type expl°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 14$	0'26" (dont con- signe)	« Heu bah j'ai vu qu'y avait 2 donc du coup j'ai fait... qu'y avait + et qu'y avait un trou donc du coup j'ai su qu'il fallait additionner ces deux-là. »	Pointe le 2 à D. Balaie sous 5 + 9. Pointe le + à D. Pointe le résultat. Balaie sous 5 + 9.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'04"	« Bah y'avait le 7 ici qui restait mais par contre y'avait un trou donc j'ai additionné le 4 et le 2. »	Pointe le 7 à D. Pointe le 7 à G. Balaie du 7G au 7D. Balaie sous 4 + 2. Pointe le résultat. Balaie sous 4 + 2.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'03"	« Là, c'était l'inverse. Y'avait une lettre qui était pareille donc j'ai additionné les deux premières. »	Pointe le 9 à G. Pointe le 9 à D. Balaie sous 4 + 6.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Erreurs d'attention sur les mots (« lettre »).
$7 + 6 + 5 = 13 + 5$	0'06"	« Pareil, y'avait le 5, du coup j'ai additionné les deux qui restaient. »	Pointe le 5 à D. Balaie sous 7 + 6.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'12"	« Heu... Y'avait le 3 qui restait et du coup j'ai additionné les deux. »	Pointe le 3 à G, le relie au 3 à D. Entoure 6 + 8.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'04"	« J'ai additionné ces deux-là parce qu'il y avait le 9 qui restait. »	Entoure 3 + 7. Pointe le 9 de G puis le 9 de D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

ENTRAINEMENT : 05/02/2016					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'13"	« Heu, j'ai fait... Bah comme j'ai vu le 3 qu'était après le = bah j'ai juste additionné heu le 4 et le 8, qui fait 12. »	Pointe le 8 à G. Pointe les deux 3. Entoure 4 + 8.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT NB : passation 1 mois + tard que les autres
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'04"	« Heu bah là c'est pareil, j'ai vu les deux 9 donc j'ai additionné heu juste le 5 et le 2. »	Pointe les deux 9. Entoure 5 + 2.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	0'04"	« Là j'ai vu qu'y'avait le 9 qu'était heu il est d'l'autre côté donc j'ai additionné le 8 et le 4. »	Pointe les deux 9. Pointe le 9 à D. Entoure 8 + 4.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$2 + 6 + 7 = 2 + 13$	0'06"	« Heu... j'ai fait pareil. J'ai vu l'2 qu'était remis là, donc j'ai fait le 6 et le 7. »	Pointe les deux 2. Entoure 6 + 7.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 7 = 10 + 7$	0'03"	« Heu, j'ai additionné le 6 et le 4 parce que le 7 il a été remis de chaque côté. »	Souligne 6 + 4 Pointe les deux 7.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'04"	« Heu, j'ai additionné le 3 et le 7. ça fait 10. Parce que j'avais vu le 8 qu'était déjà heu remis. »	Pointe le 7 à G. Pointe les deux 8.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

POST-TEST 1: 05/02/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'08"	« J'ai additionné le 6, oui le 6 et le 3 parce que le 7 il était déjà remis derrière le =, »	Pointe le 6 et le 3. Pointe les deux 7.	Concordant	« ... Non. Pas qu'je sache. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'07"	« Heu, j'ai fait pareil, j'ai additionné le 4 et le 9, parce que le 8 il a été remis. »	Pointe le + entre 4 et 9. Pointe le 8 à D.	Concordant	« Toujours pas, j'pense pas. »	GROUPEMENT Economie de mouvement : un seul pointage pour les deux chiffres additionnés et un seul pour le chiffre repris.
$5 + 8 + 6 = 13 + 6$	0'04"	« Heu j'ai additionné le 8 et le 5 parce que le 6 heu il a pas bougé. »	Pointe le 8 à G. Pointe le 6 à D.	Concordant	« Bah non, ça me... j'vois pas, j'vois pas du tout. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'04"	« Heu... le 3 était remis donc du coup j'ai utilisé le 2 et le 9, qui font 11. »	Pointe le 2 et le 9 Entoure 2 + 9.	Concordant	« ... Bah heu, non ! ... »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 3 = 4 + 9$	0'06"	« Heu... ha si je crois ! (réfléchis à autre stratégie) Ah non. Non, j'ai rien dit. » <i>Toi, comment tu as fait déjà ?</i> « J'ai additionné le 6 et le 3 qui font 9. Et le 4 il a pas bougé donc voilà. »	Pointe le 6, le 3. Pointe son résultat. Pointe le 4 à D, le 4 à G puis les relie.	Concordant	« Bah, j'ai cru, mais non. » <i>Qu'est-ce qui t'es venu à l'esprit ?</i> « Bah, le fait d'additionner tout ça mais ça fait pas 9 quoi. Donc heu non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT (=début d'égalisation... considère tous les chiffres à G du = mais s'arrête là)
$8 + 9 + 5 = 17 + 5$	0'09"	« Heu, j'ai additionné le 8 et le 9, qui font 17. Parce que le 5 il était déjà remis. »	Pointe le 9, le 8. Pointe son résultat.	Concordant	« Bah... non. »	GROUPEMENT Pointage ds ordre inverse à la parole.

GENERALISATION : 05/02/2016						
Equation	Tps réso°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'expl°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 18$	1'20"	« ... J'ai rien compris à ce que j'ai fait ! » Bah, c'est pas grave. Moi, je veux juste savoir comment tu as fait. « J'ai tout additionné ! Sans compréhension ! Parce que j'avais aucune solution.	- (aucun geste pour accompagner cette explication qui ne la convainc pas >> moindre investissement global quand le raisonnement n'est pas investi ??)	-	« Bah non parce que, déjà j'étais bloquée pour la 1 ^{ère} solution alors... si y'en a une 2 ^e qui existe, je sais pas du tout. »	STRATEGIE ADDITION JUS-QU'AU = Tps latence ++ « Oh, j'sais pas du tout ! » Perd notion d'équivalence ici. ... ou ne l'avait pas vraiment ? Attitude ~démotivée ++ quand se complique pour elle (s/ toute la série).
$5 + 6 + 8 = 7 + 19$	0'44"	« Bah, là, j'ai additionné pareil. J'ai pas compris pourquoi y'avait un 7 de l'autre côté, mais alors pas du tout. »	-	-	« Non. Bah, j'espérais mais, non. Moi, j'vois rien. Je sais pas du tout du tout. »	STRATEGIE ADDITION JUS-QU'AU =
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 12$	0'10"	« Là, j'ai multiplié le 4 et la 3 parce que le 2 était remis de l'autre côté. En fait c'était un peu pareil que les additions en fait. »	Pointe le 4, le 3 à G. Pointe le 2 à D, à G.	Concordant	« Heu... Bah, peut-être remettre ça (entoure 4x3) mais ça changera rien. »	STRATEGIE GROUPEMENT OK qd peut reprendre stratégie qu'elle maîtrise ; Fait // avec équations précédentes.
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'06"	« J'ai additionné... non, j'ai additionné, j'ai multiplié le 8 et le 2 et... et c'est tout. Parce que le 5 il était déjà remis. »	Pointe le 8, le 2 à G. Souligne du 2 au 8. Pointe le 5 à D.	Concordant	« ... Non ! Non, j'ai, j'ai rien qui me vient. »	STRATEGIE GROUPEMENT
$4 + 6 + 3 = 13 + 3 ?$	0'08"	« Bah... ça aurait été une bonne réponse parce qu'il a additionné tout ça mais le 3 il est déjà remis donc heu non. ça fait que 10 là. » <i>Donc ce serait une bonne ou une mauvaise réponse ?</i> « Bah, une mauvaise. » <i>Pourquoi alors ?</i> « Bah, parce que lui il a additionné tout, fin les trois chiffres mais comme le 3 il a pas compté, fin, il est de nouveau derrière le = ben du coup faut additionner que le 4 et le 6. »	Entoure 4 + 6 + 3. Pointe le 3 à G, à D et les relie. Entoure 4 + 6 + 3. Pointe le 3 à G, à D et les relie. Entoure le 3 à D. Entoure 4 + 6 à G.			
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3 ?$	0'03"	« Ben, ça reviendrait à pareil que là... Oui, mais ça, ça changera rien. »	Pointe sous le 1 ^{er} +.			

POST-TEST 2 : 04/03/2016						
Equation	Tps	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'04"	« Heu... J'ai additionné le 9 et le 5. Parce que le 3 il y était déjà. Voilà. »	Pointe le 9, le 5, à G. Pointe le 3 à D, puis vers la G.	Concordant	« Peut-être mais... je sais pas ! J'sais toujours pas. Même ceux d'avant c'est toujours pareil, je sais pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 5 + 6 = 13 + 6$	0'10"	« Hum, j'ai fait pareil, j'ai additionné le 8 et le 5 et... parce que le 6 il était remis donc heu... j pense que c'était ça qu'il fallait faire. »	Pointe le 8, le 5, à G. Pointe son résultat. Pointe le 6 à D.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'03"	« J'ai fait 8 et 2 qui font 10 parce que le 7 heu était remis aussi. »	Pointe le + entre 8 et 2. Pointe le 7 à G, à D.	Concordant	« ... et je sais pas si y'a autre chose, si on peut faire autrement ! ... Je sais pas ... ! »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'09"	« Heu, j'ai additionné le 7 et le 3. Parce que le 9 c'est pareil, j'sais pas, il était remis. »	Pointe le 7, le 3. Pointe le 9 à D, à G.	Concordant	« Non... et ça m'énerve, j pense qu'y en a une ! » [autre façon de faire]	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 3 + 9 = 8 + 8$	0'52"	« Alors là, je sais pas du tout c'que j'ai fait. Heu, hé, hé. Parce que là j'me suis retrouvée avec un 8 et j'ai essayé avec des 1 et des -1 mais... j'sais pas, j'ai additionné le 4 et le 3 puis j'ai rajouté 1. j'sais pas pourquoi. Parce que... j'ai fait par exemple comme si 9, on a soustrait 1 qui font 8. Et du coup bah, j'en ai, j'ai, j'ai mis d'l'autre côté en fait. J'sais pas pourquoi mais, hé, hé. » <i>Tas essayé d'avoir un 8 là ?</i> [pointe le 9] « Bah on a pris le 9, j pense qu'on a soustrait 1 et du coup ça faisait 8. Et là, bah, j'ai pris le 4 et le 3 et puis bah j'ai rajouté 1. Je sais pas pourquoi mais, héhé, sinon j'étais coincée ! Alors j'voulais mettre quelque chose alors j'ai dit bah on fait ça ! » <i>Alors pourquoi t'as essayé de soustraire 1 à 9 là ?</i> « Parce que... fallait bien trouver quelque chose qui font 8. A moins que bah on aurait fait ça et... si on rajoutait 1 et... ça aurait fait 8 aussi mais... C'est illogique, c'est pas logique du tout ce que j'ai fait ! »	Pointe son résultat. Pointe le 4, le 3. Pointe le 9 à G. Pointe le 8 à D. Pointe vers 4 + 3. Pointe le 4, le 3. Pointe le 8 à D.	Concordant	« Non. Bah elle est déjà bizarre ma méthode alors... Je sais pas si y'en a une autre qui existe !! »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Adapte stratégie de groupement. Trouve d'instinct une façon de faire correcte (alors que stratégie inefficace lors du post-test 1 >> intérêt de proposer situations similaires, à force d'y être confrontée, trouve une solution) mais se sent en difficulté pour l'expliquer donc pas sûre que correcte. (insécurité cognitive)
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'05"	« J'ai multiplié le 8 et le 2. Parce que 5 était, il était déjà remis ici. »	Souligne sous 8 et 2. Pointe le 5 à D.	Concordant	« Et... et je sais pas, si y'a une autre méthode. Y'a rien qui me vient. Non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT

SUJET 2 : Jules

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 14$	0'16" (dont con- signe)	« Ben j'ai vu que le deux qui était là, il est déjà là. Du coup bah j'ai juste multiplié ça. J'ai enlevé le 4 de 9. Donc j'ai fait 5 et 5, 10. Et j'ai rajouté le 4 de 9 et ça fait 10. »	Pointe le 2 à G. Pointe le 2 à D. Balaie sous le 5 + 9 à plusieurs reprises.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Erreurs d'attention sur les mots (« multiplié » pour additionner, « 10 » pour 14).
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'05"	« Là, c'est pareil, j'ai vu que le 7 était déjà là. Et $4 + 2 = 6$. »	Pointe le 7 à G. Pointe le 7 à D. Pointe sous le + entre le 4 et le 2.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'06"	« Bah le 9, c'est pareil. Et $6 + 4$. »	Pointe le 9 à G. Pointe le 9 à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$7 + 6 + 5 = 13 + 5$	0'07"	« Alors j'ai vu 5 et 5. Donc j'ai fait comme si c'était 7 et 7. ça faisait 14 et donc 6 y'en avait 1 à enlever. J'ai fait 14-1 et ça faisait 13. »	Pointe le 6. Pointe le 5 à G. Pointe le 5 à D. Pointe le 7 et le 6. Pointe le 7. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Gestes rapides ++
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'09"	« Là, j'ai vu qu'y avait 3. Et là j'ai additionné. » <i>Tu as additionné quoi ?</i> « Heu, 8 + 6. »	Pointe le 3 à G. Pointe le 3 à D. Balaie sous le 6 + 8. Pointe le 6. Pointe le 6.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Gestes de + en + loin de la feuille.
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'05"	« Heu bah là y'a 9. Et 7, j'ai additionné aussi. » <i>Avec quoi ?</i> « Heu, 7 + 3. »	Pointe le 9 à G. Pointe le 7. Pointe le 3.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'15"	« Bah en fait heu, y'avait 3, du coup... et ce 3 là et j'ai fait 4... en fait je savais que $8 + 4$, je savais juste que $4 + 8$ ça faisait... 12. »	Pointe le 3 à D. Pointe le 3 à G. Lève 4 doigts de la main D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'04"	« Oui bah en fait, y'avait... le 9. Donc j'ai fait 5 + 7. »	Pointe vaguement chaque 9 avec un index. Lève 5 doigts de la main G et 2 doigts de la main D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT (dit « 7 » pour 2)
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	0'04"	« Bah je savais que 8 était + à 4. » <i>Alors, là, t'as pas utilisé tes mains.</i> « Je savais que $8 + 4$ est égal à 12 et vu que 9 est là, bah il est aussi là bah du coup on l'utilise pas. »	Main G en saisie au-dessus de la partie G. Main D en saisie au-dessus de la partie D. Pointe le 9 à G. Pointe le 8. Pointe le 9 à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT phrases +claires qd utilise ses mains
$2 + 6 + 7 = 2 + 13$	0'04"	« Donc, là y'avait 2. Donc j'ai fait $6 + 6$ est égal à 12. Et j'ai fait $12 + 1$. »	Pointe le 2 à G, le 2 à D. Lève 5 doigts de la main G, 1 doigt de la main D. (x2) Lève 2 doigts de la main D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT NB : séparer notation pr chaque main serait intéressant ??
$4 + 6 + 7 = 10 + 7$	0'05"	« J'ai fait 6 +, vu que le 7 est là et là, j'ai mis 6 + 4. »	Pointe le 7 à G et à D. Main D pointe vaguement la partie D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'13"	« Là, y'avait le 8. Et le 8 était déjà là du coup je l'ai laissé. Et j'ai fait 7 + 3. 10. »	Pointe le 8 à G. Pointe le 8 à D. Lève 5 doigts de la main D et 2 doigts de la main G.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'09"	« J'ai fait 6 + 3, 9. »	Lève 5 doigts de la main D et 1 de la main G. Lève 3 doigts supplémentaires sur la main G.	Concordant	« Il doit y avoir une autre manière mais je sais pas laquelle. »	STRATEGIE GROUPEMENT
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'04"	« Là, y'avait 8 et 8 hein. Et j'ai fait... 9 + 4. Et vu que je sais que $8 + 4$ est égal à... 13, 12, pardon. Bah j'ai rajouté... 1. »	- (geste vague)	-	« Non. »	STRATEGIE GROUPEMENT
$5 + 8 + 6 = 13 + 6$	0'05"	« Bah, j'ai fait 5 et 5 au début. ça faisait 10. Et à 8, y'a 3 après le 5. Et du coup bah ça faisait 13. »	- (geste vague)	-	« Oui. Bah $5 + \dots 5 + 8$. Euh... non en fait. Je vois $5 + 8$ mais j'crois que c'est tout. »	STRATEGIE GROUPEMENT
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'03"	« Alors là, bah y'avait le 3. Alors j'ai fait $10 + 2 = 12$ et j'ai fait -1. »	Pointe les deux 3 de G à D.	Concordant	« Oui. On peut fait 9 +... 3 est égal à 12 et -1, 13. »	GROUPEMENT tjs imprécisions mots !!! (alors que calcul OK)
$4 + 6 + 3 = 4 + 9$	0'06"	« Bah comme le premier. Je savais que $6 + 3$ est égal à 9. »	Pointe vaguement le 6 puis le 3.	Concordant	« Je sais pas. »	STRATEGIE GROUPEMENT
$8 + 9 + 5 = 17 + 5$ (puis remplace par 14)	0'11"	« J'ai fait $10 + 5$ et j'ai enlevé 1... donc c'est faux. » <i>Tu peux corriger si tu veux.</i> « Attendez, oui j'ai fait $10 + 5$... ça fait 14. »	-	-	« Je pense pas. Mais après... peut-être. »	GROUPEMENT Se lasse >> fait moins de gestes ?? et se trompe de raisonnement Inciter à faire geste dynamise corps puis réflexion ???

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 10$	0'15"	« Vu que là, c'était pas pareil, bah j'ai enlevé 1 à 9. J'ai ajouté là et ça faisait 8 + 2. 8, 9, 10. »	Pointe le 8 à D. Entoure le 9 à G. Pointe le 7 puis le 2.	Concordant	« Oh oui. Oui, oui, j pense, oui, oui. Rajouter le 1 à 2 et du coup, faire 3 + ... 7. »	~adapte STRATEGIE DE GROUPEMENT (pas nouveauté ds gestes) NB : tps + long ds généralisation
$5 + 6 + 8 = 7 + 12$	0'10"	« Alors là, j'ai enlevé 1 à 8 et je l'ai mis sur 6. Et 6 + 6 est égal à 12. »	Pointe le 8. Pointe le 5.	Concordant (décalage par imprécision du geste)	« Oui, bah on aurait pu le rejouter à 7... à 6 du coup et ça ferai 7 + 5. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Imprécision mot, a enlevé 1 à 8 mais l'a mis sur le 5 et non sur le 6 (cf. calcul + geste + autres strat.) >> gestes plus précis que mots !!
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 12$	0'12"	« 3 x 4 ! 3 x 4 bah en fait, j'ai fait 4 + 4 + 4 est égal à 12. »	Lève 4 doigts de sa main D et les agite trois fois.	Concordant	« Oui on pouvait faire 4 + ... 2 x 4, 8. Et 8 + 4, 12. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'07"	« Bah, j'ai fait 2 x 8, 16. »	-	-	« J'crois pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'09"	« Je dirais que c'est pas correct. Qu'il aille réviser ses cours... Parce que 6 + 4 est égal à 10. »	-	-		
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'06"	« Bah correct mais il aurait pas résolu l'équation. »	-	-		

POST-TEST 2 : 26/02/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'06"	« Heu... ben, j'ai... fait le 5 de 9. 'fin j'ai additionné + 5, ça faisait 10, + les 4, ça faisait 14. » <i>D'accord, et les autres chiffres tu en as fait quoi ? « 3 ? Bah il était d'jà marqués. » Donc tu l'as pas pris en compte ? « Non. »</i>	Pointe rapidement et de loin le 5 à G.	Concordant	« Heu... non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 5 + 6 = 13 + 6$	0'06"	« Là, j'ai fait la même chose sauf que j'ai enlevé 1. » <i>C'est-à-dire ?</i> « Ben, là, y'avait d'jà l'6. Et vu qu'c'était 8 ben, et tout à l'heure c'était 9 ben ça fait 9 - ... 8, - 1 que 9. »	Pointe le 6 à D.	Concordant	« Heu je sais pas... heu, peut-être... 5 tout court... non, je sais pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Explication verbale pas claire !! 2° strat. envisage un autre résultat possible... ?
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'04"	« Là, j'ai fait 8, + 2. 8, 9, 10. »	-	-	« Non, parce que l'7 il était d'jà marqué. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'08"	« Bah, j'ai fait 7 + 3. »	-	-	« Non, j'crois p... heu s... Non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Réponse mal écrite >> besoin tps pour savoir si 10 ou 16.
$4 + 3 + 9 = 8 + 9$	0'09"	« Heu ben là, ben en fait heu... Je sais pas... En fait au début j'ai cru que ça et ça, ça donnait 8 donc le 9 était là. Mais... je sais pas. Non, parce que 4 et 3, ça faisait pas 8. ça fait 7. Et vu que le 9 est là. Ben, je sais pas. » <i>Si tu devais refaire tu ferais comment ? Tu dis que ça et ça ça fait 7 en fait.</i> « Ben, là, je mets du coup... bah je prends 1 qui est dans 9 et je le rajoute à 7. 8. » <i>Donc là ce serait 8 ?</i> « Oui. »	Pointe le 4 et le 3 à G. Pointe le trou à D. Pointe le 8 à D. Pointe 4 + 3. Pointe le 8 à D. Pointe le 9 à G. Pointe le 9 à G. Pointe à G de l'équation.	Concordant	« Vu qu'j'ai pas trouvé la réponse heu, je sais pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT (+15" de vérif ss changer) Ne retrouve pas sa stratégie mise en place pendant la généralisation >> mobilité de la pensée ne tient pas dans le temps ?
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'14"	« Heu, y'avait d'jà le 5. Et j'ai fait 2 x 16. » <i>Tu as fait 2 x 16 ? « 2 x 8. »</i>	-	-	« Non, j'crois pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Une fois résolu, revient sur page précédente (pour voir si même type d'équation ?) Encore imprécision sur nombres dits.

SUJET 3 : Manuella

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + \underline{2}$	0'44" (dont con-signe)	« J'ai fait le double de là, du +2. »	Pointe le résultat. Pointe le 2 à D.	Concordant	STRATEGIE DE REPORT (ms du nb à D du =) Ne sait pas son jour de naissance (seulement l'année) + dem. précisions sur consigne
$7 + 4 + 2 = 7 + \underline{7}$	0'10"	« J'ai fait le double encore. »	Pointe le 7 à D.	Concordant	STRATEGIE DE REPORT (ms du nb à D du =) « Je crois que c'est pas ça. »
$4 + 6 + 9 = \underline{19} + 9$	0'15"	« Et là, j'ai fait 9 + 6 + 4, ça fait... = et la 19... Après c'est le +9 qui m'a un peu... mais j'trouve que c'est bon. »	Pointe le 9 à G jusqu'au 4. Pointe le résultat. Repointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =
$7 + 6 + 5 = \underline{18} + 5$	0'09"	« J'ai fait encore pareil que l'autre. 6... Heu 7 + 6 + 5. »	Balaie sous 7 + 6 + 5. Pointe 6. Pointe 7. Pointe 5.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =
$3 + 6 + 8 = 3 + \underline{3}$	0'08"	« Le double de 3. »	Pointe le 3 à D.	Concordant	STRATEGIE DE REPORT (ms du nb à D du =) Stratégie non-répertoriée par Perry = mettre le double (-report) >> 2 stratégies selon emplacement de l'inconnue
$3 + 7 + 9 = \underline{19} + 9$	0'10"	« 9 + 7 + 3 = 19. »	Pointe le 3, le 7, le 9, le 7 à G. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + \underline{3}$	0'18"	« J'ai fait 8 + 4 + 3. »	Pointe le 3 à D. Pointe le 8 à G.	Discordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = moue dubitative ++ !
$9 + 5 + 2 = 9 + \underline{9}$	0'20"	« J'ai fait 9 + 5 + 2. » <i>Et ça faisait ?</i> « 9. Mais en fait, y'a pas le égal, c'est pour ça. » <i>Y'a pas le égal où ça ?</i> « Là, c'est un + c'est pour ça, j'ai mis +9. » <i>Alors est-ce que tu peux me réexpliquer. Là tu m'as dit que tu as fait 9 + 5 + 2...</i> « Bah j'aurais mis la réponse si y'avait un égal. » <i>OK. Et comme le égal... et comme là y'a un plus...</i> « J'ai pas mis le résultat » <i>D'accord. Et alors, le 9 (sa réponse), c'était quoi ?</i> « C'était le double de ça. »	Pointe le 9 à G, le 5, le 2. Pointe le 9 à D. Pointe de D à G les trois chiffres de G. Pointe le =. Pointe le + à D. Pointe le =. Pointe le + à D. Pointe le 9 + 5 + 2. Pointe le =.	Concordant (gestes suivent explication verbale en fouillis)	STRATEGIE DE REPORT (du nb à D du =) Ne dit pas d'emblée comment a fait car sent que raisonnement inexact >> donne une autre explication pour montrer qu'avait pensée à additionner... (donc finalement, concordant)
$8 + 4 + 9 = \underline{21} + 9$	0'16"	« 9 + 8 + 4 = 21. » <i>Revient dessus après avoir expliqué la p.11 et note 30. Alors, comment tu fais pour trouver 30 ?</i> « 9 + 8 + 4 + 9. »	Pointe le 9, le 8, le 4, à D. Pointe le =. Pointe du 9 au 8 à G. Pointe le 9 à D.	Concordant Concordant	STRATEGIE : D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = 2 ^e réponse, assurée ++ D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$2 + 6 + 7 = 2 + \underline{13}$	0'11"	« Heu, 7 + 6 + 2. »	Pointe le 6, puis le 7.	Discordant (ou incomplet / désordonné)	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = 1 bonne réponse (vs 0 au pré-test)... mais coïncidence
$4 + 6 + 7 = \underline{7} + 7$	0'09"	« J'ai fait 7 + 6 + 4... + 7. Ah oui, j'avais oublié le + 7. » <i>Alors du coup, tu as fais comment, toi ?</i> « J'ai fait, heu, + 7 et là un 7 mais... 23. En fait, j'aurais mis 23. » <i>Alors du coup, comment tu as fait pour trouver 23 ?</i> « J'ai fait 7 + 6 + 4 + 7... Et l'autre du coup, j'me suis trompée avec le + 9. »	Pointe du 7 (à G) au 6. Pointe le 7 à D. Pointe le + 7 à D. Pointe le trou. Corrige. Pointe du 7 au 4 (à G), pointe le 7 à D.	Concordant	STRATEGIE : D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = puis D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES Explications discordantes avec son calcul... Discordance expl° verbale / réponse montre aussi transition ?? Puis concordance qd on la questionne (verbalisation bcp + affirmée >> intérêt ++++ de faire verbaliser)
$3 + 7 + 8 = \underline{8} + 8$	0'06"	« ... Bah du coup je me suis trompée. » <i>Ecrit 26.</i> « 8 + 7... + 8 + 3 »	Corrige. Pointe le 8 à G, puis le 7, puis le 8 à D, puis le 3.	Concordant	STRATEGIE DE REPORT (ms du nb à D du =) puis STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + \underline{18}$	0'11"	L'EXAMINATEUR A OUBLIE DE DEMANDER LES EXPLICATIONS... ..				
$5 + 6 + 8 = 7 + \underline{19}$	0'13"					
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times \underline{2}$	0'20"					
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times \underline{5}$	0'09"					
$4 + 6 + 3 = 13 + 3 ?$	0'06"	« C'est bon. Parce que faut faire 3 + 4 + 6 + 3, ça fait... 16 ? » <i>Il aurait mis 13.</i> « Non. »	-			
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3 ?$	0'05"	« Non. Parce que ça fait 10. » <i>Toi tu aurais mis combien alors ?</i> « 16. »	-			

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explic°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 23 + 7$	0'15"	« J'ai fait 7 + 7... heu 6 + 7 + 3... + 7. »	Pointe le 6. Souligne sous 6 + 7. Pointe le 7, le 6, le 3. Pointe le 7 à D.	Concordant	«... Je sais pas. »	STRATEGIE ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$8 + 4 + 9 = 8 + 8$	0'14"	« 9 + 4... bah 8. Non. 9 + 4 + 8. »	Souligne de D à G au-dessus de 9 + 4 + 8.	Concordant	Change de réponse (mais indique toujours même stratégie : 9 + 4 + 8)	STRATEGIE DE REPORT puis ADDITION JUSQU'AU SIGNE = Si on lui dem. comment on pourrait faire autrement, considère d'emblée que s'est trompée et cherche autre réponse / calcul / stratégie >> montre incertitude car en transition ?
puis change pr 21		<i>Alors pourquoi est-ce que tu mets 21 là ?</i> « Bah parce que... c'est 9 + 4 +... heu, bah le, la réponse c'est 8 et il faut compter ça + ça. Et ça fait 21. » <i>D'accord. Comment tu as fait la 1^{ère} fois et comment tu as fait le 2^e fois ?</i> « La 1 ^{ère} fois j'ai fait 9 + 4 + 8. Et j'ai mis 8. La 2 ^e fois j'ai fait 9 + 4 + 8 et + 21... ah non ».	Pointe le 9, le 4, le 8, à G. Trace une ligne imaginaire de D à G sur 9 + 4 + 8. Entoure 8 + 4 + 9.			
change à nouveau pour 8		« J'vais mettre ça ». <i>Alors le 8, comment tu le trouves redis-moi ?</i> « 9 + 4 + 8. »	Pointe le 9, le 4, le 8, à G.	Concordant		
$5 + 8 + 6 = 26 + 6$	0'21"	« 5 + 8 + 6 et + 6 = 26. »	Souligne sous 5 + 8 + 6 à G. Pointe le 6 à D.	Concordant	-	STRATEGIE ADDITION DE TOUS LES NOMBRES + erreur de calcul
$3 + 2 + 9 = 3 + 17$	0'22"	« J'ai fait 3, heu... 9 + 2 + 3. Et voilà. »	Pointe le 3 à G. Pointe le 9, le 2, le 3 à G. Pointe le 3 à D.	Concordant	« ... Non »	STRATEGIE ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$4 + 6 + 3 = 4 + 4$	0'12"	« 3 + 6 + 4 = 4. Là, j'ai mis + 4. » <i>4 c'était le résultat de quoi ?</i> « De ça. »	Pointe le 3, le 6, le 4, à G. Pointe le 4 à D. Pointe le 4 à D.	Concordant	« Non »	STRATEGIE DE REPORT Lis l'opération qui est sous ses yeux qui n'est pas sa stratégie. (ici, stratégie, reprendre le 4 à D, et mettre la même chose.) >> discordance entre ce que semble avoir fait et ce que dit avoir fait
$8 + 9 + 5 = 27 + 5$	0'20"	« 8 + 9 + 5 = 27. + 5 » <i>Tu as additionné tout ça, et ça faisait le résultat ?</i> « Oui. »	Pointe le 8, le 9, le 5, à G. Pointe le 5 à D.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITION DE TOUS LES NOMBRES

POST-TEST 2 : 05/02/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explic°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 3$	0'20"	« Hm, bah, là j'ai compté, j'ai fait 3 + 3. » <i>Alors t'as compté ça, les trois ici ? Et ensuite, qu'est-ce que t'as fait du résultat ?</i> « Bah, j'ai fait 3 + 3. » <i>D'accord, donc ce que tu avais compté au début, finalement ? t'en n'as rien fait ?</i> « ... »	Trace un trait au-dessus de 5 + 9 + 3. Pointe le 3 à D, pointe son résultat	Concordant	« Hm, mettre la réponse (pointe à G) et on la met là (pointe le trou). » STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =	STRATEGIE DE REPORT ~moue en écrivant sa réponse (tps pour réfléchir qd même même si fini par ne pas faire de calcul) + élocution boudeuse qd explique
$8 + 5 + 6 = 25 + 6$	0'11"	« Bah, là, j'ai fait 8 + 5 + 6 =, heu bah 6 + 6, 12, + 5 + 8 et c'est égal 25. »	Pointe le 8, le 5, le 6 à G. Pointe le 6 à D, le 6 à G, le 5, le 8. Pointe son résultat.	Concordant	(non de la tête)	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB 2 stratégies différentes selon emplacement du trou
$2 + 8 + 7 = 24 + 7$	0'09"	« Hm... 8. 7 + 7 + 8 + 2 = 24. »	Pointe le 8. Pointe le 7 à D, le 7 à G, le 8, le 2.	Concordant	(non de la tête)	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$9 + 7 + 3 = 9 + 9$	0'08"	« Bah comme au début, 9 + 9, mais j'crois qu'j'me suis trompée. Bah oui on peut faire heu le résultat et on l'met là. » <i>Toi t'as mis 9 parce qu'il y avait un 9 là ?</i> « Hm. Parce que c'était = 9 alors j'ai eu peur qu'ça c'était la réponse parce que ça ça fait pas 9. » <i>D'accord, alors pourquoi tu as mis 9 là ?</i> « Bah 9 et 9, 18, et ici, ça fait 18 là. Heu... ah non mince ça fait pas 18. » <i>Alors qu'est-ce que tu metrais finalement si tu refaisais l'exercice ?</i> « 9, comme j'avais fait avant. »	Pointe le 9 à D. Pointe son résultat. Souligne sous 3 + 7 + 9. Trace un trait au-dessus de 9 + 7 + 3. Pointe le trou. Souligne à G.	Concordant	voir ds son explication STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =	STRATEGIE DE REPORT Intonation interrogative. Début de notion d'équivalence à force de la questionner mais ne va pas au bout, laisse tomber (trop consommateur d'énergie cognitive ?)
$4 + 3 + 9 = 8 + 8$ (écrit d'abord 16 puis 8)	0'16"	« Hm... 9 + 3 + 4 = 8 et là j'ai mis 8. » <i>9 + 3 + 4, ça fait 8 ?</i> « ... Non. J'ai fait 8 et 8, 16. » <i>D'accord. Et pourquoi est-ce que tu as mis 8, là ?</i> « ... Bah, le double. Sinon, j'sais pas quoi mettre. »	Pointe son résultat. Pointe le 8 à D, pointe son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE DE REPORT
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 5$	0'10"	« 5 x 5, 25. = 25. » <i>Alors pourquoi tu as mis 5 là ?</i> « Bah, pour faire le double. »	Pointe le 5 à D. Pointe son résultat.	Concordant	« ... Bah, ça va faire 80 parce que 8 x 5, 40. 40 + 2, le double, ça fait 80. » ~ADD= (imprécision voc, + pour x)	STRATEGIE DE REPORT

SUJET 4 : Louison

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'expl ^o	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 7$	0'41" (dont con- signe)	« Bah je me disais comment fallait faire pour faire 9. Et comme pour faire 8+3 (+2 ?) ça fait 10 et bah j'ai enlevé 1 pour faire 9. Et du coup j'ai mis 7 parce que c'est 7+3 qui fait... qui fait...heu 7+2 qui fait 9.»	Pointe le résultat furtivement.	-	STRATEGIE IDIOSYNCRATIQUE dem. précisions sur consigne Stratégie non-répertoriée par Perry = ne prendre en compte que le chiffre de G collé au égal
$7 + 4 + 2 = 7 + 3$	0'16"	« Bah j'ai essayé de faire... bah j'ai trouvé parce que je me disais que pour que ça soit égal à 7 eh ben peut-être qu'il fallait rajouter plus pour faire... parce que là ça faisait pas... ça faisait 11 heu non 13. Et pour faire plus que ce soit 7 eh ben j'ai mis 3. »	Balaie de loin sous 7 + 4 + 2. Pointe de loin le 7 D. Balaie de loin sous le 7 à D et le résultat. Balaie de loin sous 7 + 4 + 2. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE IDIOSYNCRATIQUE (- DEBUT STRATEGIE EGALISATION) =Stratégie non-répertoriée par Perry = tâtonner pour que total de D se rapproche de total de G (ici, début d'équivalence !)
$4 + 6 + 9 = 19 + 9$	0'20"	« Bah j'ai fait 4 + 6 + 9. J'ai trouvé la réponse. Et ça faisait 19. »	Pointe le 4, le 6, le 9.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = Quel sens met-elle sur le + si le place dès le début ?
$7 + 6 + 5 = 18 + 5$	0'20" (dt cor- rect*)	« J'ai fait + 7 + 6 + 5. Et j'ai trouvé 18. »	-	-	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =
$3 + 6 + 8 = 3 + 7$	0'09"	« Celle-ci, eh bah comme ici ça pouvait pas faire 3 et bah je me disais qu'on pouvait peut-être rajouter pour que ça fasse plus que 3. » Et pourquoi ? « Bah parce que là y'a 3 et y'a 7 et pour faire 10 vaut mieux les compléments de 10. »	Pointe le 3 à D. Balaie sous 3 + 6 + 8 à G. Balaie sous le 3 et le résultat à D.	Concordant	STRATEGIE IDIOSYNCRATIQUE (- DEBUT STRATEGIE EGALISATION) A nouveau stratégie du tâtonnement en se basant sur complément à 10 >> 2 stratégies selon emplacement du trou
$3 + 7 + 9 = 19 + 9$	0'09"	« J'ai compté. J'ai fait 3 + 7 + 9. Et j'ai trouvé 19. »	Pointe le 3, le 7, le 9 à G.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE =

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'expl ^o	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 7$	0'20"	« Bah en fait, j'ai fait 3 + 4. Donc ça faisait 7 et j'ai marqué le résultat ici puisque du coup eh bah ici, bah, ça allait faire un peu trop pour que ça soit égal à 3 donc du coup je me suis dit qu'il fallait que je mette les deux pour que ça soit au moins un petit peu plus haut que 3. Et du coup bah, j'ai marqué ça. »	Pointe le 3, le 4, à G. Pointe son résultat à D. Pointe le 8. Pointe le 8. Pointe le 8. Pointe le 4. Pointe le 3 à D. Pointe le 4, le 3 à G. Pointe son résultat. Pointe le 3 à G. Pointe le 3 à D.	Discordant (en partie) : pointage du 8 alors que ne l'évoque pas, semble ne pas le prendre en compte verbalement.	(- DEBUT STRATEGIE EGALISATION) Change de stratégie --à chaque équation
$9 + 5 + 2 = 9 + 5$	0'17"	« Là, j'ai fait 9 + 5. Sauf heu... j'ai oublié combien ça faisait donc j'ai pris que le 5. Et du coup j'ai marqué ici et après j'ai fait... bah comme y'avait deux 9 bah je me suis dit qu'on pouvait mettre aussi deux 5. »	Pointe le 9, le 5, à G. Souligne sous le 9 et le 5. Pointe le 5. Pointe le 5. Pointe son résultat. Pointe le 9 à G. Pointe les deux 9. Pointe les deux 5.	Concordant	STRATEGIE DE REPORT Voit que deux fois le même nombre >> comment s'en saisit ? Idée de « faire du pareil » perceptivement mais pas encore « équivalence »
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	0'13"	« Alors, j'ai fait 8 + 4. Comme 8 + 2 ça fait 10, je lui rajoute 2, ça va faire 12 eh bah du coup j'ai marqué 12 ici. »	Souligne de loin sous 4 + 9.	Discordant (mais peut-être juste geste vague)	STRATEGIE DE GROUPEMENT (au pif ?)
$2 + 6 + 7 = 2 + 8$	0'24"	« Eh bah, j'ai pris... J'ai fait 2 + 2, ça fait 4. Et puis, j'ai doublé et ça m'a fait heu 8 heu plus que 8 et du coup bah après comme ça faisait pas assez j'ai pris 6 + 2 et là ça faisait 8. »	Pointe le 2 à D. Pointe les deux 2. Pointe les deux 2. Souligne sous le 7 et le 6. Pointe le 6. Pointe le 7. Pointe le 6. Pointe le 2 à D.	Discordant (en partie) : pointage du 7 alors que semble ne pas le prendre en compte verbalement.	STRATEGIE IDIOSYNCRATIQUE
$4 + 6 + 7 = 23 + 7$	0'28"	« Eh bah j'avais pris... J'ai fait 4 + 6 + 7. Et + 7. Donc 6 + 7... ça faisait 13 + 4, 17 + 7, 21, 22, 23, 24... ah mince, c'est pas grave. C'est pas grave, on va enlever 1. Bon, 7 + 7, 14, 18, 20, 21, 22... Oh, c'est pas grave. C'est le temps que j'étais... J'étais sûre que ça faisait ça. Y'a une erreur de calcul, c'est pas grave. »	Pointe le 4, le 6, le 7 à G. Pointe le 7 à D. Compte sur les doigts de sa main G (3x). Pointe vers le 4.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES Ne va pas au bout du raisonnement ou de l'explication.
$3 + 7 + 8 = 7 + 8$	0'10"	« Bah, comme y'avait deux 8, j'me suis dit qu'il fallait mettre deux 7. Comme ça on enlève, bah c'est comme si on enlevait 3 du coup. Bah, ça faisait 16 + 14. Et du coup, bah, alors. Comme c'est 16 + 14, alors je vais faire 1 + 1, 2. Du coup ça va faire 20. Puisque c'est des dizaines. Et après je vais faire 6 + 4, ça va faire 10. + 10, du coup ça va faire 30. Et du coup j'fais ça pour qu'ça fasse à peu près 30. »	Pointe le 8 à G, le 8 à D. Pointe les deux 7. Cache le 3. Pointe le 7 à G. Pointe le 8 à D.	Concordant. Jusqu'à ce qu'arrive à création de la suite du raisonnement >> plus de geste concomitant avec cette nouvelle suite du raisonnement.	STRATEGIE DE REPORT + -add-all + -égallisation Estime (≠ calcule) + poursuit son raisonnement en direct, comme si normal que sa première réponse ne soit pas la réponse définitive.

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° type d'expl°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 23 + 7$	0'22"	« Heu, j'ai fait 3 + 6 + 7 + 7. Donc 7 + 7, ça fait 14. Et après, j'ai fait + 9. 14... 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23. 23. Et je me suis rappelé que si on faisait 6 + 3, ça faisait 9. Puisque la table de... de 6, c'est 6 x 3... heu non, 6 x... non... 3... x 3 qui fait 9 dans la table de 3. Et du coup bah j'ai fait 9 + 14. »	Pointe le 3, le 6, le 7 à G. Pointe le 7 à D. Pointe le 3 à G. Compte sur les doigts de la main G (lève 5 puis 4 doigts). Pointe le 6. Pointe le 6. Pointe le 6. Pointe le 6, pointe le 3. Pointe le 7, à G.	Concordant	« Peut-être qu'on pouvait faire 6 + 7 + 7 + 3. Ou l'inverse, parce que 6 + 7 et 7 + 3, c'est la même chose. Bah... comme ça, ça pourrait être comme ça. » = additionner dans un autre ordre.	STRATEGIE ADDITION TOUS LES NB Cherche infos que connaît par cœur (pour éviter calcul ?)
$8 + 4 + 9 = 8 + 9$	0'22"	« Ben, j'ai fait un peu pour heu... enfin, comme les autres. J'ai enlevé le 4. Et j'ai fait 9 + 9 + 8 + 8. Et du coup 9 + 9, ça fait 18. Et s... 8 + 8, 16. Donc la même technique que tout à l'heure. 10+10, 20. Et 6 + 8... 7, 8, 9, attends, 20, 21, 22, 23, 24... 33, 34. Ça faisait 35. Et du coup j'ai fait ça pour que ça soit égal, que ça fasse 35. »	Pointe le 9. Cache le 4. Pointe le 8 à D. Pointe le trou. Souligne sous 8 + 9 à D. Pointe le 9 à G. Enlève la main qui cachait le 4. Compte sur les doigts de la main G. Souligne vaguement l'équation de D à G (du 9 au 9).	Concordant	« Heu... bah... peut-être qu'on pouvait faire 8 + 9 et 9 + 8 pour trouver la réponse. Ou, on aurait juste inversé les nombres... »	STRATEGIE DE REPORT + estimation Preprend stratégie antérieure... (semble avoir fait simple report puis continue explication sur une tentative d'égalisation... mais pour que quoi fasse 35 ?)
$5 + 8 + 6 = 8 + 6$	0'07"	« Eh bah, en fait, j'ai fait 6 + 6, donc ça fait 12. Et puis j'ai hésité entre 5 et 8, pour mettre mais en fait, me suis dit que peut-être que vu que ce serait plus élevé et du coup vaut mieux mettre le plus élevé... comme ça ça va mettre un nombre qu'est un peu plus élevé. »	- (joue avec le crayon)	-	« Bah peut-être qu'au lieu de mettre... pour trouver la réponse, peut-être on pouvait mettre 6... peut-être qu'on pouvait mettre 6 + 2 ou sinon 10 - 2. » NB : fait gestes qd propose autre stratégie	STRATEGIE DE REPORT + estimation
$3 + 2 + 9 = 3 + 2$	0'09"	« Là, j'ai cherché à trouver le nombre le plus petit parce que... je trouvais que ce serait plus facile parce que du coup ça ferait, bah, 4 + 6, et ça ferait 10. Alors que si on mettait 9, ça fera un nombre plus élevé. »	- (joue avec le crayon)	-	« Peut-être 3 - 1, ou... 1 + 1. Ou 4 - 2. » >> cherche autres calculs parvenant au même résultat.	STRATEGIE DE REPORT + simplification Now stratégie est de faire au plus facile.
$4 + 6 + 3 = 4 + 3$	0'08"	« Pour trouver le 3, déjà je voulais que ça atteigne un petit peu bah dans les nombres qui vont faire plutôt des nombres impairs, donc bah du coup bah j'ai pris le 3 parce que ça faisait 6. Et ça ferait 14 pour si on met des chiffres comme ça. » Qu'est-ce qui ferait 14, tu peux me réexpliquer ? « 3 + 3 et 4 + 4. Si on les mettait ensemble et bah ça ferait 12. Heu, 14. »	- (joue avec le crayon) Compte sur les doigts	-	« Bah, peut-être mais moi j'ai peut-être pas trouvée. »	STRATEGIE DE REPORT + IDIO SYNCRATIQUE (-nb impairs)
$8 + 9 + 5 = 26 + 5$	0'27"	« Eh bah, comme le 26 juin c'est ma date de naissance et bah du coup, j'ai compté pour que ça fasse 26. » Et pourquoi fallait que ça fasse 26 ? Pour les autres, t'as pas fait avec ta date de naissance. « Non, c'est parce que je trouvais que ça serait un petit peu rigolo. Et j'aime bien que ça soit rigolo. »	Souligne vaguement toute l'équation de G à D.	-	« Bah oui avec d'autres calc... il aurait calculé autre chose. Peut-être qu'il aurait pu calculer... chais pas, heu... 5 + 5... et puis mettre les deux comme ça, bah chais pas heu... Pour que ça fasse 26, mettre 10 + 10 + 6. » NB : fait geste qd propose autre stratégie	STRATEGIE IDIO-SYNCRATIQUE Total freestyle sur les règles (... faire lien plus que prudent avec figure paternelle distante ++ ... ???), pour elle, comme pour les autres, on peut changer les nombres, mettre un nombre qu'on aime bien...

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 8$	0'28"	« Ici, c'était parce que ça, ça faisait... 7 + 2, ça faisait 9. Et du coup, bah, comme y'avait 9, bah j'me suis dit qu'il fallait que je mette 8, comme ça, y'aura le même chiffre partout. » Le même chiffre où ? « Bah, ici, en tout ça faisait 9. Et là, on avait 9. Et là, y'a 8 et du coup là j'ai mis 8. Et du coup bah, les deux, sont assortis et les deux, y sont assortis. »	Met la main D sous 7 + 2. Souligne 7 + 2. Pointe le 9. Pointe les deux 8 à D. Passe la main au-dessus de l'équation de G à D. Entoure 7 + 2 de ses mains et les réunit. Pointe le 9. Pointe le 8. Pointe son résultat. Pointe les deux 8 (doigts en V). Pointe le 7+2 et le 9 (doigts en V).	Concordant.	« Peut-être qu'on pourrait mélanger les chiffres. En faisant... + 8, 10. Et après on fait 7 + heu 9... ça ferait 16... et du coup on va calculer ensemble et après on va faire moins pour que ça fasse, moins quelque chose pour que ça fasse 8. »	STRATEGIE DE REPORT Ici, début d'équivalence... 7+2 pris comme 9... + idée de soustraire qqch pour arriver à un résultat...
$5 + 6 + 8 = 7 + 8$	0'25"	« Heu, pour trouver 8... j'ai trouvé parce que j'ai un petit peu mis au hasard parce que je savais pas trop comment faire pour ici. »	-	-	« Oui, certainement. Calculer. Pour que ça fasse 7. Ou que ça fasse plus... Je sais pas. »	STRATEGIE IDIO-SYNCRATIQUE (hasard) Encore nouvelle stratégie... (au hasard) Calcul ne lui semble pas obligatoire. Réponse attendue est aléatoire. (pls rép. possibles)
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 5$	0'39"	« Je me suis dit qu'il fallait que ça soit un multiple de 5 puisque... parce que... je me disais que... on pouvait mettre des 5. Parce que là, y'avait 3 et 2, et 4. Du coup 3, 2, 4, 5. Non, 2, 3, 4, 5. » Tu essayais de retrouver la suite ? « Il manquait	Pointe le 2 à D.	Concordant	« Pour trouver la réponse... peut-être qu'il aurait fallu transformer ça et ça en 5 (pointe le 2 et le 3 à G) et comme ça ça aurait fait des multiples de 5 à chaque	STRATEGIE IDIO-SYNCRATIQUE (série) Qd pas gestes, bouge+++ (tire manches, joue avec crayon...)

		plus que le 1 et après ça aurait fait tout. »	Pointe le 2 à G. Pointe le 4. Pointe le 3. Pointe le 2 à D. Pointe le 4. Pointe son résultat.		fois. »	>> incitation aux gestes permettrait d'évacuer son stress / agitation ?? (cf. fou rire qd Padovan avec appui sur ventre)
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 10$	0'22"	« Parce que y'avait 5 + 5 et ça faisait 10, 5 + 5. Donc du coup, j'ai marqué 10. »	Pointe le 5 à G. Pointe le 5 à D.	Concordant	« Oui, 8 + 2, et ça fait 10 puisque c'est des multiples de 2, heu non, c'est des... j'sais plus comment on fait. Des choses qui font 10, des... compléments à 10. J'crois que c'est ça. »	STRATEGIE IDIO-SYNCRATIQUE
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'15"	« Ce serait une mauvaise réponse. » Pourquoi ? « Parce que ça fait 16. » Qu'est-ce qui fait 16 ? « Tout ça réuni. »				
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'26"~	« Heu, non parce que c'est pas possible, il faudrait mettre un signe. Ou sinon, ça ferait 46. » Regarde, je te mets, 4+6. « Bah, ça pourrait être bien, ça pourrait être aussi faux. ça pourrait être bien parce que du coup ça rajouterait des chiffres ou des nombres. Et ça pourrait être aussi pas bien parce que du coup on n'aurait pas quelque chose pour marquer heu pour marquer une réponse. »				un même résultat lui semble pouvoir être correct ou incorrect >> pas de règles ? Pourtant se créée aussi règle qu'interdit de mettre autre chose qu'un nb (induit par consigne !).

POST-TEST 2 : 05/02/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° explic°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 25$	0'17"	« J'ai fait 3 + 9 + 5 + 3. Et... après j'me suis dit que ça faisait = à 25. »	Pointe le 5 à G. Pointe son résultat.	Concordant	« Hm... pour moi non, mais peut-être oui. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB (erreur de calcul)
$8 + 5 + 6 = 5 + 6$	0'10"	« En fait, y'avait 6 et j'me suis dit que le plus proche c'était 5 donc j'ai mis 5. Y'avait 6 où ça ? « Ici là, 6 + 6. Donc j'me suis dit qu'il fallait mieux qu'on fasse, qu'on mette le plus proche. Parce que du coup, bah comme il sera plus proche et bah on pourrait... ce serait comme si on enlevait et du coup et bah on ferait une... une addition plus facile. »	Pointe le 6 à G. Pointe le 5 à G. Relie le 6 à G et à D. Pointe le 5 à G. Relie le 5 à G au trou à D. Cache le 8 à G.	Concordant	« Oui, p't'être qu'on pouvait mettre 8... Pour heu pour... pour compliquer l'addition. » D'accord. On choisit si c'est facile ou compliqué ? « Hm hm. »	STRATEGIE DE REPORT Repère bien qu'un nb est présent des deux côtés. Se contorsionne quand explique (contracte épaules).
$2 + 8 + 7 = 8 + 7$	0'08"	« J'ai fait la même chose que celui d'avant. Parce que c'était le plus proche. Et là, ce serait plus dur, que av... que avant. »	-	-	« Oui, pour que ce soit facile, eh bah on mettait 2 à la place. »	STRATEGIE DE REPORT
$9 + 7 + 3 = 9 + 3$	0'05"	« Bah ici... j'ai... comme j'ai vu qu'y'avait 9 et 9, bah j'ai mis 3 et 3. » Et pourquoi tu as pris le 3 ? « Parce que... j'me suis dit que comme c'était tous les deux des chiffres impairs eh bah on pouvait p't'être mettre le 3 parce que... ça... augmenterait moins que si c'était 7. »	Pointe le 9 à G, à D.	Concordant	« P't'être qu'on pourrait le remplacer par 8. (pointe le 7 à G). Et du coup là, qu'on mette heu qu'on mette quand même 3 mais sauf que on choisirait cette fois-ci que le chiffre impair (donc savait que 7 était aussi impair ?). » Pourquoi il faut que ce soit un chiffre impair la réponse ? Bah parce que je me suis dit que comme c'était des chiffres impairs il fallait mieux que ce soit que des chiffres impaires dans l'addition. »	STRATEGIE DE REPORT Fausses croyances ++ !!!, puis ne s'en sert pas pour justifier ensuite... (flou +++) Cherche à faire du pareil (comme dans une suite logique)
$4 + 3 + 9 = 8 + 24$	0'18"	« Heu, ici, j'ai fait + 4 + 3 + 9 + 8. »	-	-	« Heu, moi... bah p't'être qu'on aurait pu heu... p't'être qu'on aurait pu mettre tous les chiffres... qui étaient heu... plus proches de 4 et du coup on aurait mi heu... on aurait fait une addition pour venir (xxx) que ces deux-là et ben du coup, on trouverait autre chose. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Qd tps + long = calcule Pas gênant que résultat change.
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 2$	0'19"	« Heu, j'ai fait... Comme y'avait 5 x 2 et ben j'ai refait 5 x 2. »	-	-	« Bah... j'sais pas. »	STRATEGIE DE REPORT Apporte soin ++ à écriture, l'important est de faire du beau visuellement...

SUJET 5 : Louisa

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'expl°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 18$	0'36" (dont con- signe)	« Bah, j'ai... dans ma tête, j'ai déplacé le 2. Et j'ai mis le = après. Eh bah du coup je me suis dit que ça faisait 18. » <i>Qu'est-ce qui faisait 18 ?</i> « Bah heu, tout ça. »	Entoure le 2 à D. Pointe le signe = puis le signe + à D. Pointe le résultat. Entoure les 4 chiffres.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$7 + 4 + 2 = 7 + 20$	0'09"	« J'ai fait pareil. Je me suis dit 7 et 7, 14, + 2... 16, et 4 heu 20. Et du coup bah j'ai trouvé le résultat. J'crois pas qu'c'est bon... »	Entoure les 4 chiffres.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES (Auto-critique de sa stratégie)
$4 + 6 + 9 = 27 + 9$	0'15"	« Bah là, j'ai fait exactement pareil. J'ai mis le 9 ici. Et 9 + 9, 18. +6... 24 et + 4, là 27. »	Commence à entourer les chiffres à G du =. Pointe le 9 à D. Pointe l'espace entre le 9 à G et le =. Compte sur les doigts de la main G puis D. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$7 + 6 + 5 = 27 + 5$	0'17"	« J'ai fait exactement pareil. 5 + 5, 10, + 6 heu... 11, 12, 13, 14... 16. Et + 7, 20. Et ça fait le résultat. »	Commence à tout entourer à partir du 5 à D. Pointe le 5 à D. Compte sur les doigts de la main G puis D. Entoure le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES Diff. aussi sur calcul.
$3 + 6 + 8 = 3 + 20$	0'15"	« Sur celle-ci, j'ai fait exactement pareil que les autres, même technique. J'ai fait, heu, 3 + 3, 6. + 8 heu... 7, 8, 9, 10, 11... 14. Et + 6, 20. »	Commence à entourer les 4 chiffres. Compte sur les doigts de la main G puis D. Pointe le 6 (de la main G) et entoure le résultat (de la main D)	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$3 + 7 + 9 = 28 + 9$	0'08"	« Sur la dernière, j'ai fait 9 + 9, 18. + 7 heu... 25. Et + 3, 28. »	Entoure grossièrement l'ensemble. Compte sur les doigts de la main G puis D. Pointe le 3.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 18$	0'37"	Explique déjà pdt que résoud : « Je sais pas si c'est ça mais je vais quand même le faire... Ben là, je me dis là juste que c'est le résultat qu'y faut faire donc, j'suis pas sûre que ce soit ça mais... en fait, c'que j'me dis c'est que le 3, j'le mets là et que du coup le égal il est tout seul et que je vais mettre la bonne réponse. » « Bah, c'est ce que je t'ai expliqué tout à l'heure, j'ai fait pareil pour toutes les autres. J'ai mis le + ici, là le 3, dans ma tête. Et le = j'ai mis qu'il était tout seul. Du coup j'ai mis le résultat. » <i>Tu as additionné quoi pour faire le résultat ?</i> « 3 + 4 + 8 + 3. Et j'ai fait pareil pour toutes les autres. »	Pointe le 3 à D. (2 doigts en pince) Pointe le + à D. Pointe tout à G de l'équation. Pointe le =. Pointe son résultat. Pointe le 3, le 8, le 4, le 3.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$9 + 5 + 2 = 9 + 25$	0'16"	« Là, j'ai fait pareil que tout à l'heure, je me suis dit dans ma tête 9 + 2 + 5 + 9. »	Pointe le + à D, déplace sa main vers la G. Pointe le 9 à D. Pointe le 2, le 5, le 9 à G.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$8 + 4 + 9 = 30 + 9$	0'14"	« Là, j'ai fait... bah au lieu que le 9 y soit là comme dans les autres, je l'ai pris et je l'ai mis là. Donc j'ai fait 9 + 9 + 4 + 8 et j'ai trouvé 30. »	Pointe le 9 à D. Pointe le =. Pointe le 9 à D. Pointe tout à G de l'équation. Pointe le 9 à D. Pointe le 9, le 4, le 8 à G.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$2 + 6 + 7 = 2 + 17$	0'15"	« Le 2, pareil, je l'ai mis là. J'me suis dit 2 + 7 + 6 + 2 = 17. Je pense. »	Pointe le 2 à D, déplace sa main tout à G de l'équation. Pointe le 2, le 7, le 6, le 2.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TS LES NB
$4 + 6 + 7 = 24 + 7$	0'13"	« Bah là, c'est exactement pareil, j'ai mis le 7 ici et puis j'ai fait 7 + 7 + 6 + 4. Et j'ai trouvé 24. »	Pointe le 7 à D, déplace sa main tout à G de l'équation. Pointe le 7, le 7, le 6, le 4.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TS LES NB
$3 + 7 + 8 = 27 + 8$	0'12"	OUBLI EXPERIMENTATEUR		-	

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Relation types d'explications	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 22 + 7$	0'14"	« Bah, c'est exactement pareil pour tout. J'ai mis le 7 là et je me suis dit 7 + 6 + 3 + 7 et j'ai trouvé 22. »	Pointe le 7 à D (deux doigts en pince). Déplace ses doigts à la G de l'équation. Pointe le 7, le 6, le 3 et un espace à G de l'équation. Pointe son résultat.	Concordant	« Bah, je sais pas trop en fait, c'est pour ça que j'ai fait ça. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES doute >> en transition ?
$8 + 4 + 9 = 8 + 29$	0'17"	« Heu j'ma suis dit 8 + 9 + 4 + 8 = 29. »	Pointe le 8 à D, le 9, le 4, le 8, à G.	Concordant	« Je sais pas. C'est pour tout, je savais pas. »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$5 + 8 + 6 = 25 + 6$	0'23"	« Pareil pour celle-là. J'ai fait 6 + 6 + 8 + 5 = heu... 25. »	Pointe le 6 à D, le 6, le 8, le 5, à G.	Concordant	« ... Je sais pas. »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$3 + 2 + 9 = 3 + 17$	0'14"	« 3 + 9 + 2 + 3 = 17. »	Pointe le 3 à D, le 9, le 2, le 3, à G.	Concordant	« Je sais pas... »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$4 + 6 + 3 = 4 + 17$	0'16"	« 4 + 3 + 6 + 4 = 17. »	Pointe le 4 à D, le 3, le 6, le 4, à G.	Concordant	« Je sais pas... J'vais dire je sais pas à chaque fois. »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$8 + 9 + 5 = 27 + 5$	0'14"	« 5 + 5 + 9 + 8 = 27. »	Pointe le 5 à D, le 5, le 9, le 8, à G.	Concordant	« Je sais pas. »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types expl°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 25$	0'19"	« 8 + 9 + 2 + 7 = 25. »	Pointe le 8 à D, le 9, le 2, le 7, à G.	Concordant	« Je pense pas qu'il y ait une autre solution. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Anticipe ma demande !
$5 + 6 + 8 = 7 + 26$	0'14"	« 7 + 8 + 6 + 5. »	Pointe le 7 à D, le 8, le 6, le 5, à G.	Concordant	« Bah, je sais pas trop si y'en aurait une autre pour celle-là. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Vérifie que bien addition avant
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 16$	0'43"	« Ah ! Là on est en fois. J'me suis dit heu 3 x 4, 12. Heu, 2 x 2, 4. Donc heu 12 + 4 = 16. »	Pointe le 2 à D. Pointe le 3, le 4. Pointe le 2 à D, le 2 à G. Pointe son résultat.	Concordant	« Là, pour celle-là, j'pense pas. »	STRAT. IDIO. Plus sûre d'elle avec multiplications...
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 50$	0'16"	« Heu, 8 x 5, 40. Heu, 5 x 2, 10. Donc ça fait 50, si on additionne 10 + 40. »	Pointe le 5 à D, le 8. Pointe le 2, le 5 à G. Pointe son résultat.	Concordant	« J'pense pas. »	STRAT. IDIO. Pas même grpm de chiffres que pr la précédente... (par facilité de calcul ?)
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'09"	« Nan, c'est une mauvaise réponse. Parce que normalement, 6 + 4 + 3... Déjà, 3 + 3, 6. Heu + 4 et 6, j'crois qu'ça fait 15. Je pense que c'est faux. »		-		
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'05"	« Peut-être... Ben oui. Bah, ah non on pourrait mettre qu'une seule chose parce qu'après y'a un +. » <i>Si il met vraiment 4 + 6.</i> « Bah, ça pourrait être vrai. Bah, parce que là, ça fait 4 + 6 + 3 + bah c'que tu viens de dire + c'que tu viens de dire + 3, pour moi, c'est juste. » <i>Parce que c'est la même chose ?</i> « Oui, j'pense. »		-		

POST-TEST 2 : 05/02/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° type expl°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'23"	« Heu ici déjà j'ai essayé de trouver le résultat, dans ma tête. Et, heu, j'ai enlevé le 3. Et j'me suis dit 9 + 5, ça fait 14. Donc j'ai marqué là pour qu'ça fasse le même résultat. » <i>Pourquoi tu as enlevé le 3 ?</i> « Parce qu'il était déjà là. Et fallait qu'ça fasse le même résultat heu là et là. » <i>Où et où ?</i> « Heu, là, et là fallait que ça soit le même résultat. Parce que 3 + 9 + 5 ça fait heu 9 + 5, ça fait 14 + 3, 17. Et heu vu qu'y'avait déjà 3 j'ai fait 9 + 5 = 14 et je l'ai mis ici. Parce que 3 + 14 = heu 17. »	Balaie sur 5 + 9 + 3. Cache le 3 à G. Pointe le 9, le 5. Pointe son résultat. (x2) Balaie sur 5 + 9 + 3. Pointe le 3 à D. Pointe au milieu à D. Pointe au milieu à G. Entoure 3 + 9 + 5. Pointe son résultat. Entoure 9 + 5. Cache le 3 à G. Souligne 3 + 9 + 5 à G.	Concordant	« Non... j'ai pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT puis D'EGALISATION Maintenant y parvient !!! (entraînement ? compréhension via « évaluateur » la dernière fois ... ??) Mais étape initiale en trop, rapport avec résultat arrive en bout de raisonnement. Flou... ?
$8 + 5 + 6 = 13 + 6$	0'27"	« Là, j'ai fait pareil, j'ai enlevé le... Déjà j'ai essayé de trouver le résultat. Heu, 8 + 5, 13, 19, en tout ça fait. Et heu, j'ai enlevé le 6 vu qu'il était déjà là. Et j'ai fait 8 + 5, 13. Et j'voulais qu'ça fasse heu le même résultat que... le même résultat heu... Parce que 6 + heu... 6 + heu... 8 + 5 ça fait heu... j'ai dit toute à l'heure, j'me souviens plus j'crois qu'j'ai dit 19. Eh bien, j'ai mis + 13. J'sais pas si tu comprends en fait c'que j'dis. » <i>Moi j'ai compris que tu as calculé tout ça, ça faisait 19. Et après tu as calculé juste ça...</i> « Et je l'ai mis là. »	Cache le 6 à D. Cache le 6 à G. Balaie sur 8 + 5 + 6. Balaie sur 8 + 5 + 6. Cache les deux 6. Entoure le 6 à D. Pointe le 8, le 5, son résultat. Pointe son résultat. Entoure 8 + 5. Pointe le 6 à G. Pointe le 6 à D, à G. Pointe le 8 à G. Pointe le 6 à G, le cache. Pointe le 8, le 5. Pointe son résultat. Entoure 8 + 5.	Concordant	« ... Je sais pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT puis D'EGALISATION Explication floue+++ (concept en cours d'acquisition) ? étape en trop la perturbe ? garde cette étape pour coller à sa 1 ^{ère} stratégie ? ...)
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'08"	« J'ai fait pareil, j'ai... j'ai calculé dans ma tête. Après j'ai enlevé le 7. Et 2 + 8, ça fait 10. Et du coup bah je... j'ai mis 10. »	Pointe le 7 à D.* Balaie sur 2 + 8 + 7. Cache les deux 7. Pointe le 2, le 8, son résultat. Entoure son résultat.	Concordant	« Je sais pas. J'pense pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT *Donc a bien d'abord repéré le 7 et non pas calculé à G... >> geste est plus fiable à observer que mots pour comprendre sa stratégie !
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'07"	« Heu, j'ai fait pareil, j'ai calculé tout ça : 9 + 7 + 3. Après j'ai enlevé le 9. Et heu 7 + 3 = 10. »	Balaie sur 9 + 7 + 3. Pointe le 9, le 7, le 3. Cache le 9 à G.	Concordant	« Hm, je sais pas et j'pense pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 3 + 9 = 8 + 17$	0'23"	« Heu ici j'ai... Qu'est-ce que j'ai fait ? Bah ici, j'ai... je savais pas trop heu comment fallait faire parce que y'avait pas heu le même chiffre que là. Alors j'ai dit 8 + 9 + 3 + 4 = heu... 17. Parce que du coup, je, je savais pas parce que le chiffre 8, il était pas là-dedans. Donc du coup j'me suis dit 4 + 3 + 9 + 8. »	Balaie du 8 jusqu'au 4. Pointe le 8 à D. Pointe le 8, le 9, le 3, le 4. Pointe le 8 à D. Entoure 4 + 3 + 9 Pointe le 4, le 3, le 9, le 8.	Concordant	« Heu... je sais pas, j'pense pas. »	STRATEGIE ADDITION TOUS LES NB Reprend stratégie add-all (donc stratégie groupement moins ancree que pour J. qui lui parvient à l'adapter pour cette sit°) Calcul erroné alors que les autres ok... A fait autrement en fait ?
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'07"	« Là c'est pareil, je, j'ai fait pareil pour les plus sauf que c'était fois. J'ai calculé heu tout et j'ai enlevé le 5. Et j'ai fait 2 x 8, 16. »	Balaie du 5 à D jusqu'au 5 à G. Balaie au-dessus de 5 x 2 x 8. Pointe le 5 à D, à G. Pointe le 2, le 8. Pointe son résultat.	Concordant	« Je sais pas et j'pense pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT (n'a pas dû tout calculer avant en 0'07")

SUJET 6 : Hugues

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 16$	0'37" (dont con- signe)	« Ben, j'ai fait $2 + 5 + 9$ et + 2. » Et ça faisait 16 ? « Hm. »	Pointe le 2, le 5, le 9 à G. Balaie sous le 2 à D.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES Expression verbale et gestuelle minimum. Réduite à l'essentiel. + erreur de calcul
$7 + 4 + 2 = 7 + 20$	0'13"	« J'ai fait $7 + 4 + 2 + 7$. »	Pointe le 7, le 4, le 2, le 7. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$4 + 6 + 9 = 28 + 9$	0'31"	« J'ai fait $4 + 6 + 9 + \dots 9$. »	Pointe le 4, le 6, le 9, le 9.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$7 + 6 + 5 = 23 + 5$	0'11"	« $7 + 6 + 5 + 5$. »	Pointe le 7, le 6, le 5, le 5.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$3 + 6 + 8 = 3 + 20$	0'12"	« $3 + 6 + 8 + 3$. »	Pointe le 3, le 6, le 8, le 3.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$3 + 7 + 9 = 20 + 9$	0'07"	« $3 + 7 + 9 + 9$. »	Pointe le 3, le 7, le 9, le 9.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB + erreur de calcul

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 18$	0'55"	« Alors, j'ai fait $3 + 4 + 8 + \dots 3$. Voilà, j'ai fait comme ça. »	Pointe le 3 à G, le 4. Pointe le 8 (change de main), le 3 à D.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB « Heu, j'comprends pas trop pourquoi vous mettez 8 = 3. » Maladroit ++ , arrache fiche. Groupe nb graphiquement (technique scolaire ?)
$9 + 5 + 2 = 9 + 25$	0'38"	« Ben j'ai fait pareil. J'ai fait $9 + 5 + 2 + 9$. »	Pointe le 9 à G, le 5, (change de main), le 2, le 9 à D.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB sur ses doigts pdt la résolution
$8 + 4 + 9 = 21 + 9$	0'25"	« $8 + 4 + 9$ qui est égal à 21. + 9. »	Pointe le 8, le 4, le 9 à G. Pointe son résultat. Pointe le 9 à D.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = Ne tient pas compte du + 9 pour son résultat mais le cite.
$2 + 6 + 7 = 2 + 16$	0'13"	« $2 + 6 + 7 + 2$. ça fait 16. »	Pointe le 2, le 6, le 7 à G. Pointe le 2 à D. Pointe son résultat.	Concordant	STRATEGIE ADDITION TOUS NB
$4 + 6 + 7 = 17 + 7$	0'14"	« $4 + 6 + 7 + 17 + 7$. »	Pointe le 4, le 6, le 7 à G. Pointe à D (le 17 ou le 7?)	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = Dit +17 pour =17.
$3 + 7 + 8 = 18 + 8$	0'14"	« $3 + 7 + 8$ qui sont égal à 18. + 8. »	Pointe le 3, le 7, le 8 à G. Pointe son résultat. Pointe le 8 à D.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = Ne tient pas compte du 8 mais le cite.

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 16 + 7$	0'19"	« J'ai fait $3 + 6 + 7$. »	Pointe le 3, le 6, le 7 à G.	Concordant	« Non. »	ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES JUSQU'AU = ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES
$8 + 4 + 9 = 8 + 29$	0'50"	« J'ai fait $8 + 4 + 9 + 8$. »	Pointe le 8 à G, le 4, le 9, le 8 à D.	Concordant	« ... Non. »	ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES JUSQU'AU = ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES
$5 + 8 + 6 = 19 + 6$	0'21"	« 5. Heu, $5 + 8 + 6$. Voilà. »	Pointe le 5, le 8, le 6 à D.	Concordant	« Non. »	ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES JUSQU'AU = ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES
$3 + 2 + 9 = 3 + 17$	0'26"	« $3 + 2 + 9 + 3$ »	Pointe le 3 à G, le 2, le 9, le 3 à D.	Concordant	« Non » (de la tête)	ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES
$4 + 6 + 3 = 4 + 17$	0'26"	« $4 + 6 + 3 + \dots + 4$. »	Pointe le 4 à G, le 6, le 3, le 4 à D.	Concordant	« Non. »	ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES
$8 + 9 + 5 = 22 + 5$	0'29"	« $8 + 9 + 5$ »	Pointe le 8, le 9, le 5 à G.	Concordant	« Non. »	ADDITIONNER TOUS LES NOMBRES JUSQU'AU = Mes questions ne le font pas se questionner

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicit°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 26$	0'22"	« J'ai fait $7 + 2 + 9... + 8$. » (toujours tps latence à dire + qd voit que derrière un signe =)	Pointe le 7, le 2, le 9, le 8.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB Fini par trouver stratégie pour effacer ses calculs sans arracher la feuille !
$5 + 6 + 8 = 7 + 26$	0'55"	« J'ai fait $5 + 6 +... + 8 + 7$. + heu non +... »	Pointe le 5, le 6, le 8, le 7.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITION TOUS NB Se regarde ++ sur ordi.
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 48$	0'48"	« J'ai fait $2 \times 4 \times 3 \times 2$. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE MULTIPLIER TS NB Sourit qd voit que x, puis trouve vite une stratégie et va l'appliquer d'emblée à l'équation suivante (prend peu tps réflexion ?)
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 400$	0'50"	« $5 \times 2 \times 8... \times 5$. »	Pointe le 5 à G, le 2, le 8, le 5 à D.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE MULTIPLIER TS NB « Non » sont définitifs, ne cherche pas.
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'20"	« Oui, c'est bon. Parce que ça obtient le calcul. »				Besoin de faire le calcul pour estimer si bonne réponse
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'04"	« Non. Ce serait pas bon. Parce que c'est pas 13 et 13, c'est le résultat. »				

POST-TEST 2 : 05/02/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° type expl°	Autre(s) strat.égie(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 20$	0'14"	« J'ai tout additionné. »	Souligne du 3 à G au 3 à D.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Ne réfléchis pas du tout à autre stratégie.
$8 + 5 + 6 = 19 + 6$	0'11"	« J'ai tout additionné. »	Souligne du 8 à G jusqu'à son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$2 + 8 + 7 = 17 + 7$	0'13"	« J'ai tout additionné. »	Souligne du 2 à G jusqu'à son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$9 + 7 + 3 = 9 + 27$	0'16"	« Tout additionné. »	Souligne du 9 à G jusqu'à son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Rétrécit son discours.
$4 + 3 + 9 = 8 + 25$	0'15"	« J'ai tout additionné. »	Souligne vaguement à partir du 4 à G, vers la D.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Rétrécit son geste.
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 400$	0'55"	« J'ai tout additionné. » <i>T'es sûr ?</i> « Oui. Heu !! J'ai tout multiplié. » <i>Alors comment tu as fait pour multiplier ?</i> « Alors, au début, j'ai fait 5×2 . On sait que 5×2 , ça fait 10. Après on abaisse le 8 donc 10×8 , on sait aussi que ça fait 80. Après on fait 80×5 , donc moi je savais pas combien ça faisait donc j'ai posé. J'ai trouvé 400 et donc j'ai mis le résultat là. »	Pointe le 5, le 2. Pointe son sous-résultat sous 5×2 . Descend à partir du 8. Pointe son sous-résultat. Pointe l'opération posée. Pointe son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE MULTIPLIER TOUS LES NB Groupe chiffres par écrit pour les calculer Méthode scolaire ++. Même mots « on sait que » pourraient être ceux du prof.

SUJET 7 : Gladys

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'explicat ^o	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 16$	0'30" (dont con- signe)	« Ben là j'ai calculé combien ça faisait. » <i>Combien quoi faisait... ?</i> « Combien ça ça faisait. »	Balaie sous les 5 + 9. Entoure tous les chiffres grossièrement (dont le 2 à D?)	Décalage puis concordant	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = ? Diff. à expliquer sa façon de faire. (mots génériques 'ça') Besoin de la relancer pour que développe.
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'33"	« Eh ben là j'ai calculé combien ça faisait. Et là, j'ai fait 7 + ce que ça faisait là. »	Balaie sous les 3 chiffres à G. Pointe le 7 à D. Balaie sous les chiffres à G.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'17"	« Là, bah, j'ai fait pareil... Là, j'ai calculé combien ça... ben combien ça faisait. Et là... enfin, ça faisait 19. Et je sais que là, 9 + 10, ça fait 19. »	Balaie sous les 3 chiffres à G à plusieurs reprises. Pointe le 9 à D. Balaie au-dessus de 6 + 9. Pointe le 9 à D. Pointe le + à D. Pointe le résultat.	Décalage (par paresse d'entourer tout ce dont parle ?) puis concord.	STRATEGIE D'EGALISATION Gestes flous, liés les uns aux autres. (-paresseux comme son élocution et sa posture... ? + cf. McNeill s/ gestes de l'enfant liés les uns aux autres alors qu'adulte repose en chq signif ^o)
$7 + 6 + 5 = 3 + 5$	0'26"	« J'ai calculé combien ça ça faisait. Et après, j'ai fait 5 + ce que ça faisait. »	Balaie sous 7 + 6 + 5.	Décalage	STRATEGIE D'ADDITION JUSQU'AU SIGNE = ? Explicat ^o verbale ni gestuelle ne semble correspondre exactement à ce que semble avoir fait... (« 3 » pour 13 ? > grpm ^o ?)
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'35"	« Ben, j'ai fait la même chose. Ben là, j'ai calculé. Et après j'ai fait 3 et + le nombre que c'était. »	Entoure 3 + 6 + 8 à G. Entoure le 3 à D à plusieurs reprises. Entoure les 3 chiffres à G.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'15"	« Ben, ça ça faisait 19. Et 9 + 10, ça fait 19. »	Balaie sous 3 + 7 + 9 à G. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'explicat ^o	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'33"	« Ben, j'ai fait heu... j'ai additionné ça. Et, j'ai vu qu'ça faisait... 15. Après j'ai fait 3 +... 12. Et heu, j'ai compté, j'me suis arrêtée à 15 et ça fait 12. »	Entoure les chiffres à G du =. Pointe le 3 à D. Entoure son résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION Intonation de voix montante, comme interrogative.
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'38"	« Heu. J'ai additionné ça et ça faisait heu... 16. Et après bah j'ai fait pareil que l'autre. » <i>Tu as fait pour que ça ça fasse 16 aussi ?</i> « Hm. (oui) »	Pointe les chiffres à G du =. Pointe le 9 à D. Pointe son résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION Tps latence ++ avant de commencer explication (15")
$8 + 4 + 9 = 11 + 9$	0'29"	« Bah, j'ai additionné ça. ça faisait heu... 20. Et j'ai fait heu, ça fois quelque chose, pour faire 20. »	Entoure les chiffres à G du =. Pointe le 9 à D. Pointe son résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION Imprécision dans les termes (x pour +) + erreur de calcul
$2 + 6 + 7 = 2 + 17$	0'25"	« Bah pareil. J'ai additionné ça. Et... ça faisait... 19. Et après j'ai fait ça +... + quelque chose... » <i>Pour que ça fasse 19, c'est ça ?</i> « Hm. »	Balaie au-dessus des chiffres à G du =. Pointe son résultat. Pointe le 2 à D. Pointe son résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION + erreur de calcul
$4 + 6 + 7 = 12 + 7$	0'28"	« Heu... j'ai additionné ça et j'ai fait ça + quelque chose pour trouver heu... 19. »	Balaie l'ensemble de l'équation de G à D. Pointe le 7 à D. Pointe son résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION Tps latence ++ avant de commencer explication. Se regarde ++ sur écran de l'ordi. + erreur de calcul
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'25"	« J'ai additionné ça, ça faisait 18. Et... après j'ai mis 10 parce que je sais que 10 + 8 ça fait 18. »	Entoure les chiffres à G du =. Entoure son résultat. Pointe le 8 à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'explicat ^o	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'53"	« Heu, bah, j'ai, pareil que les autres heu... j'ai compté combien ça faisait là. Et après... et heu... (pose tête sur son bras) après j'ai fait 7 + ça, pour faire le résultat. »	Pointe les chiffres à G du =. Pointe le 7 à D. Pointe son résultat.	Concordant	« Heu... nan. »	STRATEGIE EGALISATION
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'45"	« Bah, j'ai compté là. J'ai fait 8 + quelque chose pour que ça fasse, heu, le résultat. »	« Pointe les chiffres à G du =. Pointe le 8 à D. Pointe son résultat. »	Concordant	« Nan. »	STRATEGIE EGALISATION
$5 + 8 + 6 = 11 + 6$	0'51"	« J'ai compté ça et j'ai fait 6 + quelque chose pour trouver. »	Balaie sous les chiffres à G. Pointe le trou. Pointe le 6 à D.	Concordant	« Hm, nan. »	STRATEGIE EGALISATION erreur de calcul
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'29"	« J'ai fait ça. Et, j'ai compté ça. Et j'ai fait 3 + heu... quelque chose pour que ça fasse... pareil. »	Balaie sous les chiffres à G. Balaie sous les chiffres à G. Pointe le 3 à D. Pointe le trou.	Concordant	« Nan. »	STRATEGIE EGALISATION
$4 + 6 + 3 = 4 + 9$	0'43"	« Bah pareil, j'ai fait ça et j'ai fait... j'ai fait 4 + quelque chose pour qu'ça fasse heu pareil. »	Balaie sous les chiffres à G. Balaie sous les chiffres à D.	Concordant (réunit le groupe de chiffres à D cette fois)	« Non. »	STRATEGIE EGALISATION
$8 + 9 + 5 = 16 + 5$	1'07"	« ça + heu... ça + heu + quelque chose pour trouver. » <i>Pour trouver pareil que là ?</i> « Hm. »	Balaie sous les chiffres à G. Pointe le 5 à D. Pointe le trou.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE EGALISATION erreur de calcul

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 10$	0'26"	« Pareil que tous les autres heu, non, heu ça, j'ai... ça, ça faisait 18. J'ai fait 8 + 10. Et comme ça fait 18, bah voilà. »	Balaie sous les chiffres à G. Pointe le 8 à D. Pointe son résultat.	Concordant	(Réfléchis) « Heu... oui. Bah, calculer ça, et faire 8 + quelque chose pour arriver à 18. » ça, c'est ce que tu as fait. « Non, moi, j'ai fait, je savais déjà que 8 + 10 ça faisait 18. »	STRATEGIE D'EGALISATION
$5 + 6 + 8 = 7 + 12$	0'42"	« Heu... J'ai calculé(?) ça. J'ai fait 7 + quelque chose pour faire ce, bah, pareil. »	Balaie sous les chiffres à G. Pointe le 7 à D.	Concordant	« Hm, non. »	STRATEGIE D'EGALISATION
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 9$	0'36"	« J'ai fait 2 x 4, ça fait... 8. Et 8 x 3, 12. Heu non. 8x3 heu... heu...18. Heu... non heu...24. Heu ! heu oui. 24. Et heu... Et 2 x 9 ça fait heu, heu non la j'ai fait une erreur. » <i>Tu peux corriger si tu veux... Si tu as besoin de poser des opérations tu peux... Là, qu'est-ce que tu cherches ?</i> « Ce qu'il faut faire pour aller à 24. »	Pointe le 2, le 4 à D. Pointe le 3. Examineur n'a pas demandé d'expliquer cette nouvelle solution !	Concordant	« Heu, oui. » <i>Comment est-ce qu'on aurait pu faire ?</i> « Je sais pas. »	STRATEGIE D'EGALISATION Ne montre pas de réaction au chgmt d'opération. Dis 8x3 mais calculé 8+3.
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 20+4$	2'11"					
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 15$	1'45"	« J'ai fait heu 5 x 2, 10. Et 5 x 8 heu 40. Et 5 x 15, ça fait 40. Heu. Heu, j'crois que j'me suis trompée. Et 5 x 8 ça fait 40.»	Pointe le 5, le 2, à G.	Concordant	« Heu... non. »	STRAT. IDIO.
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 8$						
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'17"	« Heu... oui. Heu... non. Parce que 13 c'est l résultat de tout ça. »	Entoure les chiffres à G du =.			
$4 + 6 + 3 = 4+6+3$?	0'08"	« Oui. Parce que ça fait 10. » <i>Oui... ? Et on veut avoir 10 comme réponse ?</i> « Non, c'est que 3 + heu 10, ça fait 13. »	Pointe le 3 à D.			

POST-TEST 2 : 05/02/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explic°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'30"	« Bah, j'ai compté ça. Après j'ai fait... ça faisait heu... ça faisait quelque chose et... j'ai fait 3 + heu... quelque chose. »	Entoure 3 + 9 + 5. Pointe le 3 à D. Pointe un espace vers la D.	Concordant	« Hm, non. »	STRATEGIE D'EGALISATION Compte des points sur les chiffres
$8 + 5 + 6 = 12 + 6$	0'24"	« Bah... là, pareil. J'ai compté ça après j'ai fait ça plus quelque chose pour faire ça. »	Balaie au-dessus de 8 + 5 + 6. Pointe son résultat.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE D'EGALISATION
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'30"	« Bah pareil j'ai fait... heu non. Là, ça faisait 17. Après j'ai fait ça + heu + 10 et ça faisait 17. »	Entoure 2 + 8 + 7. Pointe le 7 à D. Pointe son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE D'EGALISATION A l'impression qu'a fait différemment car n'a pas eu à tâtonner pour trouver résultat
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'17"	« Bah pareil, ça faisait 19. J'ai fait 9 + 10. »	Entoure 9 + 7 + 3. Pointe le 9 à D. Pointe son résultat.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE D'EGALISATION
$4 + 3 + 9 = 8 + 8$	0'18"	« Bah ça ça faisait 16 et j'ai fait 8... 8 + 8, 16. Donc voilà. »	Pointe de loin vers la D.	Concordant	« Non. »	STRATEGIE D'EGALISATION
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 17$	2'18"	« Bah, c'est que au début heu j'trouvais pas. Du coup j'ai mis du temps. Et après j'ai mis un peu bah, au hasard. » <i>Et alors au hasard, pourquoi tu as mis 17 ? Tu aurais pu mettre plein de nombres.</i> « Bah, parce que j'étais rendue à 14 x 5 et bah c'était pas loin de 80 (parce que ça ça fait 80). Et du coup bah j'ai mis 17 comme ça pour heu voilà. » <i>Pour te rapprocher de 80 ? Là tu t'es dit, ça fait 80. Faut que là, ça fasse à peu près 80.</i> « Hm. »	Entoure 5 x 2 x 8.	Concordant	« Hm... non. »	STRATEGIE D'EGALISATION Laisser tps ! Ce n'est pas parce que l'enfant ne dit ni ne fait rien qu'il ne réfléchit pas. (erreur de calcul, pas allée au bout de son tâtonnement)

SUJET 8 : Chloé

PRE-TEST : 11/12/2015					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 14$	0'13" (dont con-signé)	« Ben vu que là, on avait le 2. Eh ben j'ai additionné le reste. Vu qu'on pouvait mettre une proposition, j'ai additionné les deux qui restaient. Et j'ai vu que ça faisait 14. »	Pointe le 2 à G. Pointe le 5 et le 9 (une main pour chaque). Pointe le résultat. Pointe le 5 et le 9 (une main pour chaque). Balaie sous le 5 + 9. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'4"	« J'ai fait exactement pareil tout le temps. Donc là, y'avait le 7, j'ai additionné le 4 et le 2. Et après ça m'a donné 6. »	Pointe les deux 7 (une main pour chaque). Pointe le 4, le 2. Balaie sous le 4 + 2. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'3"	« Là, vu qu'y avait le 9, j'ai pris les deux chiffres qui restaient. J'ai additionné et ça donnait 10. »	Pointe les deux 9 (une main pour chaque). Pointe le 6 (amorce d'un 2° doigt pour pointer le 4 en même temps). Balaie sous le 4 + 6.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$7 + 6 + 5 = 13 + 5$	0'4"	« Heu là, y'avait le 5. Et fallait trouver une solution donc j'ai additionné les deux chiffres qui restaient. »	Pointe les deux 5 (une main pour chaque). Pointe le 7. Balaie sous le 7 + 6.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'7"	« Toujours pareil, j'ai additionné les deux qui restaient. Donc y'avait le 3 »	Pointe le 8, le 6, le 3 à D, le 3 à G.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'4"	« Vu qui restait le 9, j'ai additionné les deux qui restaient. »	Pointe le 9 à G. Pointe vers le 3.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

ENTRAINEMENT : 08/01/2016					
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'06"	« Bah, j'ai pris les... j'ai additionné les deux qu'y avait donc j'ai fait 8 et j'ai rajouté 4 donc le 3 il était déjà dans le, dans l'opération, bah l'opération de la fin entre guillemets. Donc 8 et j'ai rajouté 4 et donc ça fait 12. »	Pointe le 4 et le 8 à G. (deux doigts en fourche). Lève cinq doigts sur la main G et trois sur la D. Pointe le 3 à D. Balaie sous les chiffres de D. Lève cinq doigts sur la main G, trois sur la D. Lève deux doigts de plus à D et deux doigts sur la main G.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'06"	« Bah j'ai pris 5, la plus grande heu, le plus grand nombre et j'ai rajouté 2 quoi, comme ça. » <i>Et qu'est-ce que tu as fait du reste ?</i> « Et le 9, vu qu'il a été reporté là, j'l'ai laissé... j'ai juste additionné les deux chiffres qu'étaient heu... qu'on devait associer. »	Pointe le 5 et le 2 à G. (deux doigts en fourche). Lève cinq doigts de la main G. Lève deux doigts de la main D. Pointe le 9 à G, le 9 à D. Pointe le trou. Pointe le 5 et le 2.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	0'04"	« J'ai laissé le 9 comme il était. Et j'ai additionné les deux. 8 et j'ai ajouté 4. »	Pointe le 9 à G, le 9 à D. Pointe le 8 à G. Lève cinq doigts de la main G et trois de la D. Lève deux doigts de plus à D et replie deux doigts sur la main G.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Ici, replie doigts ouverts pour les additionner.
$2 + 6 + 7 = 2 + 13$	0'04"	« Heu j'ai fait 6 + 6 et j'ai rajouté 1. Donc 6 + 6 et 1, 7. Enfin... » <i>Tu as fais dans ta tête 6 + 6 + 1 ?</i> « Oui. »	Pointe le 6, pointe le 7. Lève cinq doigts de la main G et un de la D. Mouvement bref des mains dans cette posture. Lève un doigt supplémentaire à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 7 = 10 + 7$	0'04"	« Bah 6 + 4 et vu que les deux bah on sait qu'ça fait 10. Bah j'ai fait 6 et j'ai rajouté 4. ça fait... 10. »	Pointe le 7 à G. Pointe le 6 et le 4 (deux doigts en fourche). Lève cinq doigts de la main G et un de la D. Lève quatre doigts supplémentaires à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'03"	« Exactement pareil. J'ai pris 7 et j'ai rajouté 3. ça fait 10. » <i>Et ce qui restait ?</i> « Bah, ça a été reporté donc je l'ai pas utilisé. »	Lève cinq doigts à G, deux à D. Lève trois doigts supplémentaires à D. Pointe le 8 à G, le 8 à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

POST-TEST 1 : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'05"	« C'est pas le même que toute à l'heure ? <i>C'est le 1° que tu as fait.</i> « Ah. Donc, j'ai fait 6 + 6. ça fait 12. Et vu que y'en a 1 de plus, j'ai rajouté 1 donc ça fait 13... Bah non ! Je sais plus ce que j'ai fait... Ah mais oui, parce que c'est 7. Et donc j'ai pris le 6 et j'ai rajouté 3. Donc heu bah, 6 + 3. ça fait 9. »	Pointe le 6 à G. Pointe le 7 à G. Pointe les deux 7. Pointe le 6 à G. Pointe le 3 à G. Pointe le 6 à G. Lève cinq doigts à G, un à D. Lève trois doigts de plus à D.	Concordant	« Heu... je sais pas. J'pense pas. Si p't'être mais j'la connais pas. »	STRAT. DE GRPMT confusion avec équation p.10
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'03"	« J'ai pris le plus grand chiffre de départ. Et j'ai rajouté 4. 1, 2, 3, 4. ça fait 13. »	Lève cinq doigts à G, un à D et quatre à D. Bouge le 5° doigt à D, puis le 1°, 2°, 3° doigt à G.	Concordant	« Hm... Je sais pas, j'pense pas. »	STRAT. DE GRPMT
$5 + 8 + 6 = 13 + 6$	0'07"	« Vu qu'le 6 il a été reporté sur le, le résultat, j'ai pris 8, et j'ai rajouté 5. Donc heu, ça fait 13. »	Pointe le 6 à G et à D. Pointe le 8 à G. Lève cinq doigts à G et 3 à D. Bouge les deux doigts restants sur la main D et trois sur la main G.	Concordant	« Bah, on pouvait faire 5 + 5. Et vu que après il restait 3 au résultat on a rajouté 3, on a rajouté 3 au résultat. »	STRAT. DE GRPMT
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'04"	« Là, y'avait le 3 qu'a été reporté et donc on a fait 9 + 2. Et donc bah, ça faisait 11. »	Pointe les deux 3. Pointe le 9 et le 2. Pointe son résultat.	Concordant	« Bah, on aurait pu faire 9 + 1 et vu qu'il restait 1 on aurait fait 9, 10 + 1, 11. »	STRAT. DE GRPMT
$4 + 6 + 3 = 4 + 9$	0'05"	« Vu que le 4 il était sur le résultat, j'ai fait... bah vu que 6 + 4, ça fait 10, et vu que... bah j'ai enlevé 1, ça fait 9. »	Pointe les deux 4. Pointe le 6 et le 3. » Geste de « retrait » avec la main droite.	Concordant	« Bah, prendre 6 et ajouter 3. »	STRAT. DE GRPMT
$8 + 9 + 5 = 17 + 5$	0'04"	« Là, c'était le 5 qu'y avait déjà donc j'ai fait 8 + 8, ça fait 16. Et j'ai rajouté 1, donc heu 17. »	Pointe les deux 5. Pointe le 8 à G. Pointe le 9 à G.	Concordant	« Bah directement 8 + 9. »	STRAT. DE GRPMT

GENERALISATION : 08/01/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'explicat ^o	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 10$	0'18"	« Ben j'ai pris... vu que y'avait 8, j'ai pris... ben, j'ai pris 1 au 2. Donc y restait 1. Et là ça faisait 8, donc 1 + 9, ça fait 10. »	Pointe le 7 à G. Pointe le 8 à D. Pointe le 2 à G. Pointe le 7 à G. Pointe le 2 à G. Pointe le 7 à G. Pointe le 2, le 9. Pointe son résultat.	Concordant	« Hm. Bah, on aurait pu faire 9 - 1. Donc on aurait rajouté 1 là (pointe le 2). Et on aurait pu faire 7 + 3. »	STRATEGIE DE GRPMT Tps de résolution +long car doit adapter stratégie de « grouper »
$5 + 6 + 8 = 7 + 12$	0'08"	« J'ai enlevé 1. Donc là, ça fait 7. Et donc 4 + 8, 12. »	Pointe le 5, le 6. Pointe le 5, le 8.	Concordant	« Pareil. Enlever 1 (pointe le 8) et le rajouter là donc heu 7 + 5. »	STRATEGIE DE GRPMT
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 12$	0'04"	« Ben heu là, vu que le chiffre il était déjà au résultat, j'ai fait 4 x 3, 12. »	Pointe le 2 à G. Pointe le 2 à D. Pointe le 4, le 3, son résultat.	Concordant	« Heu, j'pense, non. »	STRATEGIE DE GRPMT
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'04"	« J'ai fait heu 8 x 2 et vu que le 5 il était déjà dans le résultat bah j'ai pas eu besoin de le calculer. »	Pointe le 8, le 2. Pointe le 5 à G, à D.	Concordant	« Heu... non. Non, j'pense pas. »	STRATEGIE DE GRPMT
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'01"	« Incorrecte. Parce que bah la somme des deux, ça fait pas 13. »				
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'03"	« Oui. Parce que c'est exactement la même égalité que là. »				

POST-TEST 2 : 26/02/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel ^o types d'explicat ^o	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'05"	« Heu, là vu qu'y'avait déjà l'3, j'ai additionné le 9 et le 5. Donc ça faisait 14. » « Vu que le 3 il était déjà dans le résultat, j'ai additionné juste ceux qui y'avait pas. »	Pointe les 3 (G et D). Pointe le 9, le 5, à G. Pointe son résultat.	Concordant	« N... Non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 5 + 6 = 13 + 6$	0'05"	« Vu que le 6 était d'jà dans la réponse, j'ai pris le 8 et le 5 et j'ai additionné donc ça a fait 13. »	Pointe les 6 (G et D). Pointe le 5, le 8 à G. Pointe son résultat.	Concordant	« ... non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'03"	« J'ai additionné le 2 et le 8 vu qu'il était déjà dans le résultat. Et 8 +... 'fin le 2 et 8, ça faisait 10. »	Pointe le 2, le 8 à G. Pointe le 7 à D, à G.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'04"	« Vu que le 9 il était d'jà là, j'ai... additionné les deux autres et ça faisait 10. »	Pointe le 9 à G. Entoure 7 + 3. Pointe son résultat.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 3 + 9 = 8 + 8$	0'06"	« J'ai fait 9 - 1. Donc j'ai ajouté au 3 et 4 + 4, ça fait 8. »	Pointe le 9 à G. Le relie au 3 à G. Pointe le 4 à G, le 3. Pointe son résultat.	Concordant	« Heu... Non. Ah bah si on aurait pu ajouter 3 et enlever 8. » Faire 4 + 3 + 9, et on enlève 8. ADDITION-SOUSTRACTION	STRATEGIE DE GROUPEMENT Adapte la stratégie précédente pour pouvoir continuer de l'utiliser (accommodation?) Puis trouve autre strat. pour cette autre forme d'équation
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'11"	« heu bah, j'ai addit... j'ai multiplié le 2 x 8. Et ça faisait 16 parce que heu... parce que 2 x... heu parce que ça rend la même chose heu des deux côtés. » <i>Qu'est-ce qui rend la même chose ?</i> « Bah 5 x 2 x 8 donne la même chose que 5 x 16. »	Pointe le 2 à G. Pointe le 8 à G. Entoure 2 x 8. Pointe le 5 à G. Pointe du 5 au 7 à G. Pointe vaguement à D du = et à G du =. Pointe 5, 2, 8 à G. Pointe 5, 16, à D.	Concordant	« ... Je sais pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT / EGALISATION Autre type d'opération (x) lui fait formuler différemment son explication (équivalence plus clairement exprimée). Mais pas évocation de la stratégie que vient de trouver (ADD°SOUS°)

SUJET 9 : Jeanne

PRE-TEST : 19/12/2015					
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 18$	NC	« 9 + 5 + 2 + 2 »	NC (refus vidéo)	-	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$7 + 4 + 2 = 7 + 19$	NC	« 7 + 7 + 4 + 2 »	NC (refus vidéo)	-	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$4 + 6 + 9 = 28 + 9$	NC	« 9 + 9 + 6 + 4 »	NC (refus vidéo)	-	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$7 + 6 + 5 = 23 + 5$	NC	« 5 + 5 + 6 + 7 »	NC (refus vidéo)	-	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$3 + 6 + 8 = 3 + 20$	NC	« 8 + 6 + 3 + 3 »	NC (refus vidéo)	-	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES
$3 + 7 + 9 = 28 + 9$	NC	« 9 + 9 + 7 + 3 »	NC (refus vidéo)	-	STRATEGIE D'ADDITION DE TOUS LES NOMBRES

ENTRAINEMENT : 09/01/2016					
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 18$	0'14"	« ... 8 + 4 + 3 + 3. »	Pointe le 8, le 4. Lève cinq doigts à G, 3 à D. Pointe le 3 à D, le 3 à G.	Concordant	STRATEGIE D'ADDITIONNER TOUS LES NB Compte sur ses doigts sous la table ?
$9 + 5 + 2 = 9 + 25$	0'10"	« 9 + 9 + 5 + 2. »	Pointe de loin le 9 à G et à D.	-	STRATEGIE D'ADDITIONNER TOUS LES NB
$8 + 4 + 9 = 30 + 9$	0'17"	« 9... + 8 + 9 + 4. »	Lève cinq doigts à G, 4 à D. Retourne ses deux mains, 5 doigts levés à G, 3 à D. Mouvements flous des mains.	Concordant mais partiel	STRATEGIE D'ADDITIONNER TOUS LES NB
$2 + 6 + 7 = 2 + 17$	0'10"	« + 7 + 6 + 2 + 2 »	Lève cinq doigts à G, deux à D. Replie un des deux doigts levés à D.	Concordant mais partiel	STRATEGIE D'ADDITIONNER TOUS LES NB Commence par + >> quel sens donne à ce mot ? Gestes ne vont pas jusqu'au bout des mots.
$4 + 6 + 7 = 23 + 7$	0'15"	« 7 + 7 + 6 + 4. »	Lève cinq doigts à G, deux à D. Replie les doigts à D pour ne garder que le pouce levé.	Concordant mais partiel	STRATEGIE D'ADDITIONNER TOUS LES NB
$3 + 7 + 8 = 26 + 8$	0'13"	« 8 + 8 + 7 + 3. »	Lève cinq doigts à G, trois puis seulement deux à D.	Concordant mais partiel	STRATEGIE D'ADDITIONNER TOUS LES NB

POST-TEST 1 : 09/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 23 + 7$	0'14"	« 7 + 7 + 6 + 3. »	Lève cinq doigts sur la main G, deux sur la D. Referme les doigts. Lève cinq doigts sur la main G, deux sur la D. Referme les doigts de la main D pour ne garder que le pouce levé.	Concordant mais partiel	« ... je sais pas. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$8 + 4 + 9 = 8 + 29$	0'14"	« 9 + 8 + 4 + 8. »	Lève les cinq doigts de la main G, quatre doigts de la main D touchent la paume de la main G. Ecarte la main D et baisse un doigt. Relève un doigt de la main D. Baisse ce doigt et rapproche la main D de la G.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$5 + 8 + 6 = 25 + 6$	0'16"	« 8 + 6 + 6 + 5. »	-	-	« Non. »	TOUS LES NB
$3 + 2 + 9 = 3 + 17$	0'11"	« 9 + 3 + 3 + 2. »	-	-	« Non. »	TOUS LES NB
$4 + 6 + 3 = 4 + 17$	0'11"	« 6 + 4 + 4 + 3. »	-	-	« Non. »	TOUS LES NB
$8 + 9 + 5 = 27 + 5$	0'14"	« 9 + 8 + 5 + 5. »	-	-	« Heu, oui. 9 + 8. et comme 5 + 5 ça fait 10... »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB

GENERALISATION : 09/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explic°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 26$	0'15"	« 9 + 7, ça fait... 16. Donc heu... + 2, ça fait 17. + 8... 25. Heu, 26. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE TOUT ADDITIONNER
$5 + 6 + 8 = 7 + 26$	0'15"	« 8 + 5, ça fait... 13. + 6, ça fait... 19. + 7, ça fait... 26. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE TOUT ADDITIONNER
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 21$	0'49"	« 4 x 3, ça fait... ça fait 12. + 2 x 2, ça fait... Je sais pas. » <i>Tu sais plus comment tu as fait ?</i> « Non. »	-	-	« Faire une addition. + tout ça (souligne tous les chiffres) en fois. Bah, faire tout ça mais en tableau et à côté on met fois. Et on doit tout calculer en fois. »	STRATEGIE IDIO. sourit qd voit que multiplications peu importe le signe, on peut faire le calcul qu'on veut >> pose $43 \times 2 = 86$ (2×3 et 2×4)
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 22$	0'47"	« 8 x 2. Et 5 + 5, ça fait 10. Donc heu... »	-	-	Pose 85×2 mais est bloquée par la retenue	STRATEGIE IDIO. sous-articule ses calculs pendant la résolution
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'07"	« 16. » <i>Donc 13, ce serait pas une bonne réponse. Pourquoi ?</i> « Parce que 6 + 4, 10, + 3 + 3... ça fait 16. »				
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'03"	« Non. Parce que 6 + 4, ça fait 10. + 3 + 3, ça fait 16. » <i>Donc là, ça peut pas faire 10 du coup ?</i> « Non. »				

POST-TEST 2 : 27/02/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explic°	Autre(s) stratégie(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 20$	0'05"	« 9 + 5 + 3 + 3... Et 3 + 3, ça fait 6 donc du coup j'ai juste calculé 9 + 5. »	Pointe le 9, le 5, le 3 à G, le 3 à D. Pointe le 3 à G, à D. Pointe le 9, le 5.	Concordant	« Heu, non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB Calcule en comptant du plus grand au plus petit nombre.
$8 + 5 + 6 = 25 + 6$	0'16"	« 6 + 6, non, 8 + 6 + 6 + 5. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$2 + 8 + 7 = 24 + 7$	0'17"	« 8 + 7 + 7 + 2. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$9 + 7 + 3 = 9 + 28$	0'17"	« 9 +, heu 9 + 9 + 7 + 3. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$4 + 3 + 9 = 8 + 23$	0'19"	« 9 + 8 + 4 + 3 »	-	-	« Non. »	STRATEGIE ADDITIONNER TOUS LES NB
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 35$	0'54"	« 5 x 2 ça fait... 10. + 8 x 5 ça fait... Je sais plus... Bah, je sais plus combien ça faisait 8 x 5. » <i>Tu as fais 5 x 2, et ensuite 8 x 5 et tu as additionné les deux ?</i> « Oui. »	-	-	« Non. »	STRATEGIE IDIO-SYNCRATIQUE

SUJET 10 : Alexia

PRE-TEST : 19/12/2015					
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 14$	0'29" (dont consigne)	« Ben en fait, j'ai fait $9 + 5 + 2$. Et ensuite, j'ai... ça m'a donné... 16. Et après j'ai fait $16 - 2$, ça fait 14. »	-	-	STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION (peut-être recompte-t-elle sur ses doigts sous la table ?)
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'15"	« Ensuite, pareil, j'ai fait $7 + 4 + 2$ en fait. ça fait 13. Et après j'ai fait $13 - 7$ et ça faisait 6. »	-	-	STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION Compte sur ses doigts
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'20"	« Bah pareil, j'ai fait $9 + 6 + 4$. ça faisait 19. Et après bah c'était simple parce que $19 - 9$ ça fait 10. »	-	-	STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION
$7 + 6 + 5 = 13 + 5$	0'19"	« Bah c'est pareil. $7 + 6 + 5$. Et ensuite bah j'ai fait le nombre - 5. Heu non j'ai fait... oui, c'est ça, le nombre - 5. »	-	-	STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'21"	« Et après j'ai fait $8 + 6 + 3$. Et j'ai fait, heu, $17 - 3$. »	-	-	STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'13"	« $9 + 7 + 3$. Et ça faisait 19 aussi donc après j'ai mis 10. »	-	-	STRATEGIE D'EGALISATION (qd résultat évident sans faire la soustraction)

ENTRAINEMENT : 09/01/2016					
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'41"	« Alors en fait, j'ai fait 8, et pour compter 4 en fait, j'ai fait 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Donc, ça me, donc 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. ça faisait 15. Et après, j'ai fait $15 - 3$, heu en faisant avec mes mains et ensuite j'ai trouvé 12. »	Pointe le 8. Pointe le 4, dans ses quatre « angles ». Pointe trois points sur le 3. Pointe le 8, quatre fois sur le 4, trois fois sur le 3. Pointe son résultat.	Concordant	sous-articule calcul STRATEGIE ADDITIONNER ET SOUS-TRAIRE Utilise doigts ~naturellement sur dem. alors que pas du tout sinon.
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'36"	« Alors ensuite j'ai fait 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16. Et ensuite j'ai essayé de faire 16-9. Et, j'ai trouvé 7. Avec mes mains aussi. » <i>Comment tu faisais 16-9 avec tes mains ?</i> « Bah en fait, je faisais, 16-9 donc, ça me fait 10. Ensuite là, ça me fait 1. En fait bah j'enlève 9. Après je compte 6 dans ma tête. Parce qu'en fait c'est 10, et après 6. Et après 7. Je rajoute 7. Et ça faisait, heu 7. »	Pointe le 9. Pointe cinq fois le 5. Pointe deux fois le 2. Ouvre les dix doigts des deux mains. Touche son auriculaire G. Replie les neuf autres doigts. Auriculaire G levé et ouvre les cinq doigts de la main D.	Concordant	STRATEGIE ADDITIONNER ET SOUS-TRAIRE compte les « points » sur les chiffres (comme sur un dé), compte sur ses doigts. Procédure longue mais sait précisément où elle en est (≠ Jade)
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	1'04"	« En fait, j'ai fait $9 + 8$. ça fait... avec mes mains. + 4, 1, 2, 3, 4, ça faisait 12. Enfin, ça faisait heu, ça faisait 21. Et bah là, j'ai, en fait, j'ai fait 9. ça m'a fait 1. En fait je savais qu'y avait 10 qu'avait 11 derrière. Ensuite, j'ai fait + 1, ça faisait 12 et après, j'ai fait + 9. »	Ouvre quatre doigt sur la main G et cinq sur la D. Les replie pour ne garder que le pouce G levé. Envoie son pouce D levé vers l'arrière.	Concordant	STRATEGIE ADDITIONNER ET SOUS-TRAIRE Complicé ++, A. voit que je n'ai pas vraiment compris. (!\ être vrai !!)
$2 + 6 + 7 = 2 + 13$	0'28"	« Bah, ensuite, j'ai fait 6, enfin $7 + 6$, + 2. ça faisait, heu, 15 Et après bah pareil, j'ai fait heu $15 - 2$, ça faisait 13. »	-		STRATEGIE ADDITIONNER ET SOUS-TRAIRE
$4 + 6 + 7 = 10 + 7$	0'18"	« Alors ici, j'ai fait $6 + 7$, donc pareil j'ai, bah non là j'ai pas calculé avec mes mains puisque 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 12, 13, 14, 15, 16. Et ensuite, j'ai fait... ah, c'est 7. Bah, j'ai cru que c'était 17 donc après bah c'était simple parce qu'il restait 7 donc faut mettre 10 après. Mais j'ai pas calculé avec mes mains. »	Pointe le 7 à G puis le 6. Pointe le 7 et pointe six fois sur le 6. Pointe quatre fois sur le 4.	Concordant	STRATEGIE EGALISATION
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'18"	« Et là pareil donc $8 + 7 + 3$ ça faisait 18 et là j'avais pas besoin de calculer, je mettais juste un 10 et c'était bon. »	-		STRATEGIE EGALISATION compte sur ses doigts

POST-TEST 1 : 09/01/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel*typexp	Autre(s) stratégie(s) envisagé(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'31"	« Heu, donc là j'ai fait $7 + 6 + 3$, donc, pareil, soit c'était avec les doigts, soit c'était heu comme ça. Et en fait, je savais que, bah après, je savais que $7 + 7$, ça faisait 14. Ben, heu... Je savais que, ben non, en fait, j'ai fait normalement. » <i>C'est-à-dire normalement ?</i> « Ben en fait j'ai calculé, ça faisait... 16. Et j'ai fait $16 - 7$. Et bah en fait, $16 - 7$, c'est 10 et 6. Donc en fait, j'ai pris les 10 doigts de ma main, j'ai enlevé 7, ça faisait 3, + les 6 que j'avais laissés de côté et 6, 7, 8, 9, ça faisait 9. »	Souligne sous $7 + 6 + 3$ à G. Compte des points sur le 3. Comptes des points sur 7, 6 et 3 à G. Souligne sous $7 + 6 + 3$ à G. Pointe le 7 à D, pointe le trou. Ouvre ses 10 doigts. Ferme la main D et baisse 2 doigts sur la main G. Pointe les 3 doigts levés de sa main G. Pointe un espace à D. Compte sur les 3 doigts levés.	Concordant	« Oui. Bah, 16 est égal à $8 + 8$. Donc j'aurais pu faire 7 (pointe le 7 à D), 8, 9, pour ajouter 2 autres nombres parce que $8 + 8$ ça fait 16. Et après on rajoute 2 points au... pour qu'on nous donne 9 pour ensuite pouvoir faire 16, enfin... Mais j'me suis rendue compte après. » (stratégie d'égalisation)	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACT^o compte sur doigts + compte points imaginaires + sous-articule /!\ Expérimentateur donne une autre stratégie en reformulant ! (« tu as essayé d'avoir la même chose ici », au lieu de « tu as soustrait ça »)
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'38"	« Ben 9... ça faisait 21. Et, là pareil en fait, j'ai, j'ai laissé heu 11 de côté. J'ai mis les 10 doigts de ma main. J'ai fait heu - 8. ça faisait 2. + les 11. 11, 12, 13. ça faisait 13. »	Pointe le 9 à G. Compte sur ses doigts sous la table. Compte des points sur le 4. Balaie un espace à D. Ouvre ses 10 doigts. Abaisse index et majeur à G et pointe auriculaire et annulaire de la main D. Pointe un espace à D. Compte sur les 2 doigts levés à G.	Concordant	« Hm... non, j'en pense pas. »	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACT^o
$5 + 8 + 6 = 13 + 6$	0'29"	« Bah, pareil. $8 + 6$... ça faisait 14... ça faisait 19. J'ai fait $19 - 6$. J'ai laissé 9 de côté, j'ai mis 10 avec mes mains. J'en ai enlevé 6. ça fait 4. + 9. 10, 11, 12, 13. Et j'ai trouvé 13. »	Compte des points sur le 5. Balaie l'espace vers la D. Ouvre ses 10 doigts. Rentre son pouce à G. Et montre les 4 doigts restant avec sa main D. Pointe vers le D. Compte sur son poing G fermé.	Concordant	« hm... non. »	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACT^o vérifie /!\ Re-mauvaise reformulation de l'expérimentateur...
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'25"	« Heu... bah 9. 10, 11, 12, 13, 14. Donc, là, j'ai fait $14 - 3$. $4 - 3$... ça m'a donné 1. Et avec le 1, ça faisait 11. 10 »	Pointe le 9 à G. Compte des points sur le 2 puis sur le 3 à G. Pointe le trou.	Concordant	« ... Bah, 14 c'est égal à $7 + 7$. Donc après j'aurais pu faire 3, donc j'aurais pu faire $7 - 3$, ça aurait fait 4. Et après $4 + 7$... Ouais, j'aurais trouvé 11 aussi. »	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACT^o Dit « le 1 » pour « 10 » puis se reprend.
$4 + 6 + 3 = 4 + 11$ (puis s'auto-corrige à l'oral)	0'25"	« J'ai fait : 6. 7, 8, 9. 10, 11, 12, 13. Et, là, j'ai fait $4 - 13$... Et là, j'me suis trompée parce que ça fait 15. $4 - 13$... ça faisait 9. »	Pointe le 6. Compte des points sur le 3, puis sur le 4.	Concordant	« Heu... non... Non. »	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACT^o Erreur dans l'ordre de l'opération énoncée (mais pas dans son calcul).
$8 + 9 + 5 = 17 + 5$	0'30"	« Heu, j'ai fait $9 + 8$. ça fait 17. Et 5... Ah oui ! Là, j'aurais pu remarquer qu'était 5. Et ici, j'aurais pu remarquer que là ça faisait 17. Donc, j'aurais pu mettre 17 là. En fait, j'ai pas regardé bien et j'ai calculé comme je fais bah, j'ai fait... j'ai additionné tout ça et j'ai fait... j'ai fait 22 - quelque chose, - 5. Et en fait, j'aurais pu facilement regarder heu qu'y avait un 17 heu... qu'y avait là... »	Compte sur ses doigts sous la table. Compte des points sur le 5 à G. Entoure le 5 à G et le 5 à D. Entoure $8 + 9$ à G. Entoure le résultat. Entoure $8 + 9 + 5$ à G. Pointe les deux 5. Entoure le résultat.	Concordant	Stratégie de « grouper » apparaît sans que je pose la question. STRATEGIE DE GROUPEMENT	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACT^o Nouvelle stratégie apparaît mais à force de poser toujours la même question (pas grâce aux gestes). A MONTRER EN SOUTENANCE

GENERALISATION : 09/01/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'expl°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 10$	0'12"	« Bah là ça faisait, tout ça ça faisait 18. Et donc après tout simplement bah, 18 ça sert à rien de le compter donc y'a juste à mettre un 10, et 18 après. »	Entoure 7 + 2 + 9 à G. Pointe le résultat. Pointe le 8 à D.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE D'EGALISATION Dommage nouveau pb proposé ne lui permet d'exploiter stratégie que vient de trouver >> en séance, le permettre !
$5 + 6 + 8 = 7 + 12$	0'25"	« Heu... bah, j'ai calculé... 14... 19. 19 et après j'ai laissé le 9 d'un côté. Ensuite j'ai fait 10. - 7. ça faisait... ça faisait 3. + 9. ça faisait 12. »	Pointe le 8 à G. Compte des points sur le 5. Main D vers la D. Regarde ses mains sous la table.	Concordant	« ... Non. »	STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 12$	0'26"	« Heu, ben, là, j'ai fait : 4 x 3, ça faisait 12. Et au début, j'ai essayé de calculer 12 x 2 mais après quand j'ai regardé là, x 2, j'ai vu 2 x alors j'me suis dit là, y'avait déjà un 2 x donc ça sert à rien de calculer donc j'ai mis 12. ça faisait pareil en fait. »	Pointe le 2 à G. Pointe le 2 à D. Pointe le 4 x 3 à G. Pointe le 2 à G. Pointe son résultat. Pointe le 2 à G, à D.	Concordant	« Bah oui, on pouvait faire 4 x 3, et ensuite, x 2. Mais c'aurait été plus compliqué. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT nouvelle stratégie opérante ! (repère stratégie la plus optimale) Calculs plus faciles avec multiplications (car appris par cœur ?)
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'23"	« Heu, j'ai fait ... 8 x 2. 8 x 2, ça faisait... 16. Et bah pareil, j'ai vu le 5, le 5. Bah, j'ai mis juste 16 pour que ce soit pareil. »	Entoure le 5 à D, le 5 à G. Pointe son résultat. Pointe le 5 à G, à D.	Concordant	« Oui, on pouvait faire 2 x 8, x 5. Mais c'aurait été, pareil, plus compliqué. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 3 = 13 + 3 ?$	0'09"	« ... Oui, ce serait correct. Non, incorrect parce que tout ça ça fait 13. Donc 13 + 3, ça ferait 16 donc c'est pas possible. »	Entoure les chiffres à G. Pointe le 3 à D.	Concordant		
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3 ?$	0'01"	« Ce serait correct. Parce que là y'a un 3, là y'a 4 + 6 donc ça aurait fait exactement pareil des deux côtés. Donc c'aurait été bon. »	Entoure 4 + 6 à G. Pointe le 3 à G, le 3 à D. Entoure 4 + 6 à G. Pointe l'ensemble des chiffres à G du = puis à D.	Concordant		

POST-TEST 2 : 27/02/2016						
Equation	Tps résolu°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicit°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'19"	« ben en fait comme j'ai vu qu'y'avait 3, après j'ai fait 9 + 5, ça faisait 14. Et comme y'avait d'jà 3 bah... ça faisait en fait comme là. Donc après, ça fait 14. »	Pointe le 3 à D, à G. Pointe le 9, le 5 à G. Pointe son résultat. Pointe le 3 à G, à D. Relie le 3 à G et à D.	Concordant	« Hm... On aurait pu prendre les 3 du 5 et après prendre les 2 (pointe le 5) et les additionner avec heu (pointe le 3 à G) donc en fait ça aurait fait 2 + 3 + 9, mais ça aurait été plus compliqué. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Gestes précis ++. Diction précise ++. Décompose nombre en plus petits nombres qui le composent.
$8 + 5 + 6 = 13 + 6$	0'09"	« Heu bah pareil, j'ai vu le 6. Et puis j'ai fait 8 + 5, ça faisait 13. »	Pointe le 6 à D, à G. Pointe le 8, le 5.	Concordant	« Oui. On pouvait faire heu, prendre 6 dans 8. Donc ça ferait 6 et il nous resterait 2 et on ajouterait 2 avec le 5 et le 6. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'07"	« Hm, bah pareil. J'ai vu le 7. Et puis j'ai fait 8 + 2. »	Pointe le 7 à G, à D. Pointe le 8, le 2.	Concordant	« On aurait pu prendre dans 8, 7. On en retenait 1 et 7 + 2 + 1. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'08"	« Pareil. J'ai retrouvé le 9, y'avait le 9. J'ai fait 7 + 3, ça faisait 10. »	Pointe le 9 à G, à D. Pointe le 7, le +, le 3.	Concordant	« On aurait pu faire 7 + 2. Dans 2 on aurait enlevé, on aurait gardé 2. Et on aurait eu 1. Donc 7 + 2, ça fait 9 (qu'on retrouve ici - à D). Puis après on aurait fait 9 + 1. ça aurait fait 10. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 3 + 9 = 8 + 8$	0'15"	« Alors là... Ah oui, c'est vrai. J'ai additionné 4 + 3, pour trouver le 8 ici. Et ça faisait 7. Donc j'ai pris... donc ensuite j'ai fait 9 - 1 pour ensuite bah, c'est ce qui manquait. ça faisait 7 donc + 1 ça aurait fait 8. Donc, j'ai enlevé le 1 du 9, ça a fait 8. Et puis 9 - 1, ça fait 8. »	Pointe le 4, le 3 à G. Pointe le 8 à D. Pointe le 4, le 3. Pointe le 9. Pointe 4 + 3. Entoure 4 + 3. Pointe la retenue virtuelle sous 9. Pointe le 9. Pointe le 3. Pointe le 9.	Concordant	« Hm... non j' pense pas. »	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 10$	0'13"	« Ici bah c'était pareil j'ai fait 5. J'ai retrouvé 5 ici. Puis j'ai fait 8 + 2. ça faisait 10... J'me suis trompée. » 8 + 2 ? « Hm. »	Pointe le 5 à G. Pointe le 5 à D. Pointe le 8, le 2 à D.	Concordant	« ... Ah... 10 x 8... Ah non, ça, ça donne pas le même résultat. Parce qu'en fait 9, heu 5 x 2 ça fait 10. x 8, 10 x 8 ça fait 80. Et là (à D) ça fait 50. » <i>Alors comment tu ferais ?</i> « En sachant que ça fait 80 là, 5 x quelque chose = 80. » (sous-articule) « ... Non, je sais pas. » (écrit 5 / 80) « Non, mais je vois pas... » -EGALISATION	STRATEGIE IDIO-SYNCRATIQUE Pdt résolu° semble compter 8, 9, 10. (sur le 2) >> addition ? En cherchant autre stratégie, approche de la division mais ne voit pas comment s'en servir.... ?

SUJET 11 : Marion

PRE-TEST : 19/12/2015					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 14$	0'56" (dont con- signe)	« Bah j'ai fait... J'ai calculé tout ça. Et bah après j'ai trouvé... 16. Et bah là, fallait que je trouve le nombre... bah 2 + quelque chose pour que ça soit 16. Donc j'ai mis 14. »	Balaie sous les chiffres de G. Pointe le 2 à D, le +, entoure le 2+. Pointe le résultat, pointe le 2 à D. Geste vague en l'air. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'25"	« Bah là c'est pareil j'ai calculé heu tout ça. ça faisait heu... 13. Et après bah 7 + 6, ça fait 13. »	Balaie sous 2 + 4 + 7 à G. Entoure les chiffres à G. Pointe sous le résultat. Pointe le 7 à D. Pointe le résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'14"	« Donc là c'est pareil, j'ai calculé ça. ça fait... 19. Et donc là, 10 + 9 bah ça fait 19. »	Entoure 4 + 6 + 9. Balaie sous 4 + 6 + 9. Pointe le résultat. Pointe le 9 à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$7 + 6 + 5 = 13 + 5$	0'20"	« Là j'ai fait pareil. J'ai fait 7 + 6, ça fait... 13, + 5 heu 18. Et là, bah 13 + 5, ça fait 18. »	Balaie sous 7 + 6 + 5. Pointe le 5 à G. Pointe le 5 à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION Gestes ont-ils remarqué que le même chiffre des 2 côtés ?
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'22"	« Là j'ai fait 8, enfin j'ai calculé ça donc ça fait... 17. Et 3 + 14 ça fait 17. »	Balaie sous 3 + 6 + 8. Pointe le 8. Entoure 3 + 6 + 8. Balaie sous 3 + résultat.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'13"	« Donc là j'ai calculé ça aussi donc ça fait heu... 19. Heu oui19. Et donc 10 + 9, ça fait 19. »	Entoure 9 + 7 + 3. Pointe le 9 à G. Balaie sous le résultat + 9 à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION

ENTRAINEMENT : 09/01/2016					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'33"	« J'ai fait heu 8, + 4, + 3. Heu, est égal, heu... 15. Donc, du coup, j'ai fait 3 + 12 est égal 15. »	Pointe le 8, le 4, le 3 à G. Pointe le 3, le +, le trou à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION Pendant exercice, aucun signe extérieur de sa réflexion (ni doigts ni sous-art° -à vérifier-, même prise du crayon ne se fait que quand a calculé...)
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'12"	« Donc heu, j'ai fait 9, + 5, + 2... est égal heu... 16... heu, oui, 16. Et j'ai fait 9 + 7 = 16. »	Pointe le 9, le 5, le 2 à G. Pointe le 9, le +, le trou à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	0'34"	« J'ai fait heu, bah 9 et 9, ça fait 18, - 1, donc ça fait 17. + 4 heu, ça fait... 21. Et donc j'ai fait 9 + 12 = 21. »	Pointe le 9 à G. Pointe le 8. Pointe le 4. Souligne du 9 à D au trou.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$2 + 6 + 7 = 2 + 13$	0'16"	« Heu, j'ai fait 7 heu et 7, 14, - 1 donc ça fait 13. + 2, heu, 15. Donc j'ai fait heu, 2 + 13, est égal à 5, heu 15. »	Pointe le 7 (2x), le 6, le 2 à G. Pointe le 2 à D, le +, le trou.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$4 + 6 + 7 = 10 + 7$	0'36"	« Heu, j'ai fait 7 +, heu 7 et 7, 14, - 1, ça fait 13, + 4 heu... 17. Et là, 10 + 7 = 17. »	Pointe le 7 à G. Pointe le 6 Pointe le trou, le +, le 7 à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'12"	« Heu, j'ai fait 8 et 8, 16, - 1 heu 15, + 3, ça fait 18. Donc j'ai mis 10 + 8 = 18. »	Pointe le 8 à G, le 7, le 3. Pointe le trou, le +, le 8 à D.	Concordant	STRATEGIE D'EGALISATION

POST-TEST 1 : 09/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'44"	« Donc là, j'ai fait 7 et 7, 14 heu - 1, ça fait heu 13. + 3, ça fait heu...16. Donc j'ai fait, 9 + 7 est égal 16. »	Pointe le 7 à G. Pointe le 6. Pointe le 3. Pointe le trou, le 7 à D.	Concordant	« Heu... bah j'peux faire heu comme ça. Enfin j'fais 3 + 6 + 7 ou heu bah 7 + 3 + 6. »	STRATEGIE EGALISATION (pour nouvelle strat. inverse juste chiffres)
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'34"	« J'ai fait : 9 et 9, 18, - 1, donc ça fait... 17. + 4, 21. Donc j'ai fait 13 + 8 est égal 21. »	Pointe le 9 à G. Pointe le 8 à G. Pointe le 4 à G. Pointe le trou, le 8 à D.	Concordant	« Ben, là j'fais aussi une autre façon, 8 + 4 + 9 ou heu 9 + 4 + 8. Voilà. » Tu changes l'ordre ? « Oui. »	STRATEGIE EGALISATION
$5 + 8 + 6 = 13 + 6$	0'26"	« Donc là, j'ai fait 8 + 6. Donc ça fait... 14. + 5... 19. Donc, j'ai fait 13 + 6 est égal 19. »	Pointe le 8, le 6, à G. Pointe le 5 à G. Pointe le trou, le 6 à D.	Concordant	« Ben, je change l'ordre heu bah j'fais 6 + 5 + 8 ou heu 5 + 6 + 8... Dans un autre ordre. »	STRATEGIE EGALISATION vérifie son calcul
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'18"	« J'ai fait 9 + 3 + 2 heu est égal heu... 14. Donc là j'ai fait 3 + 11 est égal à 14. »	Pointe le 9, le 3, le 2 à G. Pointe le 3, le trou à D.	Concordant	« Heu bah 9 + 2 + 3 ou 3 + 2 + 9. »	STRATEGIE EGALISATION
$4 + 6 + 3 = 4 + 9$	0'17"	« J'ai fait 6 + 4 + 3 est égal heu... 13. J'ai fait 9 + 4 est égal 13. »	Pointe le 6, le 4 à G. Pointe le trou, le 4 à D.	Concordant	« Oui, donc on pouvait faire dans un autre ordre aussi, bah 6 + 3 + 4, ou 4 + 3 + 6. »	STRATEGIE EGALISATION se réapproprie ++ ma reformulation
$8 + 9 + 5 = 17 + 5$	0'22"	« Heu j'ai fait 9 et 9, 18 - 1, 17 heu + 5... 21. Donc j'ai fait 17 + 5 est égal 21. »	Pointe le 9, le 8 à G.	Concordant	Expérimentateur n'a pas demandé...	STRATEGIE EGALISATION (sous-total faux dans justif° mais raisonnement ok)

GENERALISATION : 09/01/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° expl°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 10$	0'13"	« Heu j'ai fait $9 + 7 + 2$. Donc ça faisait... 16... 18. Donc là j'ai fait $8 +$, 'fin $10 + 8 = 18$. »	Pointe le trou, le 8 à D.	Concordant	« Bah changer l'ordre. $7 + 2 + 9$ ou $2 + 7 + 9$. »	STRATEGIE D'EGALISATION
$5 + 6 + 8 = 7 + 11$ s'auto-corrige : 12	0'16"	« heu, j'ai fait $8 + 6 + 5$... En fait je commence toujours par le plus grand et je... Donc ça fait... 18, heu... ah, 19. ça fait 19... 19 ça fait. Et j'me suis trompée... Donc j'ai fait $12 + 7 = 19$. Et ça, c'était 19. »	Pointe le 8 à G. Pointe le 8 à G. Pointe vers la G de l'équation. Pointe son résultat. Entoure les chiffres à G.	Concordant	« Heu, bah changer l'ordre aussi. Par exemple heu $5 + 6 + 8$ ou $6 + 8 + 5$ ou $6 + 5 + 8$. »	STRATEGIE D'EGALISATION A force de verbaliser, ici parvient à résumer sa méthode. Combinatoire ok !
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 12$	2'53"	« J'ai fait 2×4 est égal 8. $\times 3$ est égal 80... heu, non, 24. Et après j'ai fait 2×12 parce que $1 + 1$ est égal 2, heu... oui... et $2 + 2$ est égal 4. ça fait 24. »	Pointe le 2, le 4 à G. Pointe le 2 à D. Pointe son résultat.	Concordant	« Oui, bah changer d'ordre aussi ça fait le même nombre donc 3×4 est égal heu 12 . $\times 2$, est égal heu... 24. »	STRATEGIE D'EGALISATION Tout comme n'utilisait pas soustraction, ici, n'utilise pas division ; mais plus dur d'estimer le résultat ici.
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 18$	2'10"	« J'ai fait... mais j'étais pas sûre en fait du résultat. Heu, bah, j'ai fait 5×2 est égal 10. $\times 8$... 10×8 est égal 80. Et là, j'ai fait $5 \times$ voilà... hihhi, je sais pas après ! »	Pointe le 2, le 5 à G. Pointe son résultat. Pointe le 5, le 2 à G. Pointe le 8 à G. Pointe le 5 à D, le x, le trou.	Concordant		STRATEGIE D'EGALISATION
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'09"	« Heu, c'est pas correct. Parce que là c'est 13, ça fait 13. Et il a mis le résultat de ça au lieu de faire heu 'fin le nombre qui est égal à 13. 'fin... fallait qu'il mette un nombre qui fasse 13 avec ça 'fin avec $+ 3$. »	Entoure les chiffres à G. Entoure les chiffres à D.			
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'06"	« Bah, ce serait pas correct. Bah parce que il a repris ça... 'fin il a pas mis... Parce que ça ferait 13 est égal à 13... Ah oui, bah oui... Heu... ça serait correct. Bah parce que ça ferait 13 aussi. »	Montre le $4 + 6$ à G.			

POST-TEST 2 : 27/02/2016						
Equation	Tps résolu	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° expl°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 9 + 5 = 3 + 14$	0'23"	« Ben en fait j'ai regardé ici et vu que bah y'avait le même nombre. Donc du coup bah j'ai fait $9 + 5$ est égal à 14. Donc heu bah, $+ 3$... j'ai fait $9 + 5$, donc c'est comme si c'était pareil, 'fin c'est pareil mais, j'ai regroupé ces deux nombres. » <i>Qu'est-ce qui ferait pareil ?</i> « Ben ça, c'est pareil que ça. »	Entoure le 3 à D. Pointe le 3 à G. Pointe le 9, el +, le 5. Pointe son résultat. Pointe le 3 à G. Entoure $3 + 9 + 5$ à G Entoure $3 + 14$ à D. Doigts en pince au-dessus du 3 à G (et à D ?). Entoure $3 + 9 + 5$ à G Entoure $3 + 14$ à D.	Concordant	« Bah oui... additionner tout (entoure $3 + 9 + 5$). Et après bah (pointe le 3 à D) heu... je cherche heu... » <i>Alors additionner tout ça...</i> « Oui, j'trouve le nombre et je fais $- 3$... Non. Si : - 3. J'fais - 3 parce que... c'est $+ 3$. 'fin j'sais pas trop comment dire. » STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION	STRATEGIE DE GROUPEMENT Diff. d'expliquer verbalement ce qu'a fait. Veut s'assurer qu'on comprenne bien >> continue explication même une fois qu'on a compris. (mais je ne lui montre pas forcément clairement que j'ai compris ici)
$8 + 5 + 6 = 13 + 6$	0'11"	« Heu, bah j'ai... vu qu'y'avait 6. Donc du coup j'ai fait $8 + 5$ est égal heu 13. Et j'ai fait $13 + 6$... est égal heu... 19. »	Pointe le 6 à D. Pointe le 8, le 5 à G. Pointe son résultat. Pointe le 6 à D.	Concordant	« Additionner tout ça (entoure $8 + 5 + 6$) et heu, j'fais - 6. » STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION	STRATEGIE DE GROUPEMENT Dans explication, poursuit calcul au-delà du résultat demandé alors que ne s'en est pas servi pour calcul. (diff à expliquer la globalité de l'équation, même si ressenti est là >> ici, gestes pas forcément plus clairs que mots pour autant)
$2 + 8 + 7 = 10 + 7$	0'08"	« Heu, j'ai vu qu'y'avait un 7. Donc j'ai fait $8 + 2$ est égal heu 10. Donc bah, $10 + 7 = 17$. »	Entoure le 7 à D. Pointe le 7 à G. Pointe le 8, le 2. Pointe son résultat.	Concordant	« Pour l'autre solution... on additionne tout ça (entoure $2 + 8 + 7$) et on fait heu... oui bah on enlève 7. Oui : - 7. » STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$9 + 7 + 3 = 9 + 10$	0'10"	« Là, j'ai vu qu'y'avait un 9. Du coup, j'ai fait $7 + 3$ est égal 10. Heu donc heu 19. Et on fait - 9... » <i>Déjà, toi comment tu as fait.</i>	Pointe le 9 à D, à G. Pointe le 7, le 3 à G. Pointe son résultat. Souligne $9 + 10$ à D.	Concordant	« Bah, j'additionne ça (entoure $9 + 7 + 3$), ça fait 19. Et donc là, j'mets un 10. Pour qu'ça fasse 19 (souligne sous $9 + 10$) > retrouve 3 ^e stratégie du 'égaliser' mais poursuit sur 2 ^e stratégie Et donc je peux enlever 9 pour avoir le nombre. » <i>Tu peux enlever 9 à quoi ?</i> « heu, au résultat de ça (entour $9 + 7 + 3$) » STRATEGIE D'ADDITION-SOUSTRACTION	STRATEGIE DE GROUPEMENT Poursuit son explication sur celle de l'autre stratégie >> flou ++ Est en transition vers la compréhension totale du problème.
$4 + 3 + 9 = 8 + 8$	0'14"	« Ben là j'ai additionné tout ça. Donc ça fait 16. Et donc bah $8 + 8$, heu, 16. »	Pointe le 9 à D. Entoure $4 + 3 + 9$ à G Pointe le 8 à D, pointe son résultat.	Concordant	« Heu... j'pense pas. » (n'envisage pas addition-soustraction ici... ?)	STRATEGIE EGALISATION ici, ~d'emblée stratégie du 'égaliser' car double 8 s'y prête aussi.
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 16$	0'11"	« Heu bah là j'ai fait... j'ai vu qu'y'avait un 5. Donc j'ai fait 8×2 , 16. Et donc heu bah là j'ai fait $5 \times$ heu 5×16 . »	Pointe le 8 à G. Pointe le 5 à D, à G. Pointe le 8, le 2. Pointe son résultat.	Concordant	« Heu bah on... multiplie tout ça [entoure $5 \times 2 \times 8$]... ça fait... 'fin, le résultat et donc bah on cherche heu... - 25, heu non. Si. Non. Oh je sais pas. - 25 ? Non. - 16. Non. Moins... - 5 ?! Heu non. Heu, si. Oh, je sais pas... non, - 25... » <i>Tu le trouves où le 25 ?</i> « Bah ici [pointe le 5 à D]. Non... Je sais pas du tout ! »	STRATEGIE DE GROUPEMENT Cherche autre solution pendant près de 5 min. alors que sa 1 ^{ère} sol ^o était bonne et qu'elle sait qu'elle peut simplement dire, « je sais pas ».

SUJET 12 : Christelle

PRE-TEST : 19/12/2015					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$2 + 5 + 9 = 2 + 14$	0'36" (dont con- signe)	« J'ai fait 9 + 5. Et comme y'avait déjà le 2, j'ai juste rajouté le nombre. »	Pointe le 9. Pointe le 5. Pointe le 2 à G. Pointe le 2 à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Gestes clairs ++.
$7 + 4 + 2 = 7 + 6$	0'14"	« Heu, j'ai fait 4 + 2. Et comme y'avait déjà le 7. »	Balaie sous le 4 + 2. Pointe le 7 à G. Pointe le 7 à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$4 + 6 + 9 = 10 + 9$	0'05"	« Heu 4 et 6. Et comme y'avait déjà le 9. »	Balaie sous le 4 + 6. Pointe vaguement à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Gestes deviennent paresseux
$7 + 6 + 5 = 13 + 5$	0'11"	« Heu 7 et 6. Et comme y'avait déjà le 5, j'ai mis le nombre. »	-	-	STRATEGIE DE GROUPEMENT Compte sur ses doigts pdt résol°. 0 gestes pdt explicat°
$3 + 6 + 8 = 3 + 14$	0'11"	« Là, j'ai fait 8 et 6. Et... +3, enfin... J'ai mis le résultat, + comme y'avait déjà le 3. » Tu l'as pas compté ? « Non. »	Balaie sous 8 + 6. Geste vague en l'air. Balaie sous 6 + 8. Pointe le résultat. Pointe le 3 à D. Pointe le 3 à G.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$3 + 7 + 9 = 10 + 9$	0'07"	« Heu 7 et 3. Et... »	Pointe le 7, le 3. Pointe le 9 à G, à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Complète ses phrases avec les gestes.

ENTRAINEMENT : 09/01/2016					
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Observations cliniques
$3 + 4 + 8 = 3 + 12$	0'12"	« Bah, comme y'avait déjà le 3 là et là, bah j'ai fait 8 + 4, donc j'ai fait 8, + 4. »	Pointe le 3 à G et le 3 à D. Pointe le 4 à G. Lève cinq doigts à G, 3 à D. Referme les mains et ouvre 4 doigts à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT Montre les nombres sur ses doigts mais pas les calculs
$9 + 5 + 2 = 9 + 7$	0'07"	« Bah là, comme y'avait le 9 + et le 9 + bah je les ai laissés. Et après j'ai fait 5 + 2, 7. »	Pointe le 9 et le + à G. Pointe le 9 et le + à D. Geste de mise à l'écart. Lèves 5 doigts à G, 2 à D.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$8 + 4 + 9 = 12 + 9$	0'09"	« Heu bah j'ai laissé le 9 et le... 9. Et après bah j'ai fait 8, 9, 10, 11, 12. »	Pointe le 9 à G. Pointe le 9 à D. Lève 5 doigts à G, 3 à D. Lève 2 doigts supplémentaires à D, ferme la main, puis lève encore 2 doigts.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT
$2 + 6 + 7 = 2 + 13$	0'08"	« Heu, j'ai... compté le 6 et le 7. Dans ma tête j'ai fait 7 et 7, 14. - 1, 13. »	Pointe le 7 puis le 6 à G.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT - inversion des chiffres parole vs geste. - économise mots sur le chiffre à éliminer
$4 + 6 + 7 = 10 + 7$	0'05"	« Bah comme y'avait déjà le 7, j'ai fait 6 et 4 ça fait 10. Donc j'ai mis 10. »	Pointe le 7 à D. Pointe le 6, le 4 à G. Ouvre les 10 doigts.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT - économise geste sur le chiffre à éliminer (ne pointe qu'à D).
$3 + 7 + 8 = 10 + 8$	0'05"	« Bah comme y'avait déjà l'8, je sais que 7 + 3 ça fait 10. Donc j'ai mis heu 10 + 8. »	Pointe le 8 à D. Pointe de loin le 7 et le 3.	Concordant	STRATEGIE DE GROUPEMENT

POST-TEST 1 : 09/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$3 + 6 + 7 = 9 + 7$	0'04"	« Heu, bah, j'ai fait 6 + 3, 9. Parce que comme y'avait déjà l'7 et que et que ça, ça fait 10 heu - 1, 9. »	Pointe le 7 à D. Pointe le 6 et le 3 à G. Tape 1 fois sous l'équation.	Concordant	« Heu, bah heu... (pose ses index sous 6 + 3 et les croise) 7 -, 6 + 3. 'fin 9 - 7 quoi. Heu... non non, non. Heu..., non j'sais pas. »	STRATEGIE DE GRPMT Idée de soustraction apparaît ad on la questionne mais mauvaise utilisation
$8 + 4 + 9 = 8 + 13$	0'06"	« heu, bah j'ai fait 9 + 4 comme y'avait déjà deux 8. »	Pointe le 9 et le 4. Pointe les deux 8.	Concordant	« ... (place ses 2 index sous l'équation > soutient MDT ?) ... non j'sais pas. »	STRATEGIE DE GRPMT
$5 + 8 + 6 = 13 + 6$	0'08"	« Heu j'ai fait bah 8 + 5, 13. + 6. 'fin du coup comme y'avait les deux 6 là. Du coup heu, 13 + 6. »	Pointe le 8 et le 5.	Concordant	« Bah on peut faire 8 + 5. » (idem ce qu'à fait ?)	STRATEGIE DE GRPMT Compte sur ses doigts. (y a recours suite à incitation aux gestes ?) Se mélange dans explication.
$3 + 2 + 9 = 3 + 11$	0'05"	« Heu, j'ai pas pris compte du 3. J'ai fait 9 + 2. Et comme 9 + 1 ça fait 10, ben on rajoute 1, 11. »	Cache les deux 3. Pointe le 9, le 2. Pointe le 9 et le 2. Pointe son résultat.	Concordant	« Heu... bah 2 + 9, 9 + 2. » (donc au-dessus proposait intervertir chiffres)	STRATEGIE DE GRPMT
$4 + 6 + 3 = 4 + 9$	0'07"	« Heu, j'ai fait 6 + 3 mais comme je savais qu'6 et 4, ça fait 10, - 1, 9. »	Pointe le 6 et le 3.	Concordant	« ... Bah, là, si on additionne tous ces nombres-là (pointe les chiffres à G), ç fait heu... 6 et 3, 9, 10, 11, 12, 13. Donc heu, 13 - 4, 9. » ADDITIONNER ET SOUSTRAIRE	STRATEGIE DE GRPMT Stratégie nulle !!!, additionner et soustraire (mais à force de questionnements pas à force de gestes)
$8 + 9 + 5 = 17 + 5$	0'15"	« Heu, j'ai pas pris compte des 5 et j'ai fait 9 + 8 =. »	Cache de loin les 5. Pointe le 9, le 8. Pointe son résultat.	Concordant	« Heu, bah, on additionne heu tout (souligne les chiffres à G) donc heu... 22. Et 22 - 5, bah 17. »	STRATEGIE DE GRPMT bouge encore ses mains comme si se parlait à elle-même. économie de mot, ne dit pas le résultat mais le montre.

GENERALISATION : 09/01/2016						
Equation	Tps résol°	Explications verbales	Explications gestuelles	Rel° types d'explicat°	Autre(s) stratégie(s) envisagée(s)	Observations cliniques
$7 + 2 + 9 = 8 + 10$	0'20"	« Heu, j'ai tout additionné et heu du coup en tout ça faisait 18. Et comme y'avait déjà le 8, j'ai fait + 10. »	Tire un trait sur 9 + 2 + 7. Pointe le 8 à D. Pointe le +. Pointe son résultat.	Concordant	« heu bah là comme y'avait déjà le 8, on aurait pu faire bah 10 - 8. 'fin... ah non non non non. Heu bah non non, non c'est pas bon... j'sais pas heu. »	STRATEGIE D'EGALISATION compte sur ses doigts
$5 + 6 + 8 = 7 + 12$	0'16"	« Heu j'ai tout additionné. Heu, bah ça fait 19. Et 19 - 7, ça fait 12. »	Balaie vers la gauche à partir du =.	Concordant	« heu... non j'sais pas ! »	STRATEGIE ADDITION SOUSTRACTION pose l'opération avec son doigt sur la feuille
$2 \times 4 \times 3 = 2 \times 12$	0'29"	« Alors. J'ai fait 2 x 4, 8. 8 x 3, 24. Et heu après la moitié de 24, c'est 12, donc 2 x 12. »	Pointe le 2, le 4 à G. Pointe sous le 4, sous le 3 à G. Pointe le 2 à D, pointe son résultat.	Concordant	« Bah l'inverse. 3 x 4, 12. x 2, 24. Et... voilà. »	STRATEGIE D'EGALISATION sous-articule (n'utilise pas sa 1 ^{ère} stratégie de grouper)
$5 \times 2 \times 8 = 5 \times 20$	0'43"	« Heu 5 x 2, 10. Et... 10 x 8, 80. Et donc du coup bah 5 x 20, ça fait 80. »	Pointe le 5, le 2 à G. Pointe le 2, le x, le 8. Pointe le 5 à D, le x, son résultat.	Concordant	« Ben en inversant les chiffres : 8 x 2 x 5. »	STRATEGIE D'EGALISATION pose l'opération avec son doigt dans l'espace (extériorise sa réflexion par tous les moyens !) Erreur de calcul
$4 + 6 + 3 = 13 + 3$?	0'02"	« Bonne. Ah non non non. Non, une mauvaise. Parce que là ça fait bien 13 en tout, mais heu comme là y'a déjà l'3, bah fallait juste mettre 10. »	Souligne les chiffres à G. Pointe le 3 à D.			
$4 + 6 + 3 = 4 + 6 + 3$?	0'03"	« Bah, ça change rien, c'est la même égalité... Une mauvaise parce que là y'a déjà le signe =. Donc ça reprendrait pareil, y'aurait pas de résultat. »	Souligne les chiffres à G. Pointe le signe =. Pointe à G puis à D du =.			

Annexe XIII. Tableau récapitulatif des résultats aux cinq épreuves pour les 12 sujets

	Pré-test				Entraînement				Post-test 1				Généralisation				Post-test 2							
	sol°		VN		sol°		VN		s°		stratégie		VN		sol°		stratégie		VN		sol°		stratégie	
	équiv.	grpmt	non-équ	grpmt	équiv.	non-équ	équiv.	non-équ	équiv.	non-équ	stratégie	non-équ	stratégie	non-équ	équ	non-équ	stratégie	non-équ	équ	non-équ	stratégie	non-équ	équ	non-équ
Andréa	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	0	4/6	grpmt		C	0	6/6	grpmt		C	0	
Jules	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	0	6/6	grpmt		C	~1	5/6	grpmt		C	0	
Manuella	0/6		- rep - add=	C	1/6		- add= - rep - addall	C	0/6		- rep - addall - add=	C/D	0	0/6		add- all	?	0/6			rep. add=	C	~1	
Louison	0/6	~égal°	- idio. - add=	C	1/6	~grpt ~égal°	- rep - addall - idio	D	0/6		- rep - addall - idio	C	~3	0/6		- rep - idio	C	~3	0/6		- rep. - add- all	C	~3	
Louisa	0/6		add-all	C	0/6		add-all	C	0/6		add-all	C	0	1/6		- add- all - idio	C	0	5/6	-grpmt -égal°	add- all	C	2	
Hugues	0/6		add-all	C	0/6		- addall - add=	C	0/6		- addall - add=	C	0	0/6		add- all	C	0	0/6		add- all	C	0	
Gladys	4/6	égal°	add=	D	3/6	égal°		C	4/6	égal°		C	0	4/6	égal°	idio	C	~1	5/6	égal°		C	0	
Chloé	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	~1	6/6	grpmt		C	~1	6/6	grpmt égal°		C	+1	
Jeanne	0/6		add-all	C	0/6		add-all	C~	0/6		add-all	C	~1	0/6		- add- all - idio	-	0/6		add- all - idio	C	0		
Alexia	6/6	-ad°-s° -égal°		-	6/6	-ad°-s° -égal°		C	5/6	ad°-s°		C	+1	6/6	-égal° -ad°s -grpmt		C	+2	5/6	grpmt	idio	C	~2	
Marion	6/6	égal°		C	6/6	égal°		C	6/6	égal°		C	~1	4/6	égal°		C	~1	6/6	-grpmt -égal°		C	+1	
Christelle	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	6/6	grpmt		C	+1	5/6	-égal° -ad°s		C	~1						

VN : lien entre discours (Verbal) et gestes (Non-verbal) / C : concordant - D : discordant
 + : nouvelle stratégie (~stratégie nouvelle mais non opérante / + stratégie nouvelle opérante)
 VERT : sujets ayant résolu les équations / ROUGE : sujets ayant échoué à tout ou partie des équations (NB : les couleurs ne sont visibles que sur la version .pdf)
 grpmt = groupement / égal° = égalisation / ad°-s° = addition-soustraction
 add-all = additionner tous les nombres / add= = addition jusqu'au signe égal / rep = report / idio = idiosyncratique

RESUME

Dans les domaines du langage et de la cognition, les gestes accompagnent naturellement le développement de l'enfant. De plus, de nombreux outils gestuels sont utilisés en rééducation orthophonique (Borel-Maisonny, LSF, LfPC, Makaton...). On accorde pourtant peu d'importance aux gestes produits par le patient en rééducation orthophonique. En psychologie cognitive, Goldin-Meadow a démontré l'intérêt de l'observation des gestes au cours du développement de la cognition mathématique. Nous avons adapté cette recherche à une population de patients suivis en orthophonie pour des troubles de la cognition mathématique. Les résultats montrent l'intérêt d'observer les gestes du patient pour comprendre son fonctionnement cognitif et l'intérêt de l'inciter à faire des gestes pour accompagner l'élaboration de stratégies nouvelles.

In the fields of language and cognition, gestures are a natural companion to a child's development. Numerous gestural tools (Borel-Maisonny, sign language, Cued Speech, Makaton...) are also used as part of speech therapy. However, little importance is given to gestures a patient may make during his speech therapy sessions. In the field of cognitive psychology, Goldin-Meadow showed the benefits of observing gestures made during the development of numerical cognition. We adapted this research to a population of patients with numerical cognition disorders. Our results show firstly that watching the patient's gestures helps the speech therapist understand how the patient thinks and that secondly encouraging the use of gestures may help the patient work out new strategies by himself.

MOTS-CLES

- > geste, rééducation orthophonique, cognition mathématique, émergence du savoir, élaboration de stratégies
- > gesture, speech therapy, numerical cognition, emergence of knowledge, strategy elaboration process