



HAL
open science

**”Conservons en musique” : élaboration et
expérimentation d’un outil de remédiation visant
l’acquisition de la structure logique de conservation des
quantités discontinues**

Odile Givelet

► **To cite this version:**

Odile Givelet. ”Conservons en musique” : élaboration et expérimentation d’un outil de remédiation visant l’acquisition de la structure logique de conservation des quantités discontinues. Sciences cognitives. 2013. dumas-00863760

HAL Id: dumas-00863760

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00863760v1>

Submitted on 19 Sep 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
SEGALÉN

Mémoire d'Orthophonie

TITRE : "Conservons en musique" : Elaboration et expérimentation d'un outil de remédiation visant l'acquisition de la structure logique de conservation des quantités discontinues

DATE DE PASSATION : 25 juillet 2013

NOM DE L'ETUDIANT : Odile GIVELET

MEMBRES DU JURY : - Directrice Adjointe : Anne LAMOTHE-CORNELOUP

- Directeur de Mémoire : Typhaine GUILON-LE GOFF

- Membres du Jury : - Brigitte GUERRIER

- Anne FRANCOIS SAINT CYR

APPRECIATION : Très Honorable – Honorable – Satisfaisant – Passable

COMMENTAIRES : Mémoire remarquable dont la partie théorique est extrêmement développée mais très clairement exposée. La création du jeu s'appuie donc sur des bases théoriques solides. La démarche de recherche sur 3 études de cas est bien menée et clairement exposée. La discussion est approfondie et les perspectives proposées sont riches. Ce jeu est un bon support de départ pour la rééducation logique-mathématique. Félicitations du jury.

Signature de la Directrice Adjointe

A. Lamothé-Corneloup

Signatures des membres du jury

Typhaine Guilon-Le Goff
Brigitte Guerrier
Anne François Saint Cyr

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

**« CONSERVONS EN MUSIQUE »
ELABORATION ET EXPERIMENTATION
D'UN OUTIL DE REMEDIATION VISANT
L'ACQUISITION DE LA STRUCTURE
LOGIQUE DE CONSERVATION DES
QUANTITES DISCONTINUES**

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent à...

Mme Lamothe-Corneloup, directrice de l'école d'orthophonie, Mme Biesse et les intervenants de l'école pour leur accueil et leur accompagnement tout au long de mon cursus.

Mme Guilon-Le Goff, pour la direction de ce mémoire, qui m'a permis de mener à bien ce projet grâce à ses précieux conseils et relectures, ses encouragements et son extrême disponibilité.

Mme François Saint-Cyr et Mme Guerrier, membres du jury de soutenance, pour l'intérêt porté à cette étude.

Les orthophonistes et leurs patients qui ont volontiers participé à l'expérimentation de l'outil créé pour cette étude.

Les parents qui m'ont spontanément permis de rencontrer leur enfant. Une pensée toute particulière à Vanessa, Barnabé et Irène, mes premiers patients, pour leur belle collaboration et leur enthousiasme.

Mme Balbiani, Mme Bichet, Mme Guilon-Legoff, Mme Malet, Mme Sanderre, Mme Sarthou-Gauret, Mme Subervie-Bernard et Mme Vuillermet, mes maîtres de stages qui m'ont accueillie et accompagnée lors de mes stages de formation.

Un grand merci à tous ceux qui ont été présents et qui m'ont accompagnée à leur manière cette année, dont :

Phetsarath et Aram pour l'énorme travail de colorisation du matériel, qui a émerveillé les utilisateurs du jeu.

Phetsana, coordinateur de l'équipe, pour sa grande disponibilité, son soutien constant et ses conseils avisés face à mes « non-choix ».

Anne, Aymery, Catherine, Céline, Cyril, Benoit, Nicolas, Rébecca, Romain, Sylvie... mes relecteurs, qui ont parcouru minutieusement toutes ces pages pour en vérifier la bonne forme et l'orthographe, et Pierre pour son anglais irréprochable.

Anaïs, Audrey, Hélène, Marine (et WFI), Marlène et Sarah, pour les rires et leur soutien inconditionnel.

Et tous les autres pour leurs encouragements... L'équipe montguyanaise notamment !

Enfin, un remerciement tout particulier à mes parents et mes frères et sœurs, qui, même loin, ont pu me suivre et me soutenir !

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	3
SOMMAIRE.....	4
INTRODUCTION.....	7
PARTIE THEORIQUE.....	10
I. DEVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE CHEZ L'ENFANT.....	11
1. <i>Définitions</i>	11
1.1. Définition dans l'univers linguistique.....	11
1.2. Définition scientifique complexe.....	12
2. <i>Théories de l'intelligence : courants qui ont marqué l'étude du problème</i>	13
2.1. Héritage philosophique, l'innéisme : « tout vient de l'intérieur ».....	13
2.2. Travaux en psychologie.....	13
3. <i>Approche structurale de J. Piaget</i>	17
3.1. Ingrédients conceptuels.....	17
3.2. Mécanismes du développement de l'intelligence.....	19
3.3. Facteurs de développement.....	21
3.4. Stades.....	22
4. <i>Après Piaget : les néo-piagétiens / théories actuelles</i>	26
4.1. Néo-piagétiens.....	26
4.2. Rôle crucial de la mémoire de travail.....	27
4.3. Modèles dynamiques.....	27
4.4. Capacités insoupçonnées.....	28
4.5. Intelligence multiple.....	29
4.6. Intelligence sociale / intelligence émotionnelle.....	29
II. VERSANT MATHÉMATIQUE : CONSTRUCTION DU NOMBRE.....	30
1. <i>Prémices du nombre et psychologie du développement</i>	31
2. <i>Concept de nombre</i>	33
2.1. Définition.....	33
2.2. Cardinalité / Ordinalité.....	34
2.3. Numération.....	34
3. <i>Situations d'utilisation du nombre</i>	35
3.1. Désignation.....	35
3.2. Rangement.....	35
3.3. Procédures de quantification.....	36
4. <i>Notion de nombre chez l'enfant</i>	37
4.1. Différents courants.....	37
4.2. Théorie logiciste piagétienne.....	38
5. <i>Facteurs nécessaires au développement numérique</i>	41
5.1. Conditions psychologiques sous-jacentes au nombre.....	41
5.2. Compétences cognitives sous-jacentes au nombre.....	43
6. <i>Nouveaux horizons du nombre : apports post-piagétiens</i>	45
6.1. Apport des sciences cognitives.....	45
6.2. Recherches innéistes.....	45
6.3. Interactionnisme social.....	46
III. VERSANT LOGIQUE : LA STRUCTURE LOGIQUE DE CONSERVATION DES QUANTITES DISCONTINUES.....	47
1. <i>Pensée opératoire concrète</i>	47
2. <i>Notion de quantité</i>	49
3. <i>Conservation</i>	49
3.1. Définition.....	49
3.2. Principes de conservation.....	50
3.3. Conduites de l'enfant.....	51
4. <i>Conservation du nombre</i>	52
4.1. Correspondance terme à terme.....	52
4.2. Epreuve piagétienne de conservation des quantités discontinues.....	54
4.3. Composante verbale et linguistique.....	57

4.4.	Connaissances post-piagésiennes sur la structure logique de conservation du nombre	59
IV.	NON-CONSERVATION DU NOMBRE ET SA REMEDIATION	64
1.	<i>Trouble du raisonnement logico-mathématique</i>	64
1.1.	Définition.....	64
1.2.	Etiologie	66
1.3.	Prévalence	67
1.4.	Comorbidité.....	67
1.5.	Types de dyscalculies	68
2.	<i>Evaluer la conservation du nombre</i>	69
2.1.	Dans le cadre d'un bilan logico-mathématique	69
2.2.	Epreuves de conservation du nombre	69
3.	<i>Prise en charge logico-mathématique</i>	70
3.1.	Principes généraux.....	70
3.2.	Courants.....	72
3.3.	Remédiation de la conservation numérique	73
	PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	78
I.	PROBLEMATIQUE	79
II.	HYPOTHESES	80
1.	<i>Hypothèse générale</i>	80
2.	<i>Hypothèses opérationnelles</i>	80
2.1.	Hypothèse 1	80
2.2.	Hypothèse 2	80
	PARTIE EXPERIMENTALE	81
I.	ELABORATION DE L'OUTIL « CONSERVONS EN MUSIQUE »	82
1.	<i>Principes d'élaboration</i>	82
1.1.	Supports théoriques	82
1.2.	Supports cliniques	88
1.3.	Supports de jeu	88
2.	<i>Présentation du jeu</i>	91
2.1.	Liste des éléments.....	92
2.2.	Règle du jeu.....	92
2.3.	Livret de jeu.....	93
2.4.	Cartes.....	95
2.5.	Espaces ouverts / Espaces fermés.....	97
2.6.	Éléments annexes	100
3.	<i>Compétences travaillées</i>	101
3.1.	Compétences logiques et numériques.....	102
3.2.	Compétences linguistiques	110
II.	PRESENTATION DU PROTOCOLE EXPERIMENTAL	112
1.	<i>Objectifs</i>	112
2.	<i>Méthode</i>	112
3.	<i>Population</i>	113
3.1.	Critères de sélection.....	113
3.2.	Prospection	113
3.3.	Présentation des trois enfants.....	114
4.	<i>Déroulement</i>	116
4.1.	Durée et fréquence.....	116
4.2.	Encadrement	117
4.3.	Lieu.....	117
5.	<i>Evaluation</i>	117
5.1.	Pré-test.....	117
5.2.	Post-test	122
III.	ELABORATION DE LA FICHE D'OBSERVATION A DESTINATION DES ORTHOPHONISTES.....	122
	PRESENTATION DES RESULTATS.....	124
I.	ETUDE DE CAS : VANESSA	125
1.	<i>Résultats du pré-test</i>	125
1.1.	Epreuve de compréhension orale (E.CO.S.SE)	125

1.2.	Epreuve de conservation des quantités discontinues	125
2.	<i>Séances de remédiation</i>	127
2.1.	Observations qualitatives.....	127
2.2.	Synthèse des séances avec Vanessa.....	129
3.	<i>Résultats du post-test</i>	132
3.1.	Epreuve de conservation des quantités discontinues	132
3.2.	Epreuve de conservation des longueurs.....	133
II.	ETUDE DE CAS : BARNABE.....	134
1.	<i>Résultats du pré-test</i>	134
2.	<i>Séances de remédiation</i>	136
3.	<i>Résultats du post-test</i>	142
III.	ETUDE DE CAS : IRENE.....	145
1.	<i>Résultats du pré-test</i>	145
2.	<i>Séances de remédiation</i>	147
3.	<i>Résultats du post-test</i>	152
IV.	RECUEIL DES AVIS DES ORTHOPHONISTES	155
DISCUSSION DES RESULTATS.....		160
I.	ANALYSE DES RESULTATS	161
1.	<i>Vanessa</i>	161
1.1.	Compétences initiales	161
1.2.	Compétences en fin de remédiation.....	162
2.	<i>Barnabé</i>	164
3.	<i>Irène</i>	167
II.	VALIDATION DES HYPOTHESES	169
1.	<i>Hypothèses opérationnelles</i>	169
1.1.	Hypothèse 1	169
1.2.	Hypothèse 2	170
2.	<i>Hypothèse générale</i>	171
III.	INTERETS ET LIMITES DU PROTOCOLE EXPERIMENTAL	172
1.	<i>Pertinence de la méthode utilisée</i>	172
2.	<i>Discussion à propos de la population</i>	173
3.	<i>Discussion à propos de l'encadrement</i>	173
4.	<i>Discussion à propos de l'évaluation</i>	174
5.	<i>Discussion à propos de notre prise en charge</i>	174
5.1.	Temps de remédiation	174
5.2.	Moment fixé dans la journée	175
5.3.	Maîtrise de la remédiation	175
IV.	INTERETS ET LIMITES DE L'OUTIL CREE.....	175
1.	<i>Point de vue ludique</i>	176
2.	<i>Point de vue théorique</i>	179
V.	APPORTS PERSONNELS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE	182
CONCLUSION.....		185
BIBLIOGRAPHIE.....		187
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....		192
ANNEXES.....		193
ANNEXE A : PRESENTATION DU JEU		194
ANNEXE B : LETTRE AUX PARENTS.....		198
ANNEXE C : LETTRES AUX ORTHOPHONISTES		199
ANNEXE D : PROFILS LOGICO-MATHEMATIQUES		200
ANNEXE E : FICHE D'OBSERVATION.....		203
ANNEXE F : PRE-TESTS		204
ANNEXE G : ACTIVITE DE DENOMBREMENT		207
ANNEXE H : AVIS DES ORTHOPHONISTES.....		210

INTRODUCTION

Il y a des enfants que les nombres tracassent. Mais si pour certains d'entre eux, les raisons sont juste scolaires ou motivationnelles, pour d'autres, les difficultés se révèlent plus sévères et permanentes. En effet, chez ces derniers, les mauvais résultats scolaires en mathématiques reflètent des inaptitudes intrinsèques et, malgré leurs efforts et l'aide de l'entourage, ils demeurent dans l'incapacité d'arriver à la maîtrise de ce savoir. Ces enfants sont qualifiés de « dyscalculiques » ou ayant des « troubles du raisonnement logico-mathématique », pour autant que les critères diagnostiques soient révélés lors du bilan logico-mathématique proposé par l'orthophoniste.

De plus en plus d'enfants suspectés de présenter des troubles des apprentissages en mathématiques sont de ce fait adressés aux orthophonistes. Et ce n'est que depuis 1992, que la nomenclature des actes comporte la mention « *rééducation du calcul et du raisonnement logico-mathématique* », on trouvait vingt ans plus tôt, la mention « *rééducation du calcul* », plus restrictive.

Les troubles dans le domaine numérique ont fait l'objet de beaucoup moins de recherches et de publications que les troubles en lecture. Or, tout ce qui sous-tend la construction du nombre chez l'enfant - les structures logiques et mathématiques -, dans la perspective structurale de Jean Piaget, entre en jeu dans le développement de l'intelligence.

Actuellement, les orthophonistes usent de toute leur créativité pour proposer des supports ludiques à leurs patients. En plus de leur formation initiale, ils bénéficient aussi de formations spécifiques abordant les troubles du raisonnement logico-mathématique pour s'approprier un certain nombre d'outils pratiques à utiliser en prise en charge. Enfin, quelques jeux, ou supports de rééducation commercialisés, leur permettent de travailler une notion particulière. Nombreux sont leurs avantages : précision du domaine travaillé, rigueur dans l'élaboration, jeux attrayants et ludiques pour le patient et « prêts à l'emploi »...

C'est dans la perspective de contribuer à la recherche clinique dans le domaine logico-mathématique que l'idée de créer un matériel de rééducation dans le cadre d'un mémoire est née. En approfondissant nos recherches, nous avons constaté qu'il n'existe pas à notre connaissance de matériel spécifique faisant travailler la conservation du nombre. Or,

selon Piaget, il s'agit d'une étape essentielle dans la construction du nombre et d'une structure élémentaire de l'intelligence chez l'enfant. En effet, la notion de conservation est à la base du raisonnement opératoire : l'enfant doit pouvoir parvenir à la certitude « *qu'une quantité donnée ne change pas, quelles que soient les modifications spatiales qu'on peut lui faire subir* » (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007).

Nous avons donc choisi d'inscrire notre étude dans l'approche structurale, constructiviste, piagétienne et post-piagétienne. L'approche piagétienne propose une prise en charge spécifique qui implique une remédiation cognitive. L'enfant « *se construit en (re)construisant, (re)structurant logiquement son environnement* » (Bideaud & Houdé, 1991). Il s'agit de proposer à l'enfant une situation de jeu dans laquelle il est acteur. Le rôle de l'orthophoniste est alors de proposer des situations d'interaction qui permettent à l'enfant d'explorer et de manipuler, puisque c'est de cette manière que l'enfant construit ses connaissances. Les travaux post-piagétiens, quant à eux, permettent de compléter les recherches de Piaget et d'envisager la construction du nombre tant d'un point de vue logique que d'un point de vue arithmétique et numérique.

Nous avons alors été amenées à poser l'hypothèse suivante :

En nous appuyant sur les connaissances théoriques et cliniques actuelles concernant la structure de conservation numérique, nous pourrions élaborer un outil qui, d'une part, permettrait la mise en place de cette structure logique chez des enfants pour qui elle ne se serait pas développée, et d'autre part, pourrait répondre aux besoins des orthophonistes dans ce domaine.

Pour ce faire, nous avons travaillé à l'élaboration d'un matériel intitulé « *Conservons en musique* ». Ce matériel a servi de support de prise en charge pour trois enfants non-conservants, nous l'avons également soumis à plusieurs orthophonistes afin de recueillir leur avis de professionnels.

Notre étude porte sur la mise en place d'une structure logique élémentaire dans le cadre de la construction du nombre chez l'enfant. Sachant que deux versants entrent en jeu dans le développement intellectuel : le développement logique et le structuralisme mathématique, nous aborderons d'abord la notion d'intelligence, puis nous présenterons

le versant mathématique et le versant logique. Enfin, nous nous intéresserons particulièrement à la notion de conservation numérique.

Après avoir explicité notre problématique, nous décrirons les clés de l'élaboration du matériel « Conservons en musique » dans la « partie expérimentale ». Y figurent aussi les données issues de la confrontation de l'outil à la réalité clinique dans le cadre de l'expérimentation auprès de trois enfants présentant des troubles du raisonnement logico-mathématique, avec un retard significatif dans les épreuves de conservation numérique. Nous décrirons la procédure utilisée, puis nous présenterons les résultats obtenus aux pré- et post-tests, et ceux des séances qui ont composé notre expérimentation.

Pour vérifier que l'outil est adapté aux attentes et aux besoins des orthophonistes, il était indispensable de recueillir leurs impressions sur son intérêt, ses limites et les améliorations possibles. Nous ferons donc état des avis des professionnels qui l'ont testé. Ainsi, nous présenterons la procédure utilisée et exposerons les différents retours obtenus.

Enfin, nous terminerons cette étude par l'analyse et l'interprétation des résultats. Après avoir discuté de nos hypothèses de travail, nous nous attarderons sur les intérêts et les limites du protocole expérimental et du matériel créé. Enfin, nous évoquerons les apports de notre étude avant d'ouvrir sur de nouvelles perspectives de recherche.

Chapitre I
PARTIE THEORIQUE

I. Développement de l'intelligence chez l'enfant

Le développement de l'intelligence chez l'enfant a suscité de nombreuses recherches et théories. Nous avons fait le choix d'inscrire notre étude dans le courant de l'épistémologie génétique, popularisée par Jean Piaget. Pour autant, les autres approches ne peuvent être considérées comme caduques ou en complète rupture par rapport à celle de J. Piaget ; elles seront donc aussi développées dans cette partie.

1. Définitions

1.1. Définition dans l'univers linguistique

Le grand dictionnaire alphabétique de la langue française Paul Robert définit l'« intelligence » comme l'« *aptitude d'un être vivant à s'adapter à des situations nouvelles, à découvrir des solutions aux difficultés qu'il rencontre* » (Robert, 2001).

L'étymologie du mot est latine. Le mot *intelligentia* a probablement été créé par Cicéron pour traduire un terme grec d'Aristote, afin de désigner chez l'homme les activités intellectuelles ou cognitives, en opposition au domaine des émotions et de la parole désigné en latin par *appetitio* ou bien *conatus* (Littré, 2007).

Dans le domaine linguistique, les termes d'« instinct » et de « connaissance » sont aussi souvent usités en complément pour se référer à l'« intelligence ». Il est pourtant important de distinguer ces termes. Ainsi Henri Bergson écrit que « *si l'instinct et l'intelligence enveloppent, l'un et l'autre, des connaissances, la connaissance est plutôt jouée et inconsciente dans le cas de l'instinct, plutôt pensée et consciente dans le cas de l'intelligence* » (Bergson, 1966). On perçoit alors la dichotomie entre l'inné et l'acquis, sujet d'un vif débat autour de la notion d'intelligence.

En psychologie, l'intelligence, en tant qu'héritage d'une tradition philosophique, est aussi un concept fortement marqué par ses antécédents culturels. De plus, selon l'encyclopédie Universalis (Universalis, 1992), elle représente la « *fonction par laquelle l'homme a essayé de se définir dans l'échelle des êtres, c'est-à-dire de se situer par rapport à son inférieur, l'animal, et par rapport à son supérieur, la divinité* ».

1.2. Définition scientifique complexe

André Tricot, maître de Conférences en Psychologie Cognitive, proclame : « *l'intelligence n'existe pas pour la simple et bonne raison que l'on ne sait pas la définir de façon rigoureuse* » (Tricot, 1999). S'il remet ainsi en cause le statut de l'intelligence en tant qu'objet d'étude de psychologie, c'est parce qu'il mesure toute la difficulté d'en expliquer le concept malgré les nombreux travaux scientifiques actuels.

Ce souci de définir rigoureusement la notion d'intelligence ne date pas d'aujourd'hui. En effet, dès l'Antiquité, de nombreux auteurs ou penseurs ont cherché à comprendre le fonctionnement de la pensée humaine et le développement de l'intelligence. Aujourd'hui encore, plusieurs théories s'opposent, parfois, se complètent.

Les définitions sont donc multiples, comme le résume le psychologue Roger Lécuyer : « *Il est courant chez les pessimistes qu'il y a autant de définitions de l'intelligence qu'il y a de spécialistes, les optimistes pensant, eux, qu'il y a seulement autant de définitions que de théories* » (Fournier & Lécuyer, 2006).

Paradoxalement, l'intelligence, en tant qu'objet de mesure, est appréciée par des méthodes diverses : depuis les intuitions de Platon et Aristote jusqu'aux premières mesures de Binet et Simon, Spearman et Nurt. Ces premiers travaux seront précisés et développés par nombre de chercheurs dont Weschsler, Terman et Zazzo. De même, Piaget a ouvert de nouvelles perspectives, aujourd'hui nuancées (Tricot, 2009).

« *L'intelligence, c'est ce que mesure mon test* » (A. Binet, cité par Universalis, 1992). S'il est difficile de définir l'intelligence, les auteurs s'accordent à établir une parenté entre un certain nombre d'activités de pensée. Il ne s'agit plus de donner une définition de l'intelligence, mais de délimiter le champ des activités auxquelles on accorde la dénomination d' « intelligentes ». C'est dans cette perspective qu'il faut saisir la boutade de Binet, interrogé sur la définition de l'intelligence.

Face à cette complexité, il semble en effet que « *l'intelligence ne quittera vraiment le domaine de la métaphysique pour entrer dans celui de la psychologie qu'en se laissant décrire comme une série d'activités dont il est impossible de donner une théorie avant de les avoir définies et analysées* » (Universalis, 1992).

2. Théories de l'intelligence : courants qui ont marqué l'étude du problème

Jean-Yves Fournier énumère les principaux courants qui ont marqué l'étude du développement de l'intelligence : de l'innéisme au cognitivisme (Fournier, 1999). Bien que la théorie constructiviste, représentée par la théorie piagétienne, soit la plus souvent mise en avant, il paraît important de jeter un coup d'œil sur d'autres travaux.

Nous ne citerons que les auteurs et travaux particulièrement importants en résumant les faits en quelques lignes, car il s'agit là d'aborder la question avec une perspective plus clinique qu'historique.

2.1. Héritage philosophique, l'innéisme : « tout vient de l'intérieur »

Depuis l'Antiquité et pendant des siècles, l'intelligence est considérée pour la doctrine innéiste comme une faculté innée, propre à chaque individu.

Les facultés intellectuelles sont données dès la naissance : l'intelligence est alors sensible. Les philosophes et les artistes y voyaient l'expression de la beauté. Dès lors ceux qui possédaient de l'intelligence étaient alors sensibles par nature (Gardner, 1997).

Cette approche a dominé la pédagogie pendant des siècles, mais les nouveaux travaux de la psychologie du développement ont abandonné l'idée d'une opposition stricte entre l'inné et l'acquis. On parle aujourd'hui d'héritabilité : cette notion permet de quantifier la part des facteurs environnementaux et des facteurs génétiques dans la constitution des facultés mentales notamment.

2.2. Travaux en psychologie

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, alors que l'intelligence commence à faire l'objet d'études scientifiques, certaines approches ont une influence déterminante sur la façon de penser le développement de l'intelligence.

Grâce à une conjonction de facteurs socioculturels et historiques, les approches sont en effet de plus en plus théoriques et pragmatiques. C'est dans ce contexte que la

psychologie expérimentale, représentée notamment par A. Binet, permet l'élaboration de tests d'intelligence pour calculer le quotient intellectuel.

De même, la forte émergence de la biologie, comme discipline majeure des sciences, influence beaucoup les esprits en mettant en évidence le rôle des gènes.

2.2.1. Comportementalisme

Au début du XXème siècle, apparaît un courant à l'extrême inverse de l'innéisme, prônant l'intelligence acquise : le comportementalisme.

Ce courant, aussi appelé béhaviorisme (de l'anglais *behaviour* : comportement), prend son essor outre-Atlantique. Sauf quelques instincts de base, rien n'est inné. Au contraire, tout est acquis, notamment l'intelligence.

C'est ce qu'illustre Watson lorsqu'il affirme : « *Donnez-moi une douzaine d'enfants bien portants, bien conformés et mon propre milieu spécifique pour les élever, et je garantis de prendre chacun au hasard et d'en faire n'importe quel type de spécialiste existant : docteur, juriste, artiste, commerçant, et même mendiant et voleur, sans tenir compte de ses talents, penchants, tendances, capacités, de sa vocation ni de la race de ses ancêtres* » (Watson, 1972).

Les travaux de Pavlov et Skinner en psychologie du conditionnement par la méthode d'imprégnation vont dans le même sens : tout comportement est acquis par le fait de « bonnes » habitudes (grâce à l'imitation, le dressage), notamment l'intelligence (Fournier, 1999).

2.2.2. Interactionnisme

Au milieu de la querelle de l'inné ou de l'acquis, apparaissent deux nouvelles théories. L'une, la psychologie de la forme, est plus proche de l'innéisme. L'autre, dite théorie des essais-erreurs, valide l'importance donnée à l'acquis.

2.2.2.1. Psychologie de la forme

Né en Allemagne, le Gestaltisme tire son nom du terme « *Gestalt* », la forme.

Les psychologues de la forme, et parmi eux Köhler, Koffka et Guillaume, mettent en corrélation l'âge de l'enfant avec certaines acquisitions, notamment intellectuelles : un âge pour le langage, un âge pour la lecture, un âge pour l'accès à la pensée logique, etc. L'impact de l'environnement est alors décisif pour mettre en place telle ou telle acquisition. Il y a donc interaction entre l'inné et l'acquis, mais avec prééminence du premier sur le second (Fournier, 1999).

L'individu a ainsi des prédispositions spécifiques pour certaines activités intellectuelles, justifiant le fait que certains soient plus visuels ou auditifs, mathématiciens ou littéraires, dessinateurs ou musiciens...

2.2.2.2. Théorie des essais-erreurs

Cette théorie des essais-erreurs est développée à la fin du XIX^{ème} siècle par W. James, Dewey, Thorndike et Claparède, dans ses premiers travaux. Elle tente de comparer le fonctionnement mental de l'homme à une machine (Fournier, 1999). Elle est parfois appelée pragmatisme.

L'intelligence se développe en procédant au hasard, avec une succession d'essais pour résoudre les problèmes qui se posent à elle. Les essais qui réussissent sont retenus, les erreurs oubliées. Les actes intellectuels dépendent donc de l'environnement et c'est la raison pour laquelle l'acquis est prédominant, la part de l'inné se réduisant à la pulsion automatique des essais.

C'est donc en multipliant les succès que se développe l'intelligence.

2.2.2.3. Théorie interactionniste à mi-chemin : Le constructivisme

La théorie constructiviste s'est bâtie à partir des deux précédentes.

De la psychologie de la forme, elle garde la notion de cadres internes qui nous permettent effectivement de structurer les informations désordonnées du monde extérieur. Mais elle

n'adhère pas à l'idée que ces cadres soient construits à l'avance dans le système nerveux. L'intelligence doit construire elle-même ces structures en s'exerçant, c'est-à-dire par activation par l'environnement.

Des essais-erreurs, elle garde l'activité de l'esprit, dépendante de la réalité extérieure. Cependant, elle n'adhère pas à l'idée que cette activité se fasse au hasard. Les essais sont guidés par des intentions. Le sujet a toujours une idée directrice, même si celle-ci n'est pas toujours très consciente.

Les théoriciens ayant contribué au développement de ce courant sont entre autres Clarapède, Piaget, Wallon, et Vygotski.

Ainsi, les connaissances sont construites par le sujet grâce aux actions qu'il opère sur les objets : « *Les connaissances ne sont pas directement tirées de l'objet traité, mais des actions du sujet sur l'objet traité* » (Piaget, 1967).

2.2.3. Cognitivism

L'optique constructiviste (où l'enfant construit son savoir) permet à un nouveau courant de se développer : le cognitivism.

Ce terme vient du latin *cognere*, connaître. Il s'agit de l'étude du fonctionnement des activités mentales qui permettent l'acquisition et l'utilisation des connaissances.

Le mental est considéré comme une sorte d'ordinateur et le rôle du traitement de l'information (capacités perceptives, mnésiques, attentionnelles, langagières, émotionnelles...) est mis en avant.

De nombreuses théories, découlant de ce courant (comme le connexionnisme, le computationnisme...) font l'objet de recherches actuellement. C'est dans cette perspective constructiviste que les chercheurs pensent approcher au mieux l'intelligence en situation naturelle et comprendre alors son fonctionnement.

Attardons-nous désormais davantage sur l'approche constructiviste piagétienne.

3. Approche structurale de J. Piaget

Psychologue, mais aussi biologiste, logicien et épistémologue suisse, Jean Piaget a développé une théorie constructiviste sur la genèse de la construction de l'intelligence dans la première moitié du XX^{ème} siècle.

3.1. Ingrédients conceptuels

L'intelligence est un des outils du psychisme et se compose de différentes fonctions permettant à l'être humain d'appréhender le milieu dans lequel il évolue.

En observant directement l'enfant, Piaget cherche à connaître les mécanismes par lesquels se développe l'intelligence. Pour lui, le développement intellectuel s'inscrit dans une « *construction progressive s'édifiant à partir des interactions entre l'enfant et le monde extérieur* ». Il s'agit d'un « *moyen d'adaptation au milieu extérieur* » (Piaget, 1967).

Ainsi, toute connaissance est alors le produit de **l'interaction** de l'individu avec son milieu, de son activité sur l'environnement.

L'intelligence est aussi **logico-mathématique**, puisque « *confondue avec une capacité logiciante* », souligne Bruno Vilette (Vilette, 1996). On parle d'approche « **structurale** » piagétienne, car le développement intellectuel s'organise en structures dont les formes se rapprochent de plus en plus de celles du domaine logique et mathématique. Piaget articule en effet ses travaux autour de l'hypothèse selon laquelle il existe un lien entre l'intelligence et le développement logique de l'enfant. La logique devient à la fois instrument et objet de la psychologie de l'intelligence.

Les opérations cognitives s'organisent en structures d'ensemble :

- Structures sensori-motrices (objet permanent, espace, temps, causalité) ;
- Structures des opérations concrètes (conservation, classification et sériation) ;
- Structures formelles (structures combinatoires).

Ces structures caractérisent chacun des stades de l'intelligence que nous décrirons plus loin.

L'opération est un terme qui qualifie une action intériorisée, c'est-à-dire effectuée symboliquement ou en pensée et réversible (Legendre-Bergeron, 1998).

Par ailleurs, la théorie piagétienne est aussi qualifiée d'« **interactionniste** ». Il existe une interaction entre le sujet et les objets. L'enfant développe son intelligence en élaborant des structures de plus en plus complexes, selon l'environnement, tout en sachant qu'une structure nouvellement construite ne se substitue pas à l'autre mais s'en enrichit. Les structures sont donc dites « intégratives ».

Pour comprendre l'approche structurale de J. Piaget, il faut aussi considérer ses ancrages épistémologique et biologique.

Concernant l'**ancrage épistémologique**, l'enfant est observé non pas en tant que personne individuelle, mais en tant que « sujet épistémique ». Il représente l'universalité de l'intelligence humaine, « *conçu comme l'ensemble des mécanismes communs à tous les sujets du même niveau* » (Piaget, 1968). En naissant, tous les enfants ont les mêmes compétences et pourraient développer un certain nombre de performances. Dans cette perspective, il cherche à rendre compte des interactions entre le sujet et le milieu qui sont à l'origine de cette construction (Dolle & Bellano, 1989).

Concernant l'**ancrage biologique**, il y a selon Piaget, continuité entre les processus biologiques d'adaptation de l'organisme au milieu dans lequel il vit et les processus mentaux. Soumise aux lois biologiques, l'intelligence humaine est vue comme une structure interne qui tend à s'adapter au milieu environnant.

Enfin, son orientation résolument « **constructiviste** » soutient l'idée que l'enfant, tel un logicien ou un mathématicien, « *se construit en (re)construisant, (re)structurant, logiquement son environnement* » (Bideaud & Houdé, 1991). Cette position est en complète rupture avec les courants innéiste et empiriste, déterminant alors le « *rôle des actions et des opérations que l'enfant exerce à l'encontre de son milieu pour capturer les objets, leurs propriétés et leurs relations* » (Vilette, 1996).

3.2. Mécanismes du développement de l'intelligence

Pour mieux comprendre cette nature adaptative de l'intelligence humaine, il convient de présenter les mécanismes clés de la théorie piagétienne : d'une part, la notion de schème, et d'autre part, la notion même d'adaptation caractérisée par trois processus fondamentaux : l'assimilation, l'accommodation et l'équilibration.

3.2.1. Schèmes ou modèles d'action

Les schèmes sont des entités abstraites, ou unités de base de l'activité intellectuelle. Un schème s'apparente à la structure ou à l'organisation d'une action qui pourrait se répéter dans une situation semblable. Ainsi, confronté à diverses situations, l'enfant peut construire des schèmes, c'est-à-dire « *ce qui, dans une action, est transposable, généralisable ou différenciable d'une situation à la suivante, autrement dit ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions ou applications de la même action* » (Piaget, 1967).

Donc, non seulement les schèmes se complexifient progressivement en se consolidant s'ils se répètent, mais ils deviennent aussi de plus en plus nombreux, tout en se coordonnant progressivement les uns avec les autres.

La nature des schèmes évolue bien entendu de façon concomitante avec la capacité de représentation de l'enfant. Ainsi, les premiers schèmes sont-ils sensori-moteurs, ce sont les schèmes d'action. Plus tard, quand l'enfant peut se représenter le réel, apparaissent les schèmes pré-conceptuels. A l'apparition de la pensée logique, on parle enfin de schèmes conceptuels, comme par exemple, la conservation du nombre.

3.2.2. Adaptation

Au niveau cognitif, l'adaptation se traduit par une reconstruction et une réorganisation interne des connaissances d'un individu en développement, qui évolue dans un milieu lui-même changeant. Il s'agit de l'interaction entre deux processus complémentaires, l'assimilation et l'accommodation, et qui tendent à s'équilibrer par un troisième processus, l'équilibration.

Ainsi, l'adaptation intellectuelle est une « *mise en équilibre progressive entre un mécanisme assimilateur et une accommodation complémentaire* » et « *l'adaptation n'est achevée que lorsqu'elle aboutit à un système stable, c'est-à-dire lorsqu'il y a équilibre entre l'assimilation et l'accommodation* » (Piaget, 1937).

3.2.2.1. Assimilation

L'assimilation consiste à intégrer des éléments nouveaux dans les structures de l'intelligence. C'est un processus d'intégration du milieu extérieur à une conduite déjà existante. En d'autres termes, c'est par ce moyen que l'organisme agit sur l'environnement, sur les objets qui l'entourent. Il s'agit d'incorporer une situation ou un objet à un schème ou à un ensemble de schèmes coordonnés.

Par exemple, le bébé acquiert comme nouvelle structure d'action le « *schème de préhension manuelle* », il soumet alors tous les objets à cette nouvelle structure. On dit que le bébé assimile les objets à son schème de préhension manuelle (Laval, 2007).

L'assimilation peut avoir lieu dans différents domaines (moteur, perceptif, intellectuel...) et adopter plusieurs formes :

- **Reproductrice** (ou fonctionnelle) en fixant ou consolidant les schèmes existants par la répétition de la même action ;
- **Généralisatrice** en étendant le champ des schèmes d'actions à des secteurs non encore rencontrés (par exemple le schème de succion peut s'étendre à différents objets) ;
- **Recognitive** en discriminant les différents objets assimilables à un même schème d'actions (reconnaître le sein, le pouce ou un autre objet dans le schème de succion).

Ces trois formes participent à l'organisation interne des schèmes.

Enfin, une quatrième forme, l'assimilation **réciproque**, permet la coordination des schèmes entre eux (lorsque le bébé prend sa tétine, il y a donc une assimilation réciproque de deux schèmes : la préhension et la succion).

Ainsi toute nouvelle acquisition consiste à assimiler un objet à un schème antérieur, en l'élargissant. L'assimilation est bel et bien étroitement liée à l'action même du sujet sur les objets.

3.2.2.2. Accommodation

L'accommodation est complémentaire à l'assimilation : le sujet se crée des schèmes par assimilation, mais ceux-ci se complexifient grâce à l'accommodation. Ce processus d'accommodation permet à l'enfant de modifier le schème pour s'ajuster à un changement dans l'environnement.

Pour reprendre l'exemple du schème de préhension manuelle, l'enfant, face à un objet éloigné sur une table, s'adapte à l'environnement en tirant la nappe afin de prendre l'objet.

3.2.2.3. Equilibration

L'assimilation et l'accommodation sont les échanges complémentaires entre l'individu et son milieu. Ceux-ci visent à favoriser un certain équilibre. Cependant, ni l'individu, ni l'environnement ne sont statiques. Un état d'équilibre permanent est donc impossible. Ainsi l'équilibration consiste-t-elle en un processus d'autorégulation se faisant par le biais de réajustements ou de restructurations des structures internes par le sujet lui-même. Le sujet réagit alors aux modifications extérieures grâce aux deux pôles du processus d'équilibration, l'assimilation et l'accommodation.

3.3. Facteurs de développement

Le développement intellectuel se réalise sous l'influence de quatre facteurs (Piaget, 1937): la maturation du système nerveux, l'expérience, les facteurs sociaux et l'équilibration. Ces quatre facteurs sont à la base de la genèse des structures de l'intelligence, mais ils n'ont pas tous la même importance.

L'équilibration apparaît comme le facteur spécifique et fondamental. Elle régit l'ensemble du développement de l'intelligence en autorégulant l'activité cognitive.

Les trois autres facteurs sont nécessaires au bon développement intellectuel, mais aucun pris isolément ne peut expliquer ce développement à lui seul.

La maturation neurologique permet de délimiter chez l'enfant les possibilités d'action sur l'environnement par la création de réseaux neuronaux. Ces réseaux sont nécessaires à la mise en œuvre des schèmes mais ils ne sont pas suffisants, dans la mesure où cette maturation ne détermine pas le contenu des actions.

L'expérience peut être physique lorsqu'elle permet au sujet d'agir sur les objets pour en abstraire leurs propriétés. Mais elle peut aussi être logico-mathématique, lorsqu'elle concerne les propriétés des actions coordonnées. L'expérience n'est pas non plus suffisante dans le sens où l'enfant développe sa logique non des objets eux-mêmes, mais des actions qu'il exerce sur les objets ou sur les actions elles-mêmes.

Concernant **les facteurs sociaux**, il s'agit des interactions et des transmissions sociales. Eux aussi sont insuffisants car ils nécessitent une assimilation active de l'enfant.

Ces facteurs de développement de l'intelligence confirment l'existence d'échanges du sujet avec son environnement, et mettent en avant un rôle prépondérant du sujet sur l'environnement. Piaget décrit donc une approche qui se veut interactionniste mais au sens strict du terme. On retient que « *l'action du sujet constitue le moteur du développement cognitif* » (Laval, 2007). L'intelligence se construit par ce que l'enfant apprend par lui-même, ce qu'il découvre seul en expérimentant.

3.4. Stades

Les observations de Piaget le conduisent à décrire quatre stades représentatifs du développement de la pensée de l'enfant. Ces stades sont intrinsèquement liés aux structures de l'intelligence puisqu'à chaque stade franchi par l'enfant, se construit une structure (équilibre). Ils ont une durée variable, tout en ayant un ordre d'acquisition constant.

Piaget utilise quatre critères pour définir ces stades :

- Ils possèdent une structure d'ensemble qui détermine toutes les opérations possibles ;
- Ils se définissent par un niveau de préparation (ou point culminant du déséquilibre cognitif) et un niveau d'achèvement (ou point d'équilibration) ;
- Ils ont un caractère intégratif : ce que l'enfant construit à un stade sera intégré au stade suivant. Virginie Laval (Laval, 2007) précise donc que les opérations concrètes sont partie intégrante des opérations formelles, dans la mesure où ces dernières contiennent les opérations concrètes ;
- Ils sont constants dans un ordre de succession irréversible de trois stades. De plus, les acquisitions sont strictement ordonnées dans un même stade (Golse, 2008 ; Laval, 2007 ; Dolle, 2005).

Les quatre étapes successives et caractéristiques dans le développement des structures de l'intelligence décrites par Piaget sont : le stade sensori-moteur de 0 à 2 ans, le stade pré-opératoire entre 2 et 7-8 ans, le stade des opérations concrètes entre 7-8 ans et 11-12 ans et enfin le stade des opérations formelles à partir de 12 ans avec un palier d'équilibre vers 14-15 ans (Dolle & Bellano, 1989).

Dans notre recherche, nous nous intéresserons plus particulièrement au stade des opérations concrètes dans lequel se situe notre population, car selon Piaget, c'est à cette période que la conservation du nombre se met en place chez l'enfant.

3.4.1. Stade de l'intelligence sensori-motrice (jusqu' à 2 ans)

A ce stade, divisé en six sous-stades, l'intelligence est dite « pratique ». L'enfant agit sur l'objet pour élaborer son intelligence. La construction du réel se fait par le biais d'adaptations de plus en plus complexes (schème de l'objet permanent, espace, temps, causalité, etc.).

3.4.2. Stade de l'intelligence symbolique ou pré-opératoire (2 à 7/8 ans)

L'intelligence devient « symbolique ». En effet, l'enfant est capable de représentations mentales imagées et conceptuelles. Cela lui permet de reconstruire sur le plan de la représentation ce qu'il a acquis sur le plan de l'action.

La fonction symbolique se met en place avec pour supports : l'imitation, le jeu symbolique, le langage, le dessin, la danse, l'image mentale etc.

Cette période est considérée comme une longue préparation aux opérations concrètes, au cours de laquelle l'enfant se libère de son égocentrisme.

3.4.3. Stade de l'intelligence opératoire concrète (7-8 ans à 11-12 ans)

Notre étude sera centrée sur ce stade, puisque c'est à cette période que l'enfant acquiert la conservation numérique.

Au stade opératoire concret, la pensée est « **dynamique** ». L'enfant arrive à se représenter mentalement ses actions : il accède à une forme d'image mentale de reproduction et de transformation. Ainsi, il est capable, par un phénomène de **décentration**, de construire la **réversibilité opératoire** et de raisonner sur les transformations, mais uniquement avec un support concret.

Deux types d'opérations permettent, à ce stade, la mise en place du raisonnement logique : les opérations infra-logiques et les opérations logico-mathématiques.

Les opérations infra-logiques sont constitutives de l'objet. Elles permettent de structurer l'objet en tant que tel et sont spatiales et physiques. En effet, elles participent à la construction d'invariants physiques (substance, poids, volume) et d'invariants spatiaux (conservation des longueurs, des surfaces, des périmètres, établissement de l'horizontale, de la verticale...). Pour ce faire, l'enfant agit sur les objets, intériorise les structures de ses actions, puis les établit en tant qu'opérations réversibles par la notion d'invariance (Dolle J.-M. , 2005).

Les opérations logico-mathématiques ne portent pas sur la composition propre de l'objet. Elles partent des relations entre les objets : en les réunissant en classes, en les sériant et en les dénombrant. L'action de l'enfant sur l'objet lui permet d'en extraire des propriétés de ressemblance ou de différence. C'est donc en élaborant ces catégories logiques de classe et de sériation que l'enfant peut alors raisonner sur le principe de réalité. Il se détache petit à petit des « *aspects figuratifs* » de la connaissance (en lien avec une activité perceptive) pour se centrer sur les « *aspects opératifs* » par lesquels l'activité du sujet sur le réel permet d'accéder à la connaissance. Le raisonnement est alors qualifié

d'opérateur (Piaget, 1967). Ce n'est que progressivement, et par le principe d'abstraction, que le raisonnement logique est de moins en moins dépendant du réel (Butler, Shulman & Restaino-Baumann, 1985).

Dolle et Bellano explicitent ces deux procédés de l'intelligence, dont l'importance de l'un sur l'autre est fonction des moments et des modalités de l'activité (Dolle & Bellano, 1989).

Les procédés figuratifs, en référence à l'activité perceptive, sont la traduction du réel. Ils sont marqués par l'abstraction empirique (consistant en une « lecture » des propriétés des objets). La connaissance se veut ainsi statique.

Les procédés opératifs, eux, sont marqués par l'abstraction réfléchissante qui « *procède uniquement par transformation des états* » pour accéder à la pensée opératoire (Dolle, 2005). Ils englobent tout ce qui a trait aux transformations du sujet sur le réel, par le biais de son activité physique ou mentale.

Ces deux procédés forment « *un couple d'opposés dont l'un implique toujours l'autre et réciproquement* » (Dolle, 2005). Ainsi, le raisonnement de l'enfant se base-t-il simultanément sur ces deux aspects. On parle de figurativité ou d'opérativité selon la dominance de l'un sur l'autre.

A la fin du stade des opérations concrètes, il est cependant nécessaire que l'opératif domine par rapport au figuratif.

« *Les enfants qui n'apprennent pas présentent un mode de pensée de type figuratif. Il leur permet d'accéder à certaines conservations (...), mais ils ne procèdent pas de façon opératoire parce qu'ils ne mettent pas en jeu la réversibilité logique* » (Dolle & Bellano, 1989).

3.4.4. Stade de l'intelligence opératoire formelle (11-12 ans à 16 ans)

L'intelligence est enfin « hypothéticodéductive » : l'accès à l'abstraction permet à l'enfant d'émettre des hypothèses opérationnelles sans support concret. Cela lui permet de « *raisonner correctement sur des propositions auxquelles il ne croit pas ou pas encore,*

c'est-à-dire qu'il considère à titre de pures hypothèses (...), ce qui constitue le début de la pensée hypothético-déductive.» (Piaget & Inhelder, 1966).

4. Après Piaget : les néo-piagétiens / théories actuelles

Jusqu'aux années 1970, la théorie prépondérante du développement de l'intelligence est celle de Piaget. Depuis, une diversité de points de vue est mise en avant. S'il semble impossible d'extraire une seule théorie dominante dans cette mosaïque d'idées, nous notons cependant de grandes tendances.

4.1. Néo-piagétiens

Tout en s'inscrivant dans une certaine continuité, ce courant souhaite élargir et revisiter quelques composantes du modèle.

A. Demetriou, lui-même néo-piagétien (Demetriou, 1988), précise que ce courant se distingue de Piaget car les tâches utilisées dans les recherches font davantage référence aux contextes du quotidien et moins à la science et aux mathématiques. Les sciences cognitives sont à la base de nouvelles recherches et l'accent est mis sur les relations entre les mécanismes cognitifs et les compétences du sujet, tout en gardant la notion de stades d'acquisitions de Piaget.

Des travaux récents ont aussi suscité certaines remises en questions (Houdé, 1996 ; Fayol, 1990), notamment au niveau :

- Des âges correspondant aux stades du développement de l'intelligence estimés trop tardifs : les recherches actuelles mettent en avant les capacités précoces de l'enfant dans le domaine logique et numérique ;
- Du lexique employé dans les situations de test, jugé trop pointu par rapport à l'âge de l'enfant et portant à confusion (ex : autant, plus, moins,...) ;
- De la construction du nombre en elle-même, du rôle de l'interaction avec autrui, de l'importance du comptage, de la non-expérimentation du synchronisme d'acquisition de certaines structures logiques (conservation, inclusion, sériation).

C. Meljac nuance pourtant la critique concernant les âges d'acquisition, en précisant que Piaget a surtout cherché à organiser un modèle général et qu'il n'avait pas à disposition les moyens techniques d'aujourd'hui (Meljac C. , 2004).

4.2. Rôle crucial de la mémoire de travail

A partir des années 1980 apparaissent donc les sciences cognitives et de nouvelles alternatives à la théorie de J. Piaget.

Le psychologue américain Robbie Case, du centre des recherches en psychologie cognitive, propose ainsi un modèle où la mémoire de travail est l'élément clef du développement cognitif de l'enfant. Pour lui, cette mémoire s'assimile à « *une malle de rangement dont l'enfant apprend, avec l'expérience, à optimiser l'usage. [...] La capacité de rangement de la malle n'a pas augmenté, son utilisation est simplement optimisée* » (Vallié, 2005).

Le psychologue néo-piagétien Juan Pascual Leone fait de la mémoire de travail un moteur du développement cognitif avec sa « *théorie des opérateurs constructifs* » (Leone, 2000).

Même si nombre de chercheurs évoquent le rôle décisif de la mémoire de travail dans le développement cognitif, les preuves empiriques font encore défaut.

4.3. Modèles dynamiques

Dans les années 1990, on parle d'un « *nouveau paradigme* » (Demetriou, 2005) avec l'arrivée de « *modèles dynamiques du développement* ». Il n'est plus question d'une progression par stades mais d'une progression de l'intelligence de manière graduelle. Elle serait de ce fait quasi continue, avançant petit à petit, s'arrêtant même, et pouvant retourner en arrière...

Cette conception dynamique de l'intelligence est défendue par les théories évolutionnistes. Il s'agit là de faire l'analogie entre l'évolution biologique et l'évolution cognitive de l'individu. Le psychologue américain Robert Siegler imagine le développement cognitif comme « *une série de vagues qui se chevauchent, chacune correspondant à un mode de pensée ou à une stratégie différente* » (Siegler, 2000).

Ces théories évolutionnistes du développement cognitif tentent donc d'expliquer quelles compétences entrent en compétition et de quelle façon cette compétition conduit à des solutions « adaptées ».

Cette approche évolutionniste est partagée par le psychologue Olivier Houdé qui décrit la pensée comme une « jungle », où les compétences de l'enfant et de l'adulte se télescopent et se bousculent. Son idée phare est alors l'existence d'un « *mécanisme de blocage tout aussi puissant : l'inhibition* » et il ajoute que : « *Le développement cognitif du bébé ne devrait pas seulement être conçu comme l'acquisition progressive de connaissances mais aussi relever d'une capacité d'inhibition de réactions qui entravent l'expression de connaissances déjà présentes* » (Houdé, 2000).

4.4. Capacités insoupçonnées

Récemment, de nouveaux protocoles expérimentaux se sont mis en place et précisent le développement intellectuel de l'enfant (Vallié, 2005).

En 1985, Renée Baillargeon, Elisabeth Spelke et Stanley Vassermann affirment que la « permanence de l'objet » (quand l'enfant comprend qu'un objet existe encore, même si on vient de le faire disparaître sous ses yeux derrière un mouchoir) s'acquiert à 3-5 mois, alors que cette compétence est acquise beaucoup plus tardivement pour Piaget (2 ans).

Le psychologue américain John Flavell travaille lui sur la « théorie de l'esprit » : il s'agit de la capacité que les enfants ont à attribuer des sentiments et des croyances à eux-mêmes ou à autrui. Il y voit une pensée envisagée comme le fruit d'interactions subtiles entre la perception, les croyances, les états mentaux et physiologiques, les émotions, les désirs, les intentions et les comportements (Flavell, 1985).

Le psychologue A.R. Damasio a déjà évoqué le rôle crucial des émotions dans tout processus de raisonnement et les expériences d'imagerie neuronale d'O. Houdé l'ont depuis confirmé.

En découvrant ces capacités précoces chez l'enfant, on réanime aussi le vieux débat entre l'intelligence innée ou acquise, entre nativisme et constructivisme :

- Jacques Melher et Emmanuel Dupoux, nativistes, expliquent que les facultés cognitives « *s'accroissent avec l'âge selon un calendrier prédéterminé et un schéma directeur spécifique à l'espèce, qui doit peu à l'expérience acquise, au milieu ou à des apprentissages* » (Melher & Dupoux, 1990).
- La psychologue Annette Karmiloff-Smith refuse de choisir entre le constructivisme et le nativisme, estimant qu'il y a une complémentarité entre les deux approches. Le développement cognitif a pour origine des prédispositions innées et spécifiques contenues dans le cerveau sous forme de modules génétiquement déterminés. R. Baillargeon, O. Houdé et Pierre Mounoud évoquent l'idée qu'il existe très tôt des capacités de raisonnement logique et arithmétique, associées à une faculté très précoce d'apprentissage par la perception (notamment visuelle) ou par des couplages entre perception et action (Vallié, 2005).

4.5. Intelligence multiple

Un autre débat au cœur de la notion d'intelligence est d'actualité. A défaut d'être une « super composante », l'intelligence peut se décrire, pour les neurosciences cognitives, comme un ensemble de caractéristiques bien distinctes, indépendantes ou interdépendantes entre elles.

Howard Gardner, professeur de psychologie et de cognition-éducation à l'université d'Harvard, est le père de cette théorie des intelligences multiples. En comparant des aspects culturels, biologiques, et différentiels, il décrit huit formes d'intelligence : linguistique, musicale, logico-mathématique, spatiale, kinesthésique, intra et interpersonnelle, et naturaliste (Gardner, 1997).

4.6. Intelligence sociale / intelligence émotionnelle

Depuis Piaget, le concept d'intelligence s'est étoffé autour de la notion d'adaptation à l'environnement. D'autres formes d'intelligences ont ainsi été proposées : l'intelligence sociale et l'intelligence émotionnelle.

En effet, il est souvent reproché à J. Piaget d'avoir sous-estimé l'influence du milieu socio-culturel dans le développement intellectuel.

Le psychologue cognitiviste américain Jerome Bruner développe alors le courant de la psychologie culturelle. Il décrit en effet la manière dont le langage se construit lors des interactions entre l'enfant et ses parents (Bruner, 1990).

Plusieurs courants de psychologie du développement étudient aujourd'hui le rôle positif joué par les interactions sociales sur le développement cognitif du sujet.

Une autre tendance en vogue est celle de l'intelligence émotionnelle. Peter Salovey et John Mayer soutiennent ainsi que les sujets varient dans leur capacité à traiter l'information et dans leur capacité à établir un lien, entre le traitement émotionnel et la cognition générale. Ils posent ensuite l'hypothèse que cette capacité se manifeste dans certains comportements d'adaptation (Mayer, Salovey, & Caruso, 2000). Daniel Goleman, psychologue et journaliste scientifique, complète leurs travaux en décrivant des concepts de l'intelligence incluant des compétences émotionnelles dans son modèle de l'intelligence émotionnelle (Goleman, 1998).

Attachons-nous désormais à l'étude de la construction du nombre, étape essentielle dans le développement intellectuel selon le modèle piagétien.

II. Versant mathématique : construction du nombre

L'étude du nombre a depuis longtemps retenu l'attention. On relève au cours des siècles une large série de travaux sur le sujet.

Pour Piaget, le développement des compétences numériques de l'enfant est essentiellement lié au développement de ses compétences logiques.

Situer la notion de nombre dans son contexte historique permettra d'en définir le concept avant de décrire la construction et l'utilisation du nombre chez l'enfant.

1. Prémices du nombre et psychologie du développement

L'histoire du nombre, des civilisations anciennes à nos jours, permet de dégager certains points saillants de la psychologie du développement cognitif et de la psychogénèse du nombre chez l'enfant. On s'attachera à montrer par un bref aperçu, comment le déroulement de la conquête du nombre au cours de l'histoire peut éclairer la construction du nombre chez l'enfant.

En se penchant sur l'histoire du nombre, on remarque la « *solidarité constante et fructueuse entre la pensée logique, la pensée symbolique et l'action* » (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004).

On relève ainsi une progression qui s'apparente à la perspective constructiviste :

- L'ancrage initial des situations concrètes ;
- Le rôle déterminant du contexte socio-culturel ;
- L'émergence de la pensée symbolique et logique.

« *Le fait est pourtant certain : il fut un temps où l'être humain ne savait absolument pas compter* » (Ifrah, 1994).

Le point de départ se situerait en 30.000 avant notre ère. Les premiers nombres utilisés par l'humanité ont été « un », « deux » et « trois », le dernier qualifiant aussi ce qu'il y a au-delà. Car à l'origine, le nombre naît d'un besoin : l'homme, éleveur ou agriculteur, cherche à quantifier en s'appuyant sur des petits nombres et sur la notion de « beaucoup » (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004). Jacqueline Bideaud ajoute que les trois premiers nombres ont été primordiaux car les hommes ont une certaine limite dans la perception visuelle immédiate d'une collection. Sans compter, elle est limitée à trois, voire à quatre objets.

Même si ces nombres apparaissent doués d'un « *statut cognitif spécial* », comme le soulignent Bideaud, Lehalle & Vilette, on relève néanmoins une certaine « *limite conceptuelle du nombre à ses débuts* » (Ifrah, 1994). Les quantités appréhendées par la perception d'objets concrets ne mettent pas nécessairement en jeu le dénombrement.

L'homme apprend à quantifier et développe pour se faire des systèmes de plus en plus astucieux : os entaillés, usage de cailloux puis de jetons d'argile et aussi de parties du corps humain.

La quantification est d'abord « agie », grâce à l'utilisation de la correspondance terme à terme dans les techniques de calcul. Puis, elle devient « symbolique » lorsque les quantités ont augmenté, témoignant d'une structuration logique sous-jacente, « *signe du développement de la pensée symbolique* » (Ifrah et Margueron cités par Bideaud et al., 2004).

Se met alors en place une numération parlée de plus en plus élaborée (permise par l'émergence du langage), puis une numération dite figurale avec l'écriture des nombres.

Tracer les nombres est possible grâce à l'élaboration de codes spécifiques. En effet les notations numériques élaborées font suite à la compréhension de la cardinalité et de ses propriétés. Partant d'une base (la main), le lexique et la syntaxe se précisent pour l'écriture des nombres. Ces précisions langagières sont induites par la pression des nécessités culturelles pratiques et politiques, quand l'homme est devenu sédentaire et agriculteur (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004).

Ainsi, utilisant des nombres toujours plus grands, différents systèmes de numérations se sont développés selon des critères culturels. C'est pour cette raison que toutes les numérations n'ont pas suivi la même évolution (Chalon-Blanc, 1997).

Les mots s'associent ou se substituent aux premiers gestes pour quantifier les objets. Ensuite, des signes particuliers, les chiffres, font leur apparition pour laisser place plus tard aux lettres et aux équations. La pensée symbolique, alors possible, permet à la logique numérique de se déployer.

Pour arriver à ce déploiement, « *il aura fallu acquérir une certaine compréhension abstraite du nombre en se libérant du perceptif, en s'affranchissant entre autre de la sécurité du geste pour compter* » (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004).

2. Concept de nombre

Pour construire le concept de nombre, l'enfant doit comprendre que :

- Le nombre permet de représenter et mémoriser une quantité (le cardinal) ou une position (l'ordinal) ;
- Le nombre s'utilise pour anticiper des résultats dans des situations non encore réalisées.

2.1. Définition

Le mot « nombre » apparaît au XII^{ème} siècle (latin : *numerus*). C'est un « *concept de base des mathématiques, une des notions fondamentales de l'entendement que l'on peut rapporter à d'autres idées (de pluralité, d'ensemble, de correspondance), mais non définir* » (Robert, 2001).

Le Larousse complète cette définition en précisant qu'il peut être « *abstrait* », lorsqu'il est envisagé pour lui-même, indépendant de toute opération numérique, et « *concret* » lorsqu'il se rapporte à une collection que l'on peut compter (Larousse, 2005).

Il est inné pour Poincaré et acquis pour Russel. L'approche piagétienne, quant à elle, opère une synthèse, considérant que le nombre est « *la généralisation de l'équivalence propre aux classes et des relations propres aux différences* » (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007).

En effet, le nombre ne peut se construire chez l'enfant que si ce dernier possède des instruments logiques ; même si le nombre ne se limite pas à la logique uniquement.

On retient notamment la définition générale de Van Hout : « *Le nombre est une construction mentale, une création de la pensée humaine qui organise et assemble. Il est généralement défini par le chiffre qui est un signe indécomposable, désignant un nombre* » (Van Hout , Meljac, & Fisher, 2005).

2.2. Cardinalité / Ordinalité

Deux aspects indissociables du nombre permettent de représenter et mémoriser une quantité ou un rang dans une collection d'éléments ordonnés : l'aspect cardinal et l'aspect ordinal (Boule, 1985).

L'aspect cardinal du nombre fait référence à une quantité, au nombre d'éléments d'une collection. Cet aspect permet la mesure des quantités discontinues (ou objets distincts). Par exemple, « *dire qu'une boîte contient cinq crayons, c'est produire un énoncé indépendant de ce qui distingue les crayons les uns des autres et de leur disposition dans la boîte* » (Boule, 1985). Le chiffre « 5 » marque alors une propriété de la collection, propriété indépendante des objets eux-mêmes. Avec une autre collection, on pourra retrouver cette même propriété de quantité.

L'aspect ordinal du nombre désigne une position d'un élément parmi d'autres dans une même collection (numéroter un objet dans une suite avec une relation d'ordre : 3^{ème} étage d'un immeuble, porte 112). A l'école, les enfants l'utilisent dans un cadre spatial (bande numérique) ou verbal (comptine numérique). Ordonner ainsi les objets nécessite que tous soient distinguables par un critère.

Acquérir le concept de nombre selon Piaget résulte bien d'une synthèse de ces deux aspects. Il faut que l'enfant passe par un certain nombre d'étapes, dans un ordre fixe, indépendamment des temps et des lieux, mais dont la durée peut être variable d'un enfant à un autre (Piaget & Szeminska, 1991).

2.3. Numération

Il s'agit de la manière d'énoncer ou d'écrire les nombres. Contrairement au nombre qui se construit, la numération est issue d'un apprentissage.

Elle participe ainsi à la construction du concept du nombre en complément des structures logiques, citées précédemment dans le développement de l'intelligence.

Cet apprentissage exige que l'enfant possède une « pensée mathématique ». Celle-ci est permise par la combinaison et la maîtrise des notions de temps, d'espace, du concept de nombre (donc de ses pré-requis) et de la notion de symbolisme (Jaulin-Mannoni, 1974).

Guéritte-Hess, Causse-Mergui et Romier expliquent que la numération fait référence à «une convention, reposant sur un système » (Guéritte-Hess, Causse-Mergui & Romier, 2005). Le système numérique désigne « un ensemble d'unités choisies de manière à pouvoir exprimer les mesures de grandeurs physiques rationnellement et simplement » (Robert, 2001).

De plus, le système fonctionne selon trois principes (Van Hout , Meljac, & Fisher, 2005) :

- **Principe de base dix** : le système est décimal et suivant le principe de l'incrémementation, il regroupe les éléments par 10, dix unités correspondent à un paquet (une dizaine), puis dix paquets correspondent à une centaine... ;
- **Principe de position** : quand un groupement est réalisé, il est positionné à gauche ;
- **Principe du zéro** : les chiffres arabes utilisés sont 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ; le 0 marque l'absence de chiffres, le vide.

3. Situations d'utilisation du nombre

L'enfant utilise le nombre dans différentes situations, précisées par E. Roditi : la désignation, le rangement, quelques processus de quantification et le calcul (Roditi, 2005).

3.1. Désignation

La désignation utilise le nombre en tant que nom ou étiquette (indicatif téléphonique, numéro de train). Les nombres, dans ce cas, ne sont pas des indicateurs de quantité.

3.2. Rangement

Le rangement utilise le nombre pour ordonner les objets les uns par rapport aux autres. Il permet par exemple d'aider au repérage (« prendre la 2^{ème} rue à gauche » permet de savoir qu'il faut en passer une puis tourner).

3.3. Procédures de quantification

Piaget n'accorde que peu d'importance à la quantification dans la construction du nombre. Cependant, des études récentes montrent qu'elle serait fondamentale pour acquérir ultérieurement les autres habilités numériques et arithmétiques (Barrouillet & Camos, 2003).

La quantification permet d'associer une valeur numérique à une collection. Elle répond à la question « combien ? ». Il existe plusieurs manières de quantifier. Les procédures les plus souvent citées sont : la subitisation, l'estimation et le dénombrement.

3.3.1. Subitisation ou reconnaissance globale

Aussi appelée « subitizing » (du terme anglais *subit*), elle désigne un « *processus perceptif rapide et sûr d'appréhension immédiate de la numérosité* » (Barrouillet & Camos, 2003). Ce phénomène permet de reconnaître la numérosité de collections de petites quantités (jusqu'à 3 éléments), et ce de manière quasi instantanée.

Pour certains auteurs, le subitizing est un dénombrement rapide ou même une forme primitive de dénombrement qui se retrouve aussi chez les animaux (Gallistel & Gelman, 1991).

Pour d'autres, le subitizing repose sur la reconnaissance de figures géométriques. En effet, l'œil reconnaît les configurations spatiales de n'importe quels éléments à quantifier: 1 pour un point, 2 pour une ligne, 3 pour un triangle (Trick & Pylyshyn, 1993 ; Trick & Pylyshyn, 1994).

3.3.2. Estimation

L'estimation est utilisée pour quantifier de manière approximative des éléments d'un ensemble de taille arbitraire. Le sujet y a recours lorsque « *la taille de la collection est trop importante et/ou que le temps disponible est insuffisant pour réaliser la quantification par dénombrement* » (Pesenti & Rousselle, 2005).

3.3.3. Dénombrement

Dans « dénombrement », il y a « nombre », « *ce qui rappelle que cette procédure aboutit à une représentation numérique de la quantité* » (Brissiaud, 2003). En effet, dénombrer n'est pas compter. Pour dénombrer, il faut au-delà du comptage, comprendre ce qu'est une collection, se familiariser avec les différentes représentations du nombre, et enfin comprendre qu'un nombre peut représenter un objet unique ou toute la quantité d'objets.

Dénombrer une collection d'objets signifie pouvoir dire précisément combien cette collection comporte d'objets. Il s'agit alors pour l'enfant de comprendre que le « *dernier mot-nombre prononcé* » renvoie à une quantité et que cette quantité ne renvoie pas au dernier objet compté mais à toute la collection (Fuson & Kwon, 1991).

Le dénombrement peut être réalisé par deux grandes catégories de procédures que sont le comptage et le calcul.

- Le **comptage** consiste à trouver le nombre des éléments d'une collection en utilisant un numérotage (importance particulière du dernier mot-nombre prononcé...). Il s'appuie sur la suite des nombres, avec les mots-nombres. Il peut se faire en associant un mot de la suite « un, deux, trois... » à chaque objet (on utilise alors le comptage de un en un) ou encore en organisant d'abord les objets par paquets et on utilise la suite orale « de deux en deux », « de cinq en cinq »... Il utilise la comptine numérique mais ne renvoie pas à une quantité.
- Le **calcul** consiste à prévoir le résultat en utilisant uniquement des écritures chiffrées (et donc sans utiliser d'objets réels ou de représentations mentales de ces objets). R. Brissiaud introduit la notion de « *calcul sur les objets* » (Brissiaud R. , 2003). Le dénombrement peut alors être organisé en faisant des opérations sur les nombres (additions, multiplications...).

4. Notion de nombre chez l'enfant

4.1. Différents courants

C'est à partir du XXème siècle, et notamment à partir des travaux de Piaget, que l'on commence à s'intéresser au développement et à la construction du nombre chez l'enfant.

Plusieurs approches s'intéressant aux mathématiques émergent :

- **L'intuitionnisme**, selon laquelle les mathématiques ne dépendent aucunement de la logique, mais sont des « *créations mentales fondées sur l'intuition* » (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004) ;
- **L'innéisme**, représenté par Gelman et Wynn, qui estiment que l'environnement obéit à des normes dictées par le sujet. Ils recherchent l'état initial des notions en s'intéressant aux compétences des bébés (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004) ;
- **L'empirisme**, qui accorde davantage de crédit au rôle des données qu'à celui du sujet : les milieux imposent leurs normes aux sujets (Chalon-Blanc, 2005) ;
- **Le logicisme**, avec la perspective constructiviste, qui présente les mathématiques comme étant un pan de la logique. C'est dans ce courant que s'inscrivent les travaux de Piaget. La découverte du nombre se construit au fur et à mesure que le sujet échange et interagit avec son milieu (Houdé, 2011).

4.2. Théorie logiciste piagétienne

Pour Piaget, le nombre se construit au stade des opérations concrètes essentiellement grâce à l'élaboration de trois opérations logiques cruciales (Piaget, 1967) : le nombre est envisagé comme la synthèse de la structure infra-logique de conservation, des relations de classes (classification) et des relations asymétriques (sériation) (Piaget & Szeminska, 1991).

4.2.1. Structures logiques concernées

4.2.1.1. Classification

Cette structure logique permet à l'enfant de rassembler des objets qui partagent une propriété commune.

Chalon-Blanc évoque ainsi la notion d'« *abstraction réfléchissante* » : elle permet au sujet de définir une classe. Pour cela, il faut mettre en évidence une propriété commune à plusieurs objets distincts (Chalon-Blanc, 2005).

De plus, la classe fait émerger le cardinal. En effet, le nombre d'éléments d'une collection, le cardinal, est gouverné par une relation d'équivalence.

4.2.1.2. Sériation

La sériation permet « *d'ordonner des éléments selon des grandeurs croissantes ou décroissantes* » (Piaget & Inhelder, 1966). L'aspect ordinal est ici sollicité, dans le sens où l'on fait appel à des relations d'ordre. Sérier, c'est éviter de répéter, donc de compter deux fois un même objet (Chalon-Blanc, 2005).

Bacquet et Guéritte-Hess (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007) précisent même que la sériation structure la succession des nombres pour pouvoir alors les comparer et les situer dans une suite numérique ordonnée.

C'est justement cette mise en place d'un ordre entre des éléments d'une classe qui va être à l'origine de la construction du nombre : « *les termes dénombrés sont équivalents entre eux, en cela ils participent à la classe, et distincts les uns des autres par leur ordre de dénombrement, en cela ils participent de la relation d'ordre asymétrique* » (Piaget & Szeminska, 1991).

4.2.1.3. Conservation du nombre

La conservation du nombre est opératoire à partir de 7 ans. Elle est mise en évidence par l'épreuve piagétienne de conservation des quantités discontinues ou objets distincts.

L'enfant doit pouvoir parvenir à la certitude « *qu'une quantité donnée ne change pas, quelles que soient les modifications spatiales qu'on peut lui faire subir* » (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007).

Des étapes préalables sont nécessaires pour que l'enfant arrive à être « conservant », dont :

- **La correspondance terme à terme.** Cette dernière est également primordiale dans l'élaboration du nombre. En effet, l'enfant comprend la cardinalité du moment qu'il repère qu'en l'absence d'ajout ou de retrait d'éléments dans une collection, le cardinal du nombre n'est pas modifié ;
- **La réversibilité logique** qui permet d'annuler les transformations par la pensée (Sophian, 1991 ; Piaget & Szeminska, 1991).

En effet, « *la correspondance biunivoque, avec conservation de l'équivalence obtenue en dépit des transformations spatiales de la figure, constitue un apriori fondateur de l'arithmétique* » (Bideaud, Lehalle & Vilette, 2004).

4.2.2. Méthode clinico-expérimentale

Dans sa démarche expérimentale, Piaget utilise les « *entretiens clinico-expérimentaux* ».

Sa « *méthode clinique* », élaborée en 1929, permet de mettre en évidence le raisonnement spontané de l'enfant. Ainsi, par la conversation libre avec l'enfant, l'expérimentateur aborde un thème spécifique avec lui. Il s'adapte à ses réponses, testant par là même la solidité de son raisonnement.

Piaget et Inhelder distinguent trois niveaux de réussite : de l'absence de réussite à la réussite franche et durable, en passant par un niveau de réussite intermédiaire puisque non durable ou intuitif (Piaget & Inhelder, 1966).

Entre 1940 et 1955, la méthode est définie dans un contexte expérimental plus précis et devient « *clinico-critique* » (Dolle & Bellano, 1989).

Différents procédés sont utilisés par l'expérimentateur dans l'entretien libre avec l'enfant :

- **Suggestions**, afin d'amener l'enfant vers un niveau de réflexion supérieur ;
- **Justifications**, demandées pour s'assurer de la validité des réponses données par l'enfant ;
- **Contre-suggestions**, pour mesurer la solidité du raisonnement de l'enfant ;
- **Situation de conflit cognitif**, pour confronter l'enfant face à ses propres contradictions ; cela permet de se décentrer du raisonnement initial pour en envisager un autre possible (Chalon-Blanc, 2005).

On retrouve le processus d'équilibration, à travers l'assimilation et l'accommodation. C'est par ce moyen que l'enfant s'adapte face à une situation problème. Il va pouvoir progresser par rapport à son état antérieur en se construisant de nouvelles structures logiques.

5. Facteurs nécessaires au développement numérique

Les compétences numériques ne peuvent se déployer sans quelques acquisitions préalables.

5.1. Conditions psychologiques sous-jacentes au nombre

Chalon-Blanc évoque des conditions psychologiques indispensables pour « *l'invention du nombre* » (Chalon-Blanc, 2005) :

- La reconnaissance ou l'identité, la transgression d'un temps irréversible ;
- L'abstraction ou la correspondance, l'égalisation des différences en fonction d'une propriété commune.

5.1.1. Reconnaissance

Cette première condition psychologique est essentielle. Elle permet de relier un objet réellement présent ou évoqué à un objet passé ou futur, donc de pouvoir sortir du présent immédiat. On parle alors de « *transgression de l'irréversibilité du temps* ».

Il s'agit d'une discrimination très fine entre passé et présent. Elle s'applique à des observations répétées nécessaires afin d'établir des « *relations d'identité entre le présent et le passé* » (Chalon-Blanc, 2005).

5.1.2. Abstraction

Cette deuxième condition est la capacité à extraire un point particulier à partir d'objets différents : il s'agit d'isoler une propriété commune à des objets distincts.

Or, les propriétés retenues ne sont pas toutes de même nature permettant ainsi de distinguer deux types d'abstraction :

- **Abstraction simple ou empirique** : isoler une ou des propriétés communes visibles, inscrites sur les objets. Il s'agit de propriétés « *statiques* », « *copiées* », et considérées comme irréversibles par un « *sujet passif* » (Piaget, 1968 ; Piaget, 1977) ;

-
- **Abstraction réfléchissante ou constructive** : isoler des propriétés qui ne sont pas portées par les objets mais construites par le sujet et projetées par lui entre eux. Le sujet est actif et cherche à aller au-delà du monde sensible. Cela va lui permettre de répondre aux interrogations de plus en plus exigeantes que le réel lui pose (Chalon-Blanc, 1997).

Piaget et ses collaborateurs (Piaget, Sinclair & Vinh-Bang, 1968 ; Piaget, 1977) expliquent que l'abstraction réfléchissante permet d'extraire une propriété commune appartenant à l'expérience du sujet, donc à des actions exécutées intérieurement et coordonnées : les propriétés sont alors relationnelles. Le sujet constitue ainsi des systèmes.

Soulignons que ces deux capacités d'abstraction sont interactives et nécessaires l'une à l'autre.

5.1.3. Maturité affective

Appréhender une réalité nouvelle, comme le nombre, nécessite que l'enfant ait atteint une maturité affective suffisante.

C'est dans ce sens que Piaget soutient l'idée d'un lien entre développement cognitif et affectif dans le cadre des apprentissages.

Flavell, en citant Piaget et Inhelder, précise qu'il s'agit de deux dimensions interdépendantes d'une même réalité : « *La vie affective, comme la vie intellectuelle, est une adaptation continue et les deux dimensions ne sont pas seulement parallèles mais interdépendantes, puisque les sentiments expriment l'intérêt et la valeur donnée aux actions auxquelles l'intelligence donne la structure* » (Flavell, 1985 ; Piaget & Inhelder, 1963).

Il serait donc déraisonnable de ne pas tenir compte de l'évolution psychique de l'enfant dans la construction des apprentissages (Graindorge & Bydlowski, 2007). C. Graindorge rappelle les différents stades évolutifs décrits par Freud et particulièrement le stade œdipien et la phase de latence.

Il s'agit en effet de la période où l'enfant aborde les apprentissages. Ces étapes vont donc influencer sur les capacités de l'enfant à utiliser son potentiel cognitif.

5.2. Compétences cognitives sous-jacentes au nombre

5.2.1. Fonction symbolique et le langage

Capacité spécifiquement humaine, l'activité symbolique permet de représenter des objets absents. Celle-ci accompagne les autres conditions psychologiques nécessaires à la mise en place du nombre. En effet, elle « *consiste à évoquer des objets ou situations non perçus actuellement en se servant des signes ou des symboles différenciés de leurs signifiés* » (Piaget, 1963).

C'est justement par l'utilisation de signes et de symboles, comme le langage et les chiffres, que l'enfant pourra symboliser et donc évoquer des objets ou des situations (Mazeau, 1999).

Le langage est un des aspects de la fonction symbolique. Il est nécessaire dans l'émergence du nombre chez l'enfant. « *Le langage est une condition nécessaire de l'invention du nombre: il permet l'évocation et il en décuple la puissance.* » A. Chalon-Blanc considère ainsi le langage comme un des supports les plus puissants d'évocation du nombre (Chalon-Blanc, 2005).

Le langage n'est cependant pas une condition suffisante pour deux raisons :

- Les prémices du nombre apparaissent avant la numération dite « parlée », avec l'action même du sujet sur l'objet. En 1967, Piaget précise en effet que « *sans les actions d'abord exécutées sur les objets, puis intériorisées et effectuées sur des symboles, le langage ne serait qu'une vaste copie sonore de l'univers des phénomènes à eux seuls* » (Piaget, 1967b).

Les expériences de Piaget permettent de montrer que les jeunes enfants conservent de petites quantités discrètes, donc manient des nombres, sans savoir pour autant les nommer ;

- Le nombre, même inscrit dans le langage, n'est pas forcément construit. Ainsi, le jeune enfant peut-il connaître la comptine numérique, sans avoir pour autant acquis la notion de quantité, donc sans avoir construit le signifié du nombre. Les expériences de Gréco permettent de montrer que les jeunes enfants peuvent ainsi manier des mots-nombres sans les comprendre (Chalon-Blanc, 2005).

5.2.2. Mémoire

Les compétences mnésiques sont notamment sollicitées dans le développement numérique. Elles sont sollicitées « à toutes les étapes de l'acquisition des différents savoirs afférents au nombre » (Mazeau, 1999).

Du côté de la **mémoire à long terme**, interviennent :

- La *mémoire déclarative ou explicite* pour l'encodage, le stockage et la récupération des connaissances acquises, apprises par cœur (règles générales de déduction, propriétés, relations) ;
- La *mémoire non déclarative ou implicite*, et plus précisément la mémoire procédurale pour l'application des techniques opératoires.

La **mémoire de travail** entre aussi en jeu. Il s'agit d'une mémoire à capacité limitée, du même type que la mémoire à court terme, où sont stockées les informations utiles à la tâche en cours (données d'un problème, résultats déjà calculés...). Elle est utilisée pour les opérations mentales sur les nombres (Richard, 1982).

5.2.3. Fonctions exécutives et attentionnelles

Les fonctions exécutives et attentionnelles sont fonction de la maturation cérébrale du sujet et jouent un rôle important dans les acquisitions de l'enfant, notamment au niveau du nombre et de la logique (Mazeau, 1999).

Les travaux de Badian ont permis de faire les premiers liens entre échecs en mathématiques et défauts attentionnels. Il met en évidence une dyscalculie dite « *attentionnelle séquentielle* » pour qualifier les erreurs d'attention dans la séquenciation des différentes étapes des algorithmes (Badian, 1983).

Des études montrent aussi que des déficits de l'inhibition, de la flexibilité, de l'élaboration de stratégies, de la vitesse de traitement de l'information peuvent être mis en corrélation avec le faible niveau en mathématiques de certains enfants (Clarks, Pritchard, & Woodward, 2010).

Les travaux d'Olivier Houdé vont aussi dans le sens du rôle important des fonctions exécutives : hiérarchisation et organisation des opérations mentales, structuration des

stratégies appropriées et inhibition de schèmes automatiques mais non-pertinents (Houdé, 1995).

On rapproche ainsi l'acquisition de la notion de conservation du nombre avec la maturité « *fonctionnelle* » cérébrale, le développement d'un réseau pariéto-frontal, qui favorise « *l'inhibition cognitive* » des réponses intuitives perceptives (Houdé, 2011).

6. Nouveaux horizons du nombre : apports post-piagétien

Les travaux de Piaget ont été approfondis et les données actuelles indiquent quelques changements.

6.1. Apport des sciences cognitives

Les sciences cognitives apparentent le fonctionnement de l'intelligence à celui d'un ordinateur où le fonctionnement cérébral s'explique par le calcul des représentations mentales.

Dehaene & Cohen, chercheurs neurologues et neuropsychologues, proposent le « *modèle du triple code* », reposant sur trois représentations des nombres. Ils apparentent ce modèle à des données anatomiques en s'appuyant sur des techniques d'imagerie médicale.

De plus, ils mettent en valeur le rôle du langage, sous-estimé dans le modèle piagétien : le linguiste Chomsky sera leur porte-parole (Roditi, 2005).

6.2. Recherches innéistes

En 1978, Rachel Gelman et C.R. Gallistel développent une approche très différente de celle de J. Piaget.

Ainsi proposent-ils un modèle où l'enfant est pourvu d'un accès au nombre fondé sur cinq principes (Baroody, 1991) :

- **Le principe d'ordre stable** : les éléments de la chaîne numérique sont toujours énoncés dans le même ordre ;
- **Le principe de correspondance terme à terme** : les objets d'une collection se voient attribués à chacun un « mot-nombre » ;

-
- **Le principe cardinal** : le dernier mot-nombre prononcé est associé à la quantité d'objets de la collection dénombrée ;
 - **Le principe de non-pertinence de l'ordre** : le nombre d'éléments de la collection, caractérisé par le dernier mot-nombre prononcé, n'est pas dépendant de l'ordre par lequel le sujet a parcouru tous les objets de la collection ;
 - **Le principe d'abstraction** : il n'y a pas de lien entre la nature des éléments de la collection à dénombrer et le dénombrement en lui-même.

L'enfant aurait précocement à disposition ces cinq principes. La mise en œuvre simultanée reste alors l'enjeu de la construction du nombre.

De plus, ils se centrent notamment sur les capacités de comptage, délaissées par Piaget car ne relevant pas de la logique et du raisonnement selon lui.

Gelman et Gallistel suggèrent que le dénombrement précède l'accès à la conservation du nombre et en serait un pré-requis (avec la « comptine » numérique). Ils montrent que l'entraînement au dénombrement peut aider l'enfant à développer les capacités opératoires qui sous-tendent le concept de nombre (Baroody, 1991).

D'autres travaux de ce courant, et notamment de Wynn en 1992, vont dans le sens d'éventuelles capacités proto-numériques des enfants. Ils parlent de capacités numériques innées chez les bébés en ce qui concerne des tâches de calculs sur de petits nombres (Wynn, 1996).

Des recherches récentes montrent une perception précoce des nombres mais de manière relativement abstraite et approximative (Xu & Spelke, 2000).

6.3. Interactionnisme social

Cette approche valorise non seulement le rôle du langage, mais aussi celui des interactions sociales.

Vygotski, le père de ce courant, définit un mouvement de développement qui passe de l'inter-psychique (les interactions avec les adultes et avec les pairs) à l'intra-psychique (intérieurisation de procédés appris au cours des interactions sociales) où le langage, notamment le langage écrit, joue un rôle d'instrument psychologique (Vygotski, 1997) .

Ce courant inspire les psychologues et didacticiens, travaillant sur la construction du nombre, en proposant des situations d'apprentissage dans une dimension collective de résolution de problèmes (Brissiaud, 2003).

III. Versant logique : la structure logique de conservation des quantités discontinues

1. Pensée opératoire concrète

La structure logique de conservation du nombre est une des opérations concrètes (parmi la sériation, la classification...) qui s'acquiert aux alentours de l'âge de 7 ans (Piaget, 1937).

A cette période, l'enfant découvre la **réversibilité logique**. Elle lui donne beaucoup plus de mobilité pour penser grâce au phénomène de décentration.

En effet, vers l'âge de 7-8 ans, l'enfant quitte sa pensée égocentrique, et devient capable de **décentration**. Jusqu'alors, il ne parvient pas, d'un point de vue perceptif, à se mettre à la place d'autrui. L'enfant pense que tout le monde voit comme lui, et que sa vision du monde est la seule possible. Sa représentation du réel correspond, selon lui, à la réalité concrète. De cette manière l'enfant agit en fonction de sa centration. Progressivement, il comprend que la perception varie en fonction du point de vue adopté. Il distingue l'apparence de la réalité et coordonne alors les différents points de vue.

Cette réversibilité suppose la constitution **d'invariants**. Car « *une opération est ce qui transforme un état A en un état B en laissant au moins une propriété invariante au cours de la transformation, et avec retour possible de B en A annulant la transformation* » (Piaget & Inhelder, 1963).

Les invariants sont les propriétés ou qualités des objets qui restent constantes malgré les transformations opérées sur les objets (le poids, le volume, la substance...). L'enfant acquiert ces invariants par des actions, des opérations sur les objets (classification, mise en relation, comparaison, fonction...). Ils permettent d'acquérir les notions d'espace, de temps, de mouvement, de vitesse, de causalité... L'objet se construit donc par la perception, la manipulation et la réflexion.

La réversibilité logique et la constitution d'invariants permettent alors à l'enfant de se construire un ensemble de **schèmes de conservation** (ou **notions de conservations**).

Ces trois caractéristiques (réversibilité logique, constitution d'invariants et schèmes de conservation) sont constitutives d'une pensée dite **opératoire**. Elle « *devient opératoire à partir du moment où elle acquiert une mobilité telle qu'une action effective du sujet (classer, additionner, etc.) ou une transformation perçue dans le monde physique (d'une boule de plasticine, d'un volume de liquides, etc.) peut être annulée en pensée par une action orientée en sens inverse ou compensée par une action réciproque* » (Inhelder, 1963).

Ces schèmes de conservation restent aussi dépendants d'une certaine structuration logico-mathématique due aux activités du sujet. C'est pourquoi, ces schèmes s'acquièrent en même temps que s'élaborent les structures logico-mathématiques de classification, de sériation et de conservation du nombre.

Piaget et Inhelder évoquent aussi le rôle de « *facteurs de mobilité rétroactive et anticipatrice* ». En effet, ils précisent que « *la structure fondamentale qu'est la réversibilité opératoire* » s'élabore au sein d'un « *contexte fonctionnel général* ». Celui-ci est constitué de ce qu'ils nomment « *la mobilité rétroactive et anticipatrice* ».

Au stade opératoire concret, le raisonnement de l'enfant se caractérise par une grande mobilité des manipulations mentales. Les schèmes de conservation, se constituant, permettent à l'enfant d'avoir une pensée dite « mobile » : la rétroaction, ou « mobilité rétroactive », ainsi que l'anticipation, ou « mobilité anticipatrice » deviennent alors possibles. Ces processus permettent ainsi à l'enfant de raisonner sur le réel sans tâtonnements (Piaget & Inhelder, 1990).

Ainsi, la mise en place de ces structures de pensée logico-mathématiques qualifie le **raisonnement logico-mathématique**. En effet, l'enfant réfléchit et construit progressivement sa pensée, à ce stade, en termes de concepts, sur les structures logico-mathématiques en particulier (Brin-Henry, Couturier, Lederle & Masy, 2004).

2. Notion de quantité

Le terme quantité est la « *mesure de l'extension des collections* » (Campolini, Timmermans, & Vansteelandt, 2002).

On distingue deux types de quantités :

- **Quantités continues** : elles se rapportent aux conservations physiques qui ne permettent pas d'isoler les éléments. Pour pouvoir les dénombrer, il faut les scinder, en avoir fait des parts. Elles concernent le poids, la longueur, la capacité, l'espace ou le temps... ;
- **Quantités discontinues (ou discrètes)** : elles se rapportent aux conservations numériques, donc aux éléments décomposables ou quantifiables numériquement. Pour J. Piaget, « *on parle de quantités discontinues lorsque l'enfant parvient à la fois à les évaluer globalement lorsque les éléments sont accumulés ou à les dénombrer lorsqu'ils sont dissociés* ». Contrairement aux quantités continues, celles-ci sont déjà scindées et peuvent donc être dénombrées directement grâce au code de la numération (par exemple des jetons, des perles...) (Piaget, 1967).

L'expression « *conservation des quantités discrètes* » est équivalente pour Piaget à la « *conservation du nombre* » ou à la « *conservation numérique* ». Il s'agit de considérer des petits ensembles discrets d'éléments pour faire référence à une quantité et non au symbole numérique qui lui correspond (Inhelder, Sinclair & Bovet, 1974).

3. Conservation

3.1. Définition

La capacité de conservation est la capacité générale qui permet à l'enfant de voir que la quantité demeure la même malgré le changement d'apparence.

Elle permet, pour l'enfant « conservant », de dégager les aspects invariants de l'objet au travers des transformations que cet objet subit. L'enfant réalise donc que « *certaines propriétés d'une situation ou d'un objet sont invariantes par rapport à l'action qui leur est imprimée* » (Piaget, 1972).

En devenant « conservant », sa pensée « *se détache donc progressivement de l'intuition perceptive et des données figurales immédiates* » et il devient « *capable de coordonner les événements entre eux, et de revenir au point de départ* » (Garcez, 1969).

3.2. Principes de conservation

Avant 7/8 ans, « *l'enfant n'admet ni la conservation de la substance, ni celle du poids, ni celle du volume : si nous altérons la forme d'une boule de plasticine, l'enfant affirmera soit à une diminution, soit à une augmentation de la substance, du poids et du volume. De 8 à 10 ans en moyenne, l'enfant admet la conservation de la substance, mais il se laisse à nouveau dominer par les données perceptives immédiates quand il s'agit de la notion de poids ou de volume. Au-delà de 11/12 ans, l'enfant admet simultanément les trois formes de conservation* » (Garcez, 1969).

Il existe en effet plusieurs types de conservations. On distingue les conservations **physiques**, les conservations **spatiales** et les conservations **numériques** (Dolle, 2005).

Elles ne sont pas acquises en même temps. En effet, les opérations concrètes portent sur le réel concret, c'est-à-dire l'environnement. Celui-ci est une variable à prendre en compte : les opérations concrètes en sont dépendantes, on parle de « résistance au réel ». Les décalages d'acquisition sont aussi le fait des difficultés éprouvées par l'enfant à se détacher des configurations perceptives. Acquérir la conservation, c'est ne s'attacher qu'aux transformations en tant que telles.

Pour chacune de ces conservations, Piaget a mis au point une série de situations expérimentales ingénieuses permettant de suivre au plus près le raisonnement de l'enfant.

Chacune d'elles permet de proposer d'abord à l'enfant une égalité initiale pour l'amener à porter un jugement de comparaison sur deux objets de même configuration (par exemple, deux boules de pâte à modeler de même taille ou deux collections de jetons, mises en correspondance terme à terme). Cette égalité initiale une fois admise, l'enfant observe ensuite une transformation physique modifiant la configuration d'un des deux objets (allonger ou sectionner une boule, mettre en tas l'une des deux collections de jetons...), l'autre restant intacte. Il est alors demandé à l'enfant son jugement sur le maintien ou non de l'égalité initiale. Pour ce faire, on l'incite à se justifier en argumentant (Deleau, 2006).

Piaget estime ainsi les âges d'acquisitions pour chacune des conservations :

- **Conservations physiques**
Substance : 7/8 ans
Poids : 9/10 ans
Volume : 11/12 ans
- **Conservations spatiales**
Longueur : 7 ans
Surface : 9/10 ans
Volumes spatiaux : 11/ 12 ans
- **Conservation numérique**
Nombre d'éléments : 7 ans

Il convient de spécifier que les « *notions de conservation concernent des propriétés de plus en plus complexes : les premières conservations concernent la quantité numérique, puis la quantité de matière, servant d'appui à la construction du poids, celle-ci à la construction du volume, ...* » (Deleau, 2006).

3.3. Conduites de l'enfant

La toute première forme de conservation conquise par l'enfant est celle de l'objet (vers 2 ans pour Piaget). Celle-ci constitue le schème de l'objet permanent et l'invariant du « *groupe pratique de déplacement* » (Piaget, 1937). Il est alors possible pour l'enfant de reconnaître un objet à travers les multiples déformations dues aux angles perceptifs sous lesquels il se présente, et surtout, de retrouver un objet disparu de son champ visuel. L'enfant attribue ainsi à l'objet une « *existence indépendante et objective* » (Vilette, 1996).

Mais il ne s'agit que de la « *permanence d'un objet perceptif total* » (Vilette, 1996). Cette conservation de l'objet ne prend ni en compte les parties constituantes de l'objet, ni les transformations qui peuvent le modifier. Il faut encore une longue expérience pour que l'enfant accède à la permanence des quantités physiques et spatiales constitutives de l'objet lui-même.

L'observation de Piaget d'enfants âgés de 5 à 10 ans, soumis à ses épreuves de conservation, lui permet de distinguer trois niveaux de conduites successives (Dolle J.-M., 2005) :

-
- **L'enfant non-conservant** : tout changement est considéré comme entraînant une modification quantitative ;
 - **L'enfant conservant intermédiaire** : la quantité se conserve pour certaines conservations mais pas pour d'autres. L'enfant peut tantôt maintenir la conservation, tantôt la nier comme au stade précédent ;
 - **L'enfant conservant réel** : il affirme d'emblée la conservation comme une nécessité évidente, et cela indépendamment des déformations provoquées.

4. Conservation du nombre

4.1. Correspondance terme à terme

La mise en évidence de la conservation numérique repose sur des situations de mise en correspondance terme à terme.

La correspondance terme à terme permet de « *faire correspondre à chacun des éléments d'un premier ensemble, un et un seul élément d'un second ensemble* » (Bastien, 2003).

Elle nécessite ainsi de pouvoir parcourir de manière ordonnée deux ensembles.

Deux types de correspondance terme à terme peuvent être distingués : la correspondance spontanée et la correspondance provoquée (Guidetti, 2002).

Dans ses travaux riches d'exemples, Piaget utilise la première avec l'épreuve des **jetons**, la seconde avec l'épreuve **des œufs et des coquetiers** notamment.

4.1.1. Correspondance spontanée

La correspondance spontanée se rencontre lorsque l'enfant « *est appelé à évaluer une quantité d'objets donnés au moyen d'objets de même nature qu'il leur fait correspondre : par exemple, un joueur posant 4 à 6 billes sur le terrain, son partenaire voudra en mettre autant, et, même sans savoir compter, il parviendra à composer une collection équivalente* » (Piaget & Szeminska, 1991).

On trouve trois stades successifs (Vilette, 1996) :

-
- L'enfant établit la deuxième rangée suite à la comparaison perceptive globale de la première. L'évaluation cardinale du nombre de jetons de la première rangée est effectuée par le critère de la « forme d'ensemble » (pensée intuitive) ;
 - La correspondance est intuitive. L'enfant prend les jetons un à un et les dispose successivement en face du modèle. Une fois la configuration d'une des deux rangées modifiée, il ne tient pas compte de l'équivalence numérique. L'évaluation cardinale du nombre de jetons est effectuée par le critère des « particularités perceptives » des rangées (pensée articulée) ;
 - D'emblée, l'enfant reproduit la rangée par correspondance. Cette correspondance est soit numérique (dénombrement préalable), soit quantifiante (appariement sans passer nécessairement par une correspondance visuelle). L'enfant affirme l'équivalence cardinale des deux collections.

4.1.2. Correspondance provoquée

La correspondance provoquée permet de mettre en correspondance des objets hétérogènes. La correspondance est provoquée par les circonstances extérieures. « *Par exemple, l'enfant peut être appelé, au cours d'un repas, à mettre un œuf par coquetier ou un verre par petite bouteille, ou une fleur par vase allongé, etc. Et surtout, il faut faire entrer dans cette catégorie l'échange un contre un, par exemple, l'échange répété d'une fleur ou d'un bonbon contre un sou, etc.* » (Piaget & Szeminska, 1991).

Les trois stades successifs de conduites sont les mêmes que ceux décrits avec la correspondance spontanée.

Pour Piaget, le développement progressif de l'utilisation de la correspondance terme à terme témoigne d'une « *coordination progressive des rapports représentatifs, c'est-à-dire d'une conceptualisation croissante* » (Vilette, 1996).

4.2. Epreuve piagétienne de conservation des quantités discontinues

Concernant l'épreuve piagétienne de conservation des quantités discontinues, l'expérimentateur peut utiliser des éléments de nature identique ou différente (jetons-jetons ; vases-fleurs ; coquetiers-œufs...) selon le type de correspondance terme à terme démarrant l'épreuve. La formulation des consignes est évidemment adaptée mais la procédure décrite par Piaget et Szeminska reste la même.

Au sujet du nombre d'éléments à disposer par rangée, Piaget précise qu'il en utilise 6 à 10 (Piaget & Szeminska, 1991).

4.2.1. Présentation du protocole

L'enfant doit tout d'abord mettre en correspondance terme à terme deux rangées de sept jetons. Cela lui permet de juger de l'équivalence numérique de deux collections (Piaget & Szeminska, 1991).

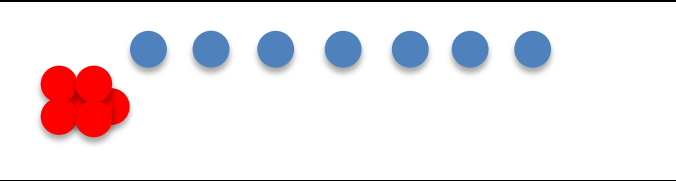
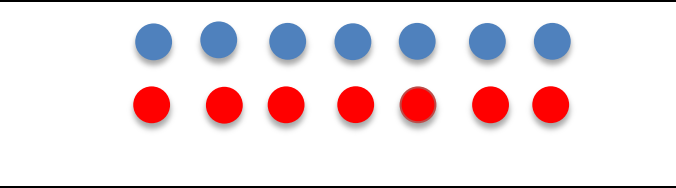
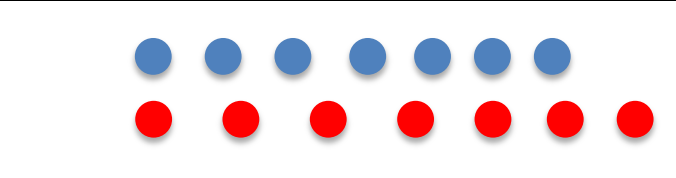
Etat initial des collections de jetons	
Mise en correspondance terme à terme par l'enfant	
Déplacement des jetons par l'expérimentateur	

Tableau 1: Epreuve piagétienne de conservation du nombre

Une fois les deux rangées mises en correspondance terme à terme (sept rouges et sept bleus, cf. tableau 1), l'expérimentateur transforme l'une des rangées de sorte que la correspondance visuelle avec l'autre rangée soit rompue. Il pose alors la question : « *Y a-t-il plus de rouges, plus de bleus, ou le même nombre de jetons rouges et bleus ? Comment le sais-tu ?* » (Vilette, 1996).

En utilisant un départ d'épreuve avec une correspondance terme à terme provoquée, Piaget décrit l'épreuve des « œufs et des coquetiers » (Piaget & Szeminska, 1991).

Il s'agit d'aligner une rangée de 6 coquetiers devant l'enfant et de lui demander de mettre autant d'œufs que de coquetiers. Les consignes suggérées sont : « *Prends juste assez d'œufs pour mettre avec les coquetiers... Mets bien un œuf à chaque coquetier... Il ne faut pas qu'il y en ait plus ou moins* ». Les œufs ne sont pas à mettre dans les coquetiers mais devant les coquetiers alignés. Une fois les éléments mis en correspondance terme à terme, on questionne l'enfant : « *Est-ce qu'il y a la même chose d'œufs et de coquetiers, ou est-ce qu'il y a plus d'œufs... ou plus de coquetiers ?... pourquoi ?* »

Le fait d'introduire les œufs dans les coquetiers permet de vérifier la correspondance terme à terme. Une fois l'égalité numérique reconnue, on dispose les éléments en deux rangées distinctes, de telle sorte que les œufs soient alignés devant les coquetiers en les espaçant plus que les coquetiers (la rangée de coquetiers est donc plus courte). Une question est alors posée à l'enfant : « *Y a-t-il plus d'œufs que de coquetiers ou l'inverse ?* », Si l'enfant reconnaît l'équivalence numérique, l'expérimentateur propose une contre suggestion. Si cette conservation est maintenue, l'enfant est dit « conservant » (Deleau, 2006).

Piaget soumet ces épreuves à des enfants de 4 à 8 ans, il distingue quatre niveaux successifs de conduites :

- **Absence de la correspondance terme à terme (4/5 ans) :** L'enfant de ce niveau ne sait pas encore utiliser la correspondance terme à terme pour établir l'équivalence des deux rangées de jetons. Il construit certes une rangée de même longueur que celle de l'expérimentateur mais en serrant plus ou moins les jetons. Cette conduite est caractéristique de la première étape de la pensée intuitive pré-opératoire : l'intuition simple. La pensée est imagée et porte sur des configurations d'ensembles statiques ;
- **Correspondance terme à terme sans conservation (5/6 ans) :** L'enfant est capable d'opérer une correspondance terme à terme en alignant les 7 jetons de la première rangée en regard des 7 jetons de la deuxième. Cependant, on note une franche non-conservation du nombre : sans correspondance visuelle entre les jetons, l'enfant renonce à l'équivalence numérique des deux rangées. Cette conduite est caractéristique de la seconde étape de la pensée intuitive : l'intuition

articulée. Les justifications données par l'enfant portent sur la densité des rangées (« *il y a plus de jetons ici parce qu'ils sont plus serrés* »), ou sur leur longueur (« *c'est plus long ici, il y a plus de jetons* »). L'enfant se centre sur une dimension et une seule (la longueur ou la densité). A ce niveau, seules importent les apparences perceptives contraires, traduisant une centration sur des états et non sur le raisonnement concernant des transformations (Vilette, 1996).

De plus à ce stade, l'enfant non-conservant nie l'invariance numérique, quels que soient le matériel utilisé et les consignes proposées. La non-conservation semble s'imposer à lui comme une évidence (Deleau, 2006) ;

- **Conservation non durable (6/7 ans) :** les conduites sont dites intermédiaires car ses réponses sont tantôt vraies tantôt fausses selon la transformation réalisée et l'aspect global des collections qui en découle. Ce niveau de transition n'est pas un passage obligé. Piaget y voit l'existence d'un conflit entre la correspondance terme à terme et les rapports perceptifs de différences (Vilette, 1996).

L'enfant répond principalement « *je ne sais pas* », ou par des non-réponses protocolaires (simple description de la situation globale ; description de la co-variation des aspects perceptifs, avec une sorte d'évitement de la question), par des réponses de quasi-conservation (la conservation est affirmée, parfois non en fonction des situations) ou par des réponses de type compromis compensatoire : « *ça doit faire un peu la même chose* ». Généralement, les réponses restent fluctuantes, très soumises à la suggestion perceptive. Ses réponses ne s'accompagnent d'aucun sentiment d'évidence, l'enfant est souvent perplexe (Deleau, 2006) ;

- **Conservation nécessaire (à partir de 7 ans) :** l'enfant affirme d'emblée et de manière franche la conservation du nombre et ce, quelle que soit la nature des déformations effectuées. L'enfant privilégie le facteur d'équivalence, issu de la correspondance terme à terme sur celui du facteur de différence, résultant de son évaluation globale perceptive. La conservation est dite « opératoire » : l'enfant n'a en effet plus besoin d'aide visuelle pour se représenter les collections initialement appariées. L'évidence est fortement ressentie et elle s'accompagne toujours d'arguments de trois types et d'une résistance aux contre-suggestions.

Les arguments de l'enfant conservant sont de plusieurs types :

- **Arguments d'identité quantitative, ou d'invariance simple** (« *c'est pareil, on n'a rien enlevé ni rien ajouté* ») ;
- **Arguments de réversibilité par inversion** (« *c'est toujours pareil, on peut remettre les jetons là exactement comme ceux de l'autre rangée* », « *on pourrait faire le contraire* ») ;
- **Arguments par compensation des relations réciproques** (« *la rangée ici est plus longue mais les jetons sont moins serrés, la rangée ici est moins longue mais les jetons sont plus serrés, ça revient au même* »).

Notons qu'il n'y a pas de hiérarchie des arguments : « *il n'y en a pas qui soit premier chronologiquement ou logiquement* ». De même, ces arguments « *témoignent tous les trois que l'enfant prend en compte les transformations qui font passer d'un état 1 à un état 2 et ne demeure pas fixé sur des états* » (Deleau, 2006).

4.2.2. Particularités du protocole du point de vue de l'entretien

La formulation des questions adressées à l'enfant peut paraître peu conventionnelle, elle correspond cependant à des formules compréhensibles pour les enfants, en reprenant des énoncés qu'eux-mêmes utilisent fréquemment.

De plus, « *comme dans tous les protocoles piagétiens, c'est la dynamique de l'entretien clinique qui compte et non le caractère formel de telle ou telle expression* » : le protocole permet de poser le cadre d'entretien et ne fournit pas une série de questions standardisées avec une chronologie obligatoire. Il est précisé que l'on est libre de modifier l'ordre de présentation des transformations, voire des situations, ou la formulation même des questions (Deleau, 2006).

4.3. Composante verbale et linguistique

L'acquisition de la conservation du nombre permet à l'enfant de poser des invariants au sujet des objets du monde qui l'entourent.

Piaget et Inhelder attribuent au langage « *un rôle d'auxiliaire (d'accélérateur) ou même un rôle nécessaire quant à l'achèvement de ces structures [logiques], mais non suffisant* »

quant à leur formation, et à expliquer celle-ci par des mécanismes opératoires indépendants de leur expression verbale et sous-jacents aux activités linguistiques » (Piaget & Inhelder, 1991).

Piaget considère ainsi le langage comme un « facilitateur » dans la mise en place des structures logiques, du moins de manière indirecte. En effet, il fait découler le développement des opérations logiques d'abord de l'action, puis évoque le rôle secondaire du langage.

Au stade des opérations concrètes, le langage se développe en même temps que l'acquisition de la conservation du nombre. Il lui permet, dans ce cadre, d'exprimer des notions d'identité et de quantité. Les termes reflétant la quantité indifférenciée se précisent, tels que : « la même chose », « pareil », « la même quantité », « autant » (apparition relativement tardive, aux alentours de 7 ans), mais aussi « plus que », « moins que »... sur le plan de l'expression comme sur le plan de la compréhension.

Ainsi, au **niveau réceptif**, des études suggèrent l'existence d'une chronologie précise dans le développement de la compréhension des termes relationnels. Les termes caractérisant une différence (plus, moins) semblent compris plus tôt que les termes signifiant l'identité et l'équivalence (pareil, même) (Peisach, 1973).

Au **niveau expressif**, H. Sinclair étudie les compétences linguistiques et verbales de l'enfant. Dans ses recherches, il s'intéresse aux termes liés au niveau opératoire en partant des épreuves piagésiennes de conservation du nombre. « *La modification du système opératoire de l'enfant quand il acquiert les conservations se reflète dans le choix que l'enfant fait des différents termes qu'offre le français pour exprimer des comparaisons quantitatives et dimensionnelles* » (Sinclair, 1967).

Il présente deux types de termes :

- **Les vecteurs, ou termes de comparaison**, pour comparer deux objets sur une propriété commune :
 - Vecteurs simples : plus, davantage, moins, autant, pareil... ;
 - Vecteurs avec adjectifs : le plus petit, le plus gros... le plus grand, aussi grand, moins grand.

-
- **Les scalaires, ou termes de description**, pour décrire les quantités continues et discontinues :

- Scalaires objectifs : nombres (1, 2, 3...) et mesures (cm, litre...);

- Scalaires subjectifs : beaucoup, peu, énormément...;

Et parmi eux, les scalaires adjectifs : grand, petit, large...

Il aboutit à la conclusion que l'acquisition de la conservation s'exprime par des termes de comparaison avec l'emploi d'une structure « *binaire où la situation est prise dans son ensemble avec un jugement de comparaison sur les deux objets* ».

Par contre, les enfants non-conservants emploient une structure « *quaternaire de la structure sémantique* ». En effet, la transformation effectuée sur les rangées de jetons est décrite par deux jugements successifs dans deux phrases distinctes.

Ainsi, H. Sinclair va plus loin que Piaget en considérant le langage comme représentatif du niveau opératoire de l'enfant.

4.4. Connaissances post-piagésiennes sur la structure logique de conservation du nombre

Depuis la parution des recherches de Piaget consacrées au développement des quantités discontinues chez l'enfant, de nombreuses publications ont vu le jour.

4.4.1. Limites de la conception piagésienne

L'apport des travaux de Piaget et Szeminska est considérable. Nous avons vu précédemment que dans l'approche constructiviste, le sujet se transforme en agissant sur son milieu.

Bruno Vilette regrette cependant la non prise en compte de ce qui vient de l'environnement même (le comptage, l'arithmétique élémentaire, etc...) (Vilette, 1996).

Piaget ignore en effet :

- **Le développement précoce des connaissances arithmétiques et élémentaires** (ajout, retrait, comptage) (Gelman, 1983), dont on ne peut pas, semble-t-il, écarter l'influence sur l'acquisition de la conservation du nombre (Vilette, 1996) ;
- **L'antériorité de la conservation de l'inégalité sur celle de l'égalité** : bien des auteurs ont constaté que l'inégalité est mieux conservée que l'égalité entre deux collections d'éléments (Gréco, 1962).

4.4.2. Méthodes d'apprentissage

De nombreuses expériences ont été mises en œuvre pour induire l'acquisition de la conservation du nombre.

Bruno Vilette en a analysées quelques-unes (Vilette, 1996). Nous ferons donc mention des quelques « procédures d'apprentissage ».

4.4.2.1. Notion de réversibilité

Brainerd et Allen sont les premiers à considérer l'implication de la notion de réversibilité dans une situation d'apprentissage. Il s'agit d'une condition nécessaire pour atteindre la conservation du nombre (Brainerd & Allen, 1971).

Les enfants doivent en effet comprendre qu'une transformation peut toujours être annulée à la suite d'une autre transformation. B. Vilette explique ainsi le « retour à l'identique » (Vilette, 1996).

Le principe de réversibilité a alors été utilisé dans plusieurs méthodes d'apprentissage en vue d'acquérir la conservation du nombre :

- **Transformations additives et soustractives**

Devant deux collections de jetons, numériquement identiques, l'enfant observe les manipulations de l'expérimentateur. Celui-ci ajoute et retire successivement des jetons de sorte qu'à la fin, il y a toujours le « même nombre » de jetons sur chacune des rangées (Winer, 1968).

Le simple fait d'observer les transformations additives ou soustractives permet aux enfants non-conservants de déduire par réversibilité des opérations, la conservation numérique dans les épreuves classiques.

- **Intervention du comptage**

L'entraînement s'appuie ici sur l'incitation au comptage systématique des rangées de jetons. Il permet à l'enfant de déduire la conservation numérique par l'argument d'identité (Bideaud & Jablonka, 1980).

L'effet de l'entraînement au comptage montre des progrès rapides et massifs. Mais tout l'enjeu de cet entraînement est d'obtenir une justification acceptable et applicable à la notion de conservation numérique. En effet, l'enfant peut faire illusion en ne conservant que la quotité (ou dernier nombre compté) et ne pas faire référence à la quantité réelle d'éléments.

- **Intervention de la correspondance terme à terme**

Dans l'expérience d'Halford et Fullerton (Halford & Fullerton, 1977), l'expérimentateur présente à l'enfant une fiche avec une rangée cible et plusieurs rangées correspondantes possibles. La rangée cible est déplacée et l'enfant est invité à trouver une autre rangée d'éléments (ici des poupées) qui irait avec une autre (des lits) de sorte que chacun corresponde. Le modèle peut faire travailler la différence de correspondance au niveau du nombre, de la longueur ou de la densité des éléments. La réponse est alors vérifiée par la mise en correspondance terme à terme. Les enfants peuvent ainsi apprendre à conserver le nombre en se servant de la correspondance terme à terme comme critère pour discriminer parmi plusieurs rangées, une troisième rangée d'éléments.

- **Explication verbale**

La spécificité de cette méthode d'entraînement réside dans l'énonciation même du principe de conservation de l'expérimentateur à l'enfant. En effet, le praticien énonce l'explication directe de la réversibilité. L'enfant regarde en même temps les manipulations effectuées par l'expérimentateur ce qui implique aussi un apprentissage perceptif. « *Je déplace maintenant les perles. Regarde, elles sont mises à une autre place, mais il y en a autant qu'avant. Elles ont seulement l'air différent. Regarde, je peux les remettre comme avant, tu vois... il y a encore le même nombre comme avant parce que je n'ai rien ajouté ni rien enlevé* » (Beijin, 1965).

- **Observation d'un modèle conservant**

L'enfant observe une personne (le modèle) répondre correctement à des épreuves de conservation numérique. Le modèle justifie la conservation quantitative des deux rangées par : « *parce que ce sont les mêmes qu'avant* ». L'expérimentateur permet un feed-back : « *c'est juste* ». Il est alors prouvé que l'enfant, observateur, conservera au post-test. (Rosenthal & Zimmerman, 1972).

- **Conflit socio-cognitif**

L'expérience réalisée par Murray (Murray, 1972) montre qu'en situation d'interaction avec d'autres enfants conservants, le sujet non-conservant peut finalement se justifier correctement lors d'une épreuve de conservation numérique. La consigne est qu'ils doivent arriver à se mettre d'accord pour une solution. Le conflit entre les jugements d'enfants conservants et non-conservants s'avère donc positif.

- **Manipulation effective des objets**

Il s'agit d'entraîner les enfants à manipuler les objets des deux collections en vue d'exercer certaines actions réversibles (allonger / rétrécir ; enlever / ajouter) et les actions de mise en correspondance terme à terme (Wallach & Sprott, 1964).

4.4.2.2. Processus impliqués dans l'apprentissage de la conservation numérique

Pour B. Vilette (Vilette, 1996), la réversibilité met en jeu deux types de processus : des processus de comparaison et des processus de transformation.

Les différentes expériences d'apprentissage précitées utilisent ces deux types de processus.

- **Processus de comparaison**

Ils permettent de comparer les quantités relatives des deux collections en jeu. Il s'agit de : la correspondance terme à terme, le comptage, le subitizing, ou l'utilisation des indices perceptifs de densité et de longueur.

Ces processus reposent sur des activités de « mise en correspondance » par appariement, par comptage, par subitizing ou par évaluation globale des rangées d'éléments.

- **Processus de transformation**

Il s'agit des méthodes utilisées pour modifier ou non la quantité d'éléments d'une collection.

On retient : les ajouts et les retraits et les modifications perceptives (allonger, rétrécir...).

Fayol (Fayol, 1990) et Vilette (Vilette, 1996) rappellent que « *la conservation suppose la connaissance de ce qui change une quantité donnée et ce qui ne la change pas* ». L'enfant doit donc bien raisonner sur les transformations (Piaget & Inhelder, 1963).

D'après les expériences d'apprentissage, la méthode des ajouts et des retraits semble être la méthode la plus efficace. Vilette (Vilette, 1996) estime par là même que « *le développement de la conservation numérique est largement tributaire des processus de transformation (ajout et retrait) qui génèrent la succession coordonnée des quantités entre elles* ».

4.4.3. Vers un rôle déterminant des apprentissages numériques et mathématiques

Les recherches actuelles ne remettent pas en cause la théorie piagétienne, elles accordent cependant un rôle important aux activités numériques et arithmétiques de l'enfant. Ce rôle est considéré comme déterminant dans la construction du nombre (Vilette, 1996).

Vilette estime qu'il s'agit d'aller au-delà de la notion de comptage exposée par Gelman, car ce n'est pas le seul outil de quantification. De même, la compréhension des principes arithmétiques fondamentaux doit être prise en compte dans une perspective de maturation graduelle et progressive.

Ainsi, les activités numériques, sous-jacentes aux processus de comparaison, assurent la conceptualisation croissante des quantités.

Quant aux activités arithmétiques, comme les ajouts et retraits, elles contribuent à la structuration des quantités.

Les modèles néo-structuralistes de Pascual-Leone (Pascual-Leone, 1976) et Halford (Halford, 1982) soulignent enfin l'importance des transformations additives et

soustractives dans la mise en place de la notion de conservation numérique. Ils mettent en évidence le rôle particulier de la mémoire de travail avec le schème « *si on n'a rien enlevé, ni rien ajouté, on a toujours pareil* ».

IV. Non-conservation du nombre et sa remédiation

1. Trouble du raisonnement logico-mathématique

L'enfant est dit « non-conservant » lorsqu'il n'a pas acquis la structure logique de conservation des quantités discontinues aux alentours de 7 ans.

Nous avons vu que Piaget considère la conservation du nombre, opération logico-mathématique élémentaire, comme la seule vraie marque de possession du concept de nombre par l'enfant (Vilette, 1996). Le retard d'acquisition de cette structure logique entraîne alors un défaut de structuration du raisonnement logico-mathématique. Or, ce raisonnement est sous-jacent aux difficultés mathématiques rencontrées par l'enfant.

Il fait référence à la pensée mobile (caractéristique de la fin des opérations concrètes : qui est réversible, permet d'anticiper, de faire des hypothèses et de coordonner des points de vue différents).

Le « trouble du raisonnement logico-mathématique » appartient avec les « troubles du calcul » au tableau clinique de « dyscalculie » (Van Hout , Meljac, & Fisher, 2005).

1.1. Définition

La définition du terme « dyscalculie » divise les chercheurs car « *la compréhension et le diagnostic des dyscalculies développementales en est encore à ses balbutiements* » (Grégoire, 2005).

Francine Jaulin-Mannoni explique que l'utilisation étymologique du terme « *dyscalculie* » qualifie « *l'incapacité d'accès à la fonction calculatrice sans troubles du raisonnement associé* », c'est-à-dire caractérisant un trouble du calcul pur. Mais elle rajoute que les difficultés mathématiques sont à mettre nécessairement en lien avec des défauts de structuration du raisonnement logico-mathématique (Jaulin-Mannoni, 1999).

La définition la plus souvent citée et retenue est celle de Kosci (Van Hout , Meljac, & Fisher, 2005) : « *Déficience des aptitudes à réaliser les opérations arithmétiques* », il apporte des précisions sur :

- L'intelligence normale des enfants qui en sont atteints ;
- Certains critères d'exclusion ;
- L'origine structurale et constitutionnelle résultant d'une dysfonction des zones cérébrales impliquées dans le développement du calcul.

De plus, selon le dictionnaire d'orthophonie (Brin-Henry, Couturier, Lederle, & Masy, 2004), il s'agit d'un « *dysfonctionnement dans les domaines de la logique, de la construction des nombres et des opérations sur ces nombres, de difficultés de structuration du raisonnement et de l'utilisation des outils logiques et mathématiques* ». Les personnes concernées ne présentent « *pas de déficit intellectuel, mais ont soit des troubles électifs en mathématiques, soit des troubles scolaires globaux mais plus aigus en mathématiques, soit des troubles du langage liés à une construction insuffisante des structures de pensée* ».

Il est donc mentionné que « *certain auteurs préfèrent parler de trouble de la structuration du raisonnement logico-mathématique, plutôt que de dyscalculie, terme qu'ils jugent trop restrictif* ».

Quelques termes sont alors à préciser :

- On parle de trouble « spécifique » car il s'agit d'un déficit significatif par rapport à une norme et qui ne concerne qu'une seule fonction cognitive (Brin-Henry, Couturier, Lederle, & Masy, 2004). Il importe aussi de différencier les difficultés transitoires des troubles spécifiques d'apprentissage. Mazeau (Mazeau, 1999) rappelle la nécessité de distinguer les enfants qui présentent des résultats faibles en mathématiques en raison de causes environnementales de ceux dont la cause est un dysfonctionnement cognitif.
- On parle de dyscalculie « développementale » car elle affecte l'apprentissage chez l'enfant. Elle se distingue de l'acalculie ou de dyscalculie acquise, conséquence d'une lésion cérébrale chez l'adulte (Dehaene, Molko, & Wilson, 2004).

Selon le **Mini DSM-IV-TR** (A.P.A., 2003), la dyscalculie fait partie des troubles des apprentissages. Trois critères diagnostics y sont énoncés :

- Les aptitudes arithmétiques du sujet sont nettement inférieures au niveau escompté compte tenu de l'âge du sujet, de son efficience intellectuelle et d'un enseignement approprié ;
- Les faibles aptitudes observées interfèrent de façon significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante ;
- Le sujet ne présente pas de déficit sensoriel, ou, s'il en existe un, les difficultés en mathématiques dépassent celles habituellement associées à celui-ci.

La **CIM 10** (Classification Internationale des Maladies) (O.M.S., 1983), quant à elle, distingue comme critères :

- Un écart à la norme de plus de 2 écarts-types sous la moyenne ;
- Une absence d'antécédents de difficultés significatives en lecture et en orthographe ;
- En cas de déficit sensoriel, il s'agit de troubles qui dépassent les conséquences habituelles.

1.2. Etiologie

Selon la dernière expertise de l'Inserm (Expertise collective Inserm, 2007), « *Si la description des troubles et de leur évolution avec l'âge est relativement consensuelle, [...] les avis sur leur origine divergent fortement et, à l'heure actuelle, les causes de la dyscalculie demeurent encore obscures* ».

Quelques hypothèses sont cependant évoquées et font l'objet d'études actuellement. On relève ainsi :

- Une faiblesse au niveau de la mémoire de travail ou de la mémoire à court terme (Barrouillet & Camos, 2006) ;
- Un dysfonctionnement de structures cérébrales spécialisées dans le traitement numérique (Expertise collective Inserm, 2007).

1.3. Prévalence

Il n'est pas évident de déterminer le pourcentage de la population souffrant de ce trouble. En effet, nombreux sont les critères utilisés pour définir et poser le diagnostic de dyscalculie développementale.

Sur l'ensemble des études, cette prévalence estimée varie entre 3 et 6 % (Badian, 1999 ; Lewis, Hitch & Walker, 1994 ; Gross-Tsur & Shalev, 1996).

1.4. Comorbidité

Souvent, l'enfant dyscalculique présente des troubles associés :

- **Difficultés d'apprentissage** (en langage oral ou écrit) et difficultés visuo-spatiales car « *sauf exception, elles [dyscalculies] sont rarement dépourvues de causes cognitives évidentes et rarement non-insécables dans un tableau de troubles complexes, par exemple du langage ou des fonctions visuo-spatiales* » (Van Hout , Meljac, & Fisher, 2005) ;
- **Troubles génétiques et aussi parfois fœtaux**, comme le syndrome de Turner, le syndrome de Williams et le syndrome d'alcoolisme fœtal (Ansari & Karmiloff-Smith, 2002) ;
- **Troubles du comportement** tel que le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Les estimations du pourcentage d'enfants dyscalculiques qui présentent également un TDAH se situent entre 15 et 26% (Lindsay, Tomazic, Levine, Accardo, & al., 2001).

Des chercheurs se sont intéressés au lien possible entre dyscalculie et dyslexie.

Selon les études, les estimations du pourcentage de dyscalculiques présentant également une dyslexie varient entre 17% et 64% (Badian, 1999 ; Gross-Tsur & Shalev, 1996 ; Lewis, Hitch & Walker, 1994). La question se pose donc de savoir s'il existe un lien entre les deux et, si oui, à quel niveau il pourrait se situer. Il pourrait s'agir d'une région cérébrale commune, ou plutôt d'un facteur de développement cérébral général. Les chercheurs sont actuellement en train d'investiguer cette question.

1.5. Types de dyscalculies

La classification des différents types de dyscalculies est un autre sujet à controverse.

En effet, une grande variété de classifications existe selon l'approche utilisée : les approches neuropsychologiques ou cognitives souvent inspirées du modèle lésionnel de l'adulte, ou les approches plus cliniques, comme celle de Mazeau (Mazeau, 1999).

Nous en citerons deux.

Pour Michèle Mazeau (Mazeau, 1999), la dyscalculie est le symptôme d'un trouble cognitif spécifique.

Elle cherche ainsi à mettre en évidence les troubles sous-jacents. Elle distingue de manière clinique trois types de dyscalculies en rapport avec trois aspects du nombre :

- **Aspect logique** → **dyscalculie logique ou raisonnementale** (déficit d'accès aux structures logiques dont la conservation numérique) ;
- **Aspect linguistique** → **dyscalculie linguistique** (difficultés en lecture et écriture de mots-nombres, et dans l'acquisition de la comptine numérique) ;
- **Aspect spatial** → **dyscalculie visuo-practo-spatiale**.

De ce fait, selon les troubles cognitifs spécifiques, un ou des aspects du nombre peuvent être altérés, entraînant par conséquent une des formes de dyscalculies précitées.

Kosc (cité par Pesenti et al. (Pesenti & Seron, 2000)) distingue six types de dyscalculies :

- **Dyscalculie verbale** : difficultés à nommer les quantités, les numéraux, les symboles ;
- **Dyscalculie lexicale** : difficultés dans la lecture des symboles mathématiques ;
- **Dyscalculie graphique** : difficultés dans l'écriture des nombres ;
- **Dyscalculie practognosique** : difficultés dans la manipulation des objets mathématiques réels ou imagés ;
- **Dyscalculie idéognosique** : difficultés dans la compréhension des concepts et relations mathématiques (d'où des erreurs de dénombrement, d'estimation de quantités, d'ordination de bâtons selon leur grandeur, etc...) ;
- **Dyscalculie opérationnelle** : difficultés dans la réalisation des opérations mathématiques.

2. Evaluer la conservation du nombre

Le défaut d'acquisition de la conservation du nombre est mis en évidence dans le cadre d'un bilan structuro-fonctionnel proposé à l'enfant par l'orthophoniste.

2.1. Dans le cadre d'un bilan logico-mathématique

Les épreuves utilisées lors de ce bilan doivent posséder les qualités psychométriques essentielles de tests (validité, sensibilité et fiabilité). Il s'agit d'en retirer un profil complet qui permet aussi, si nécessaire, d'orienter vers un bilan plus complet dans un domaine jugé fragile (capacités visuo-spatiales, linguistiques, mnésiques...).

Trois courants théoriques ont permis de développer les outils actuels d'évaluation du domaine numérique : la théorie piagétienne, la théorie neuropsychologique des acalculies et celle de la psychologie cognitive du développement numérique.

2.2. Epreuves de conservation du nombre

Inspirées des ouvrages de Piaget, les épreuves des batteries actuelles sont des variantes de l'épreuve dite « *des œufs et des coquetiers* » portant sur la conservation de l'équivalence numérique (Piaget & Szeminsla, 1991).

Les épreuves de conservation numérique sont proposées dans :

- **L'épreuve des bouchons et des bouteilles** de l'UDN-II (Utilisation Du Nombre, créée par Meljac et Lemmel (Meljac & Lemmel, 1999), batterie pour les enfants de 4 à 11 ans) :

Le matériel est constitué de petits flacons de nécessaire de toilette en matière plastique et de bouchons dorés. La rangée de bouteilles ainsi que la rangée de bouchons sont préalablement mises en correspondance terme à terme. On demande à l'enfant de se prononcer sur l'invariance des quantités malgré les transformations apportées à leur présentation. On resserre ou on écarte une des collections et on incite l'enfant à émettre un jugement : « *y a-t-il maintenant autant, plus, ou moins de bouteilles que de bouchons ?* ». On utilise aussi la contre-suggestion.

-
- **L'épreuve des jetons du Tedi-Math** créé par Van Nieuwenhoven, Grégoire et Noël (Van Nieuwenhoven, Grégoire, & Noël, 2001) pour les enfants de maternelle au CE2 :

Deux rangées de six jetons sont placées en correspondance terme à terme. Le testeur procède à deux transformations spatiales (espacement et jetons en bas). Deux types d'argumentations sont possibles lorsque l'enfant reconnaît l'invariance numérique des collections : une argumentation de type logique (référence à l'invariance de la quantité ou à la réversibilité), ou de type empirique (recomptage ou mise en correspondance des jetons des deux rangées).

- **L'épreuve des lapins et des carottes** de la B-LM cycle II ou *Bilan Logico mathématique* Cycle II (Métral, 2008) :

L'enfant place en correspondance terme à terme une rangée de 10 cartes carottes en regard d'une rangée de 10 cartes lapins déjà en place. Les cartes carottes sont empilées et posées sur un lapin. L'enfant doit alors juger de la conservation du nombre malgré la transformation spatiale de la collection. Sont prises en compte, les productions de l'enfant, ses réponses verbales et ses stratégies.

Une fois l'enfant testé lors du bilan structuro-fonctionnel, le diagnostic de « *trouble du raisonnement logico-mathématique* » peut être posé, s'il est mis en évidence par un retard significatif dans la construction du raisonnement logique, telle que J. Piaget l'a défini (Piaget & Szeminska, 1991). Le diagnostic nécessite aussi l'exclusion de divers déficits (visuel, auditif, mental, moteur, psychologique, apprentissages defectueux ou irréguliers, conditions sociales trop défavorables...).

3. Prise en charge logico-mathématique

Il incombe à l'orthophoniste d'élaborer à la suite du bilan, qui a mis en évidence un trouble logico-mathématique, un projet rééducatif précis et adapté. Il a pour objectif premier la construction des outils de pensée qui font défaut à l'enfant.

3.1. Principes généraux

La prise en charge des troubles du raisonnement logico-mathématique ne consiste pas en « *une réédition de l'instruction reçue par l'écolier en classe* » (Meljac & Charron, 2002). En s'inscrivant dans le courant piagétien, on considère que les structures logiques

précèdent les opérations numériques, il faut donc se pencher sur les premières tout particulièrement.

Meljac et Charron citent cinq principes généraux qui sous-tendent la rééducation logico-mathématique (Meljac & Charron, 2002) :

- Tout enfant étant doté de savoirs, il faut « *présupposer la compétence* » ;
- Faire intervenir la notion de plaisir en utilisant ses centres d'intérêt ;
- Multiplier les façons d'arriver à un même résultat ;
- Répondre aux plaintes actuelles de l'enfant en considérant qu'il existe d'autres façons pour lui d'y arriver que d'attendre la mise en place des pré-requis ;
- Travailler à la fois les concepts et les procédures.

Nous complétons et précisons en recourant à divers auteurs :

- **La verbalisation** : le but est que l'enfant mette en mot sa pensée pour asseoir son raisonnement. L'orthophoniste a alors pour mission d'expliquer et mettre du sens sur le vocabulaire employé (Chain, 2006);
- **L'ajustement à la pensée de l'enfant** : en effet, pour Piaget (cité par Meljac, Meljac & Charron, 2002)), le bon clinicien « *se laisse diriger tout en dirigeant* ». Ainsi, selon Remond-Besuchet (Remond-Besuchet, 1992), « *face aux erreurs ou aux échecs de l'enfant, le praticien ne montre pas, ne corrige pas : l'enfant trouvera seul. Car restituer l'autonomie de la pensée, c'est d'abord ne pas répondre à la place du sujet pensant...* ». Stroh et Morel (Stroh & Morel, 2004) rejoignent cette conception : selon elles, le langage de l'orthophoniste doit s'ajuster à la pensée de l'enfant et ne pas véhiculer d'implicite ;
- **L'étayage est primordial** : Perraudau en précise les objectifs : recentrer l'enfant sur la tâche, le guider dans la progression du travail en l'aidant à dépasser un obstacle ou en lui indiquant une autre stratégie, et surtout maintenir la relation en prodiguant des encouragements et en montrant sa disponibilité (Perraudau, 2006);
- **L'enfant acteur de sa prise en charge** : il s'agit de mettre l'enfant dans des situations où il sera amené à agir sur le réel (Jaulin-Mannoni, 1974). On lui demande ainsi de justifier chacune de ses actions et réponses, on alimente la réflexion à l'aide de suggestions ou contre-suggestions, tout cela pour le mener à prendre conscience des points forts et points faibles de son raisonnement ;

-
- **Le cadre ludique** : la mise en place d'activités ludiques doit « *servir de cadre à la découverte et à la mobilisation de la pensée* » (Calvarin, 2003). De la même façon, Guéritte-Hess et ses collaborateurs expliquent qu'il faut laisser l'enfant mener ses propres expériences, mais en lui fournissant « *un cadre où ces expériences lui seront le plus profitables* » (Guéritte-Hess, Causse-Mergui & Romier, 2005). Il paraît essentiel de proposer à l'enfant des jeux ou situations basés sur ses centres d'intérêts, pour « *réinjecter le plaisir* », notion qui constitue l'un des principes de toute remédiation pour C. Meljac (citée par (Stroh & Morel, 2004)) ;
 - **Le rôle de l'entourage** car il est vecteur du transfert des acquisitions dans la vie de tous les jours (Guéritte-Hess, Causse-Mergui & Romier, 2005) ;
 - **La démarche opératoire et la pensée réversible** : selon Remond-Besuchet, « *le sujet se trouve en situation de dépasser les comportements de stade préopératoire où dominant le mode de pensée perceptif, subjectif, l'apparence, l'intuition, l'égoцентризм, la pensée magique* » (Remond-Besuchet, 1992).

La prise en charge des troubles du raisonnement logico-mathématique requiert une bonne connaissance théorique non seulement sur les structures qui sous-tendent chaque domaine exploré lors du bilan, mais aussi sur les déficits que ces carences engendrent. Il s'agit de s'approprier les techniques à utiliser pour mobiliser les processus mentaux à travailler.

3.2. Courants

La remédiation des troubles du développement numérique se divise pour Meljac et Charron (Meljac & Charron, 2002) selon trois grands courants :

- **Le courant spécifique**, avec *l'école cognitive et la neuropsychologie*. Il travaille sur l'identification des procédures déficitaires et leur entraînement afin de les mettre en place de manière stable ;
- **Le courant didactique**, avec le cadre général des programmes scolaires. Il considère « *la pensée de l'enfant dans son 'milieu naturel'* » dans le but d'« *élaborer des outils de raisonnement* » ;

-
- **Les courants généralistes** selon trois objectifs :
 - L' « *édification d'opérations mentales globales* » provoquant des conflits cognitifs ;
 - La centration sur les « *caractéristiques personnelles de l'apprenant* », notamment pour les enfants qui ont, de manière plus globale, des problèmes mathématiques liés à des problèmes affectifs ;
 - Le « *développement de procédures d'apprentissage* ».

En plus de leur formation initiale, les orthophonistes peuvent bénéficier de formations complémentaires qui entrent dans le cadre du troisième objectif cité. Parmi elles, on peut citer : le GEPALM (Groupe d'Etudes sur la Psychologie des Activités Logico-Mathématiques), le COGI'ACT, les formations Evoludys, la remédiation cognitive de Denis Bellano, les remédiations des schèmes pertinents de Claire Meljac et les rééducations des dyscalculies proposées par Alain Ménissier (Stroh & Morel, 2004).

3.3. Remédiation de la conservation numérique

3.3.1. Objectifs

Si l'enfant « *n'est pas parvenu à cette certitude qu'une quantité donnée ne change pas, quelles que soient les modifications spatiales qu'on peut lui faire subir, nous savons qu'il n'a pas encore pris conscience de l'invariance du nombre, clé de voûte de la numération* » (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007).

Ainsi, la remédiation de la conservation du nombre vise à permettre à l'enfant de construire et structurer le réel pour appréhender sereinement la numération.

Quel que soit le support choisi, l'enfant doit pouvoir savoir conserver le nombre en utilisant un opérateur de conservation et non un opérateur de quantification perceptif (appariement) ou numérique (comptage, subitizing) (Vilette, 1996).

3.3.2. Bases théoriques

Ils ont été nombreux à travailler sur la structure logique de conservation du nombre chez l'enfant. Plusieurs approches proposent ainsi des pistes pour aider à sa mise en place.

Nous retenons l'approche piagétienne et l'approche, énoncée par Vilette, accordant aux activités numériques et arithmétiques un rôle primordial.

Piaget n'a eu de cesse de souligner qu'une structure logique se construit et ne s'apprend pas. Il désapprouve à ce propos les différentes expériences d'apprentissage qui ont eu cours à partir des années 1970.

Selon lui, les situations d'entraînement ne suscitent que l'apprentissage de contenus empiriques et non celui de processus d'équilibration.

Seulement, il considère tout de même l'apprentissage comme un facteur essentiel du développement cognitif. L'apprentissage doit être renforcé par l'expérience et rester dépendant du développement cognitif de l'enfant.

En d'autres termes, si un apprentissage peut permettre l'acquisition de la conservation, il doit rester « opératoire ».

Inhelder et Bovet (Inhelder, Sinclair & Bovet, 1974) établissent à ce propos les conditions essentielles requises pour un apprentissage opératoire fructueux :

- Les exercices donnés doivent nécessairement **impliquer l'activité du sujet** ; un apprentissage est d'autant plus fécond que le sujet est actif ; les entraînements consistant alors à fournir au sujet des occasions de manipulation effective sur les objets physiques ;
- Les situations proposées doivent **solliciter les schèmes supposés sous-jacents à l'atteinte de la notion visée** ; l'exercice des schèmes peut déclencher des nouvelles coordinations et susciter alors des acquisitions ; l'application de plusieurs schèmes peut aussi conduire à des conflits dont le dépassement provoquera les progrès attendus.

3.3.2.1. Remédiation inspirée de l'approche Piagétienne

Tout comme Piaget, Michèle Bacquet ne considère pas l'utilisation du dénombrement par comptage comme fondamental dans la reconnaissance de quantités égales (quelle que soit leur organisation spatiale) ni dans la permanence du nombre (quel que soit l'ensemble considéré) (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007).

Elle reconnaît cependant l'importance de la notion de correspondance terme à terme car nécessaire à la mise en place de la conservation du nombre.

Ainsi propose-t-elle des situations qui permettent de s'y confronter :

- **Situations d'imitation** : il s'agit de reproduire un ensemble d'objets selon une disposition spatiale organisée ou non ;
- **Analyse de situations statiques** : il s'agit d'analyser deux collections d'éléments en jugeant les différences ou les ressemblances ;
- **Rangement de configurations différentes** : il s'agit d'opérer un rangement, dans diverses boîtes, d'objets hétéroclites groupés ;
- **Distributions** (mettre la table par exemple) ;
- **Transport d'une quantité** : il s'agit de faire travailler le transport du nombre exact en suscitant des procédures de mentalisation du nombre (à l'extrémité de la pièce il faut alors chercher les serviettes de table, à un autre endroit les cuillers...) ;
- **Echange un contre un** (comme au jeu du marchand) ;
- **Utilisation des doigts** ;
- **Modifications des dispositions spatiales** : il s'agit d'opérer différents rangements en fonction de l'évolution de l'espace de rangement (voitures rangées dans des garages) ;
- **Permutation des éléments** : il s'agit d'interchanger des éléments à l'intérieur et à l'extérieur d'une collection ;
- **Correspondance d'objets complémentaires** (bouteilles et bouchons, chevaux et cavaliers, œufs et coquetiers, chaises et invités) ;
- **Situations où il n'y a pas d'égalité quantitative** entre les deux collections et savoir trouver ce qu'il y a en trop ou ce qu'il manque ;
- **Recherche de tous les possibles** (ajouter et enlever selon les consignes) ;
- **Travail verbal d'anticipation** avec l'étude du « si » où les situations sont à commenter ;
- **Situations où l'on cache une partie** (masquer une des deux quantités) ;
- **Situations de transitivité** (faire correspondre deux objets non complémentaires) ;
- **Partitions successives à l'intérieur d'un ensemble** : il s'agit de faire des groupements selon des critères (de couleur, de taille...) ;

-
- **Travail des quantificateurs** (sens piagétien du terme) : il s'agit d'utiliser les articles, les adjectifs ou pronoms indéfinis qui jouent un rôle dans la connaissance logico-mathématique des ensembles (« *un, plusieurs, quelques-uns, tous...* »).

Bacquet souligne que ces pistes d'exercices ne sont constructives que dans la mesure où il y a une analyse verbale permanente.

3.3.2.2. Rôle primordial des activités numériques et arithmétiques

Pour B. Vilette, et d'après le schéma de « *développement de la quantification et de la conservation des quantités discrètes* » qu'il élabore, il s'agit de travailler les fondements, c'est-à-dire les processus sous-jacents de la conservation : les processus de comparaison et les processus de transformation qui conduisent l'enfant à raisonner (Vilette, 1996).

Rappelons que les processus de comparaison permettent la comparaison des quantités d'éléments de collections. La correspondance terme à terme, le subitizing et le comptage en sont les principaux.

Les processus de transformation, quant à eux, concernent les processus mis en jeu dans les activités de transformation des collections d'éléments. On en distingue deux types suivant qu'elles modifient les quantités (ajouts et retraits) ou les laissent invariantes tout en changeant leurs apparences (allongement, rétrécissement...). Vilette souligne que les transformations d'addition et de soustraction sont fondamentales quant au développement des relations quantitatives entre collections.

Cette approche n'est pas en complète rupture avec la perspective piagétienne. Pour cette raison, elle insiste sur l'indispensable recours à la notion de réversibilité dans les activités proposées à l'enfant. Il s'agit véritablement de « *raisonner sur les transformations et leurs inverses* ». Elle s'en démarque cependant en proposant d'utiliser les procédés arithmétiques et numériques comme outils. Ainsi, le recours à des processus de transformations par ajouts et retraits est-il particulièrement efficace dans le sens où ces processus « *gènèrent la succession coordonnée des quantités entre elles* ».

3.3.3. Outils

Comme évoqué plus haut dans la partie concernant les principes généraux de prise en charge, le choix du support à présenter à l'enfant est important. Il doit être ludique, susciter l'intérêt mais aussi et surtout être adapté à la notion à faire travailler.

Il n'existe pas à notre connaissance de support spécifiquement conçu pour travailler à la mise en place de la conservation du nombre.

Les orthophonistes utilisent pour ce faire toute leur créativité pour imaginer des situations et élaborer des outils qui leur semblent judicieux.

M. Bacquet (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007) propose à ce propos des exemples de situations ne nécessitant pas d'outils sophistiqués tels que:

- La dînette ;
- Les voitures et les garages.

Dans le cadre du jeu, ces outils permettent d'établir des correspondances terme à terme qui mettent en jeu des capacités d'anticipation et de représentation mentale dont l'enfant tire parti (Bacquet, 1996).

Ces approches théoriques maintenant explicitées, précisons désormais notre problématique ainsi que nos hypothèses de travail, puis voyons le descriptif d'un nouvel outil : « Conservons en musique ».

Chapitre II

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

I. Problématique

A l'heure actuelle, les orthophonistes prenant en charge les enfants qui n'ont pas acquis la notion de conservation du nombre n'ont que peu de matériel à leur disposition pour cette remédiation. Ils se contentent bien souvent d'un support plus ou moins sommaire, qu'il s'agisse de petits objets détournés de leur usage habituel ou élaborés par leurs soins. Un certain nombre d'entre eux déplorent ce manque.

Les autres structures logiques sont quant à elles bien représentées chez les différents éditeurs en orthophonie, qui proposent de nombreux matériels spécialisés.

Or, la conservation du nombre, condition indispensable à la construction du nombre, est à la base du raisonnement opératoire chez l'enfant comme nous l'avons démontré dans la partie théorique qui lui est consacrée.

Fortes de ce constat, nous souhaitons proposer aux orthophonistes un outil ludique qui permette la mise en place de la conservation numérique. Grâce à une trame narrative attrayante pour l'enfant, il s'agissait de proposer une suite d'activités progressives, visant un travail des processus sous-jacents et propres à la conservation du nombre.

Soulignons qu'il s'agit d'un « support » de prise en charge. Il n'a pas été question de créer un matériel « figé », mais bien au contraire un outil modulable. Nous voulions proposer avant tout une trame attrayante et progressive pour l'enfant, sur laquelle l'orthophoniste pourrait s'appuyer lors des séances de prise en charge. Toute liberté est alors possible quant à l'adaptation des consignes, l'étayage ou les changements à apporter si nécessaire, en fonction des conduites de l'enfant et de ses difficultés ou réussites. Nous souhaitons aussi proposer un matériel permettant un apprentissage le plus « opératoire » possible, comme le préconise Piaget, afin de permettre la construction de la structure logique et non un apprentissage empirique, ni un simple entraînement qui n'aurait pas lieu d'être puisque la structure fait défaut à l'enfant.

Nous voulions donc élaborer un matériel qui se distingue par son ludisme et sa souplesse d'utilisation. Il devait permettre à l'orthophoniste d'avoir à disposition une série d'activités travaillant les notions nécessaires à la construction de la conservation du nombre.

II. Hypothèses

1. Hypothèse générale

Nous supposons qu'en nous appuyant sur les recherches, les connaissances théoriques et cliniques actuelles concernant la structure logique de conservation du nombre, nous pourrions élaborer un outil qui permettrait d'une part, la remédiation de cette structure logique chez des enfants pour qui elle ferait défaut, et qui pourrait répondre d'autre part, aux besoins des orthophonistes dans ce domaine de prise en charge.

2. Hypothèses opérationnelles

2.1. Hypothèse 1

Nous émettons de ce fait l'hypothèse que cette remédiation permettra pour chaque enfant non-conservant bénéficiant de séances avec l'outil créé, en tant que support de prise en charge, l'acquisition de la structure logique de conservation du nombre, et de correspondre par là même aux capacités attendues pour son âge.

2.2. Hypothèse 2

Les trois enfants bénéficiant de notre remédiation présenteront inévitablement des comportements cliniques différents, c'est pourquoi, nous émettons l'hypothèse que la progression sera différente pour chacun d'eux.

Chapitre III
PARTIE EXPERIMENTALE

I. Elaboration de l'outil « Conservons en musique »

1. Principes d'élaboration

L'élaboration du jeu « Conservons en musique » a nécessité un réel travail de recherche au niveau théorique. Elle a été complétée de conseils de professionnels confirmés dans le domaine logico-mathématique. Ce jeu est aussi le fruit d'une création manuelle personnelle. De plus, ce travail a fait l'objet de remaniements constants durant toute sa phase d'expérimentation.

1.1. Supports théoriques

On ne compose pas un morceau de musique sans en avoir préalablement choisi la tonalité. Il en est de même pour la création d'un outil orthophonique. Il s'agit de choisir les supports théoriques durant la phase de conception préalable, qui est tout aussi nécessaire qu'indispensable.

Pour ce faire, nous avons choisi de suivre les principes piagétiens décrits dans « La genèse du nombre » (Piaget & Szeminska, 1991), certaines pistes de rééducation de M. Bacquet et B. Guéritte-Hess (Bacquet & Guéritte-Hess, 2007), des données issues de travaux post-piagétiens notamment cités par Vilette (Vilette, 1996), mais aussi les grands principes de prise en charge logico-mathématiques.

Bien que des auteurs choisis soient parfois en désaccord sur certains fondements théoriques, nous ne les considérons cependant pas comme antagonistes et souhaitons marier les avis.

En choisissant cette tonalité, le fondement théorique du jeu s'inscrit dans une réelle perspective piagétienne, complétée par des travaux post-piagétiens jugés complémentaires, évoqués précédemment et précisés dans cette partie. Nous retiendrons donc : la notion de réversibilité, le raisonnement sur les transformations, l'attente d'une argumentation précise de la part de l'enfant...

1.1.1. Sélection des compétences sous-jacentes à la conservation du nombre

En suivant l'approche de B. Vilette et de R. Gelman (Vilette, 1996), nous avons choisi de construire le jeu en fonction des différentes notions logiques, numériques et arithmétiques, sous-jacentes à la notion de conservation du nombre :

- **La correspondance terme à terme :**

Elle est décrite comme étant le « *premier processus appliqué par les jeunes enfants pour déterminer l'égalité ou l'inégalité de deux collections d'objets* » (Vilette, 1996). Dans la majeure partie des contributions expérimentales, l'égalité initiale entre les deux collections est toujours construite et/ou justifiée par le facteur d'équivalence issu de la correspondance terme à terme.

Nous avons choisi de suivre le même point de départ. Nous avons proposé d'utiliser la correspondance provoquée en début de jeu, puis la correspondance spontanée en cours de jeu.

- **Le dénombrement :**

Plusieurs études ont prouvé l'efficacité de la pratique du comptage, en tant qu'autre outil de comparaison et permettant aux enfants de juger correctement l'équivalence ou la non-équivalence de deux collections. Gréco, le premier, reconnaît qu'avant de conserver le nombre, les enfants pratiquent le comptage, en utilisant le résultat d'un dénombrement pour comparer deux collections distinctes d'objets (Gréco, 1962).

Nous avons choisi de proposer plusieurs situations de dénombrement en nous appuyant sur la pratique du comptage de collections de configurations régulières ou irrégulières.

- **La quotité :**

Dans la conservation du nombre, il y a la conservation de l'égalité et la conservation de l'inégalité des collections. Vilette utilise notamment une étape de conservation de la quotité pour faire acquérir à l'enfant la conservation de l'égalité. De plus, Gréco souligne l'importance du comptage comme facteur d'acquisition de la conservation de la quotité. Il nous a paru judicieux d'inclure

une étape de conservation de quantité dans le jeu, pour marquer cette facette de la conservation du nombre (Greco, 1962).

- **L'équivalence non linéaire :**

Nous nous sommes inspirées de la méthode non verbale de Siegel (Siegel, 1974). Selon elle, l'enfant doit choisir, à partir d'une carte stimulus sur laquelle figurent 1 à 9 points, la carte numériquement équivalente qui se trouve parmi d'autres cartes cibles. Les points représentés sur les cartes cibles sont disposés au hasard créant ainsi un obstacle perceptif à la réponse correcte. En nous appuyant sur cette notion, nous voulions permettre à l'enfant de jongler entre les transformations spatiales (configurations de points sur une carte) et les transformations numériques (nombre des points sur une carte) tout en mentalisant le nombre.

- **Les ajouts et les retrais : l'arithmétique élémentaire :**

Depuis la première expérimentation de Wohlwill (Wohlwill, 1959) jusqu'aux nombreuses autres qui ont suivi, il a été démontré que manipuler l'arithmétique élémentaire (compréhension des additions et des soustractions d'éléments sur deux collections) est une condition nécessaire pour l'acquisition de la conservation du nombre.

Additionner et soustraire peut conduire les enfants à prendre en compte la dimension numérique et non plus la dimension spatiale. Le but est d'amener les enfants à discriminer les indices numériques pertinents des indices perceptifs non pertinents. Il s'agit d'aborder la notion de conservation de l'inégalité pour Vilette. Pour se faire, nous nous sommes inspirées de la situation décrite par Gréco (Greco, 1959) et complétée par Vilette (Vilette, 1996). L'enfant est amené à résoudre des additions et soustractions sur des collections égales, puis inégales.

- **Transformations conservantes et non conservantes :**

En nous inspirant du *Jeu magique* de Gelman (Gelman, 1972), nous avons voulu proposer à l'enfant des situations lui permettant de raisonner sur des transformations qui modifient (transformations non conservantes, par ajouts-retraits) ou non (transformations conservantes, par déplacement) la numérosité des ensembles. Gelman avait proposé d'observer les réactions de jeunes enfants face à des transformations sur de petits ensembles de deux ou trois éléments. Nous avons complexifié la tâche en proposant un plus grand nombre d'éléments dans chaque

collection et en appliquant nécessairement un déplacement, que la transformation soit conservante ou non. En outre, nous avons d'abord choisi de présenter cette activité en donnant la possibilité à l'enfant de déplacer lui-même les éléments. Dans un second temps, nous avons proposé à l'enfant de réfléchir sur les transformations sans la composante manipulation, en procédant uniquement par rétroaction et par prédiction.

- **Masquage des collections :**

Nous avons choisi d'amener l'enfant à manipuler des collections comportant le même nombre d'éléments au départ. Selon deux types de transformations, l'enfant transporte les éléments d'un endroit à un autre. Les transformations peuvent être soit conservantes (la quantité d'éléments transportés est la même que la quantité d'éléments de l'autre collection restée en place), soit non conservantes (la quantité transportée est différente de la quantité de l'autre collection restée en place). Nous avons voulu inclure la notion de masquage des collections qui permet d'induire un raisonnement sur les transformations et donc des jugements de conservation (Hooper, 1992). Il s'agit d'empêcher les enfants de percevoir simultanément les deux quantités après une transformation.

En plus de ces compétences sous-jacentes, nous avons complété l'outil par une activité mettant en jeu un conflit cognitif entre l'enfant et l'orthophoniste. En effet, Piaget a souligné que l'étayage peut aussi fonctionner par conflit (Piaget, 1937).

De même, Piaget et Inhelder ont aussi évoqué la nécessaire grande mobilité des manipulations mentales au stade opératoire concret, permise par « *la mobilité rétroactive et anticipatrice* ». Aussi, avons-nous proposé une activité faisant intervenir la rétroaction, ainsi que l'anticipation lors du raisonnement sur les transformations conservantes ou non (Piaget, 1990).

Nous avons aussi fait le choix de proposer une activité permettant d'introduire la notion de zéro pour terminer le jeu. Il s'agit de sensibiliser l'enfant à la notion de quantité nulle ou « nombre zéro » en lien avec le « zéro logique », qui s'identifie par des termes spécifiques tels que « rien, aucun » (Michelot, 1966).

Enfin, nous avons pris soin d'organiser les activités de jeu de manière cohérente et progressive, en suivant les données issues de la littérature.

1.1.2. Exigences matérielles

Au niveau du matériel, nous nous sommes appuyées sur les nombreuses contributions expérimentales post-piagésiennes qui ont tenté de moduler la prégnance perceptive du matériel utilisé dans les épreuves classiques de conservation. Celles-ci nous ont permis de contrôler autant que possible les biais relatifs à la nature perceptive du matériel que nous élaborions.

- Nombre d'éléments par collections

Pour Piaget, la conservation des petits nombres n'existe pas. Avec des petites collections, l'enfant n'utilise qu'une stratégie de quantification (subitizing, comptage) sans opérateur de conservation. Il ne raisonne alors que sur des configurations statiques, non plus sur les transformations. Il ne s'agit que de stratégies intermédiaires pour arriver à la conservation réelle du nombre.

Nous avons donc choisi de partir de collections supérieures à 5 éléments, comme le suggèrent Piaget (Piaget & Inhelder, 1990) et Gelman (Gelman, 1982). Nous avons aussi prévu de faire raisonner l'enfant sur des transformations concernant des collections de plus en plus grandes.

- Couleur des collections

Plusieurs expériences ont été menées afin de mesurer l'aspect facilitateur ou non d'utiliser des rangées de couleurs différentes dans les jugements de conservation. Les avis divergent. Pour Vilette (Vilette, 1996), les données recueillies paraissent peu convaincantes. Nous avons choisi de différencier les collections d'éléments du jeu avec un code couleurs (blanc, rose, bleu). Mais nous avons aussi pris soin de créer suffisamment d'éléments afin de permettre les transformations sur deux collections de même couleur.

1.1.3. Formulation des consignes

Il s'agit de limiter dans la formulation des consignes données à l'enfant les contraintes linguistiques, car elles ne relèvent pas d'une nécessité logique. Nous avons adapté notre lexique en fonction des données expérimentales sur ce sujet.

Tout d'abord, Piaget a toujours recommandé l'utilisation, au niveau des consignes verbales, de divers substantifs et qualificatifs afin d'éviter les interprétations incorrectes de la part de l'enfant : « *y a-t-il pareil, le même nombre, autant de jetons rouges et bleus, ou non ?...* » (consigne rapportée par Vilette (Vilette, 1996)). Précisons que la formulation des consignes doit correspondre à des énoncés compréhensibles pour les enfants avec des expressions qu'ils utilisent eux-mêmes parfois fréquemment.

En choisissant l'approche piagétienne comme point de départ, nous mettons en avant la dynamique de l'échange. Celui-ci importe plus que le caractère formel de telle ou telle expression avec une succession plus ou moins obligatoire.

Par contre, nous avons respecté le fait que la consigne adressée à l'enfant ne doit pas suggérer une réponse. Concernant l'utilisation du terme « nombre » dans la consigne, il est davantage usité par les post-piagétiens, imprégnés du rôle des compétences numériques et arithmétiques dans l'acquisition de la conservation du nombre. Nous avons fait le choix de l'utiliser tout en nous limitant aux consignes où l'induction au comptage importe peu.

Enfin, certaines études rapportent une facilitation des jugements de conservation lorsque des noms de collection (« animaux ») sont utilisés dans la consigne, contrairement à l'utilisation des noms de classe (« chiens ») (Markman, 1979). D'autres remettent en cause cette constatation n'y voyant aucun effet facilitateur (Fuson, Lyons, Pergament, Hall & Kwon, 1988). Nous avons alors choisi d'utiliser des noms de collection « musiciens », « chaises », pour les rangées d'éléments principaux du jeu en complétant par des noms de classe « pupitres », « crayons », « partitions » pour les rangées d'éléments accessoires.

1.2. Supports cliniques

Il nous a semblé important de rencontrer des orthophonistes s'intéressant de près aux prises en charge logico-mathématiques. Nos rencontres nous ont alors permis de répondre à certaines interrogations et de bénéficier de conseils judicieux issus de leur expérience dans ce domaine. Nous avons alors pu affiner l'outil avec les ajustements conseillés.

1.3. Supports de jeu

Le jeu, en tant que support de remédiation, est un outil qui permet à l'enfant en situation d'échec d'évacuer son anxiété en découvrant qu'il est capable de réussir.

Comme nous l'avons déjà souligné, le but de cette étude n'est pas de proposer un apprentissage empirique et temporaire mais plutôt un apprentissage qui se veut « opératoire » pour permettre la mise en place de la conservation du nombre. Piaget, considère le jeu comme un processus d'assimilation (Piaget, 1976). Le jeu « Conservons en musique » a donc été conçu dans ce cadre-là.

Nous avons choisi de construire notre jeu en respectant des critères de base, décrits ci-dessous.

1.3.1. Attractif et ludique

Il nous a semblé primordial de prendre en compte le plaisir de jeu, énoncé par Meljac, dans la création d'un matériel destiné à des enfants. Pour ce faire, nous avons cherché à le rendre le plus attrayant et ludique possible, en travaillant sur plusieurs points :

- **Le thème du jeu** : il nous a paru judicieux de choisir un thème qui plaise autant aux filles qu'aux garçons, tout en prenant en compte la tranche d'âge concernée (plus de 8 ans). Il devait aussi être prétexte à la constitution de collections pour y effectuer, outre une correspondance terme à terme initiale, diverses transformations signifiantes. Utiliser le thème de la musique respectait ces contraintes. De plus, si certains enfants pratiquent la musique en activité extra-scolaire, les autres y sont aussi sensibilisés indirectement car elle nous entoure au quotidien. Le deuxième thème du jeu est la magie. Le monde de la magie fascine

aussi dès le plus jeune âge et déjouer les tours est souvent source d'intérêt. Rassembler la musique et la magie nous a semblé judicieux à exploiter pour susciter l'intérêt des enfants ;

- **L'esthétique du jeu** : l'ensemble du territoire graphique (travail d'illustration, de colorisation, du choix de la matière, de mise en page du livret, etc.) a fait l'objet d'un soin tout particulier lors de sa réalisation. En effet, il constitue un élément déterminant pour séduire l'enfant dès sa première rencontre avec le jeu tout en prenant en compte les exigences perspectives que cette structure logique requiert ;
- **L'enfant, héros de l'histoire** : nous avons tenu à rendre l'enfant acteur de ses apprentissages, principe pédagogique dont l'importance a été soulignée par Jaulin-Mannoni (Jaulin-Mannoni, 1974), en le rendant héros de l'histoire ;
- **La trame narrative** : dans l'histoire et tout au long du jeu, nous avons choisi de mettre l'enfant en situation de dépassement de soi et en situation d'enjeu avec un but à atteindre. Cela nous a semblé intéressant à prendre en compte afin d'éveiller sa curiosité et de maintenir son intérêt tout au long de la remédiation.

1.3.2. Adaptable et souple

Nous avons insisté sur le terme d'« outil » car notre objectif premier n'a pas été de proposer une recette toute faite mais plutôt un outil souple d'utilisation, qui permette à l'orthophoniste d'adapter sa prise en charge en fonction de l'enfant.

Nous avons cherché à rendre ce jeu maniable en facilitant son utilisation par l'élaboration d'un livret, qui permet à l'orthophoniste de suivre tout le déroulement du jeu.

Ainsi, les recommandations du livret du jeu vont dans ce sens. Même si nous avons suggéré une trame, les choix de l'utilisation de l'outil sont du fait de l'orthophoniste. Libre à lui de sélectionner une séquence de jeu selon une notion à travailler, de poser des questions plus ou moins complexes à l'enfant, d'envisager un étayage selon les difficultés observées, de proposer des manipulations diverses d'éléments, de transformer les rangées de cartes...

1.3.3. Progressif

Ce jeu vise la remédiation d'une notion logique. Ainsi avons-nous veillé à proposer un déroulement allant croissant en difficulté. Le jeu permet le travail des processus logiques et mathématiques sous-jacents à la conservation du nombre. Celui-ci est proposé selon différentes modalités de réponses (orales et écrites), différentes modalités de présentation (collections statiques et collections mobiles) et différentes modalités de transformation des collections (transformations conservantes, transformations non conservantes, transformations visibles ou masquées, ajouts et retraits...).

L'enfant est aussi amené à se justifier très régulièrement afin que nous puissions suivre son raisonnement. En effet, la verbalisation est au centre des activités que nous lui avons proposées, car elle lui permet de progresser dans son raisonnement en l'obligeant à le mettre en mots (Chain, 2006).

1.3.4. Manipulable

Nous avons vu qu'au stade des opérations concrètes, l'enfant construit et structure sa pensée en se confrontant au réel. C'est par le sens, le contact, les mains que l'enfant expérimente pour modifier ses processus mentaux. Il peut alors se créer des hypothèses, des invariants et ainsi prévoir pour arriver à la réversibilité de pensée.

Il nous a donc paru nécessaire de proposer à l'enfant d'utiliser un outil concret avec divers éléments manipulables, conformément à ce qui a été mis en évidence par Piaget. Il peut ainsi déplacer des cartes selon les différents espaces du jeu (le plateau, le bureau de l'orthophoniste ou les trois bacs de rangements).

Deux bacs de rangements peuvent se fermer au moyen de couvercles afin de cacher les collections de cartes. Ceci permet à l'enfant de mentaliser les manipulations dans la perspective de construire et utiliser le nombre.

2. Présentation du jeu



Figure 1: Principaux éléments du jeu



Figure 2: Installation type du plateau de jeu

2.1. Liste des éléments

- 1 livret de jeu ;
- 1 plateau de jeu ;
- 1 grande boîte subdivisée en 3 bacs de rangement (dont 2 avec couvercles) ;
- 2 cartes « chef d'orchestre » blanches ;
- 8 cartes « musicien rose » ;
- 8 cartes « musicien bleu » ;
- 6 cartes « chanteur violet » ;
- 25 cartes « chaise » ;
- Petits cartons accessoires : 25 cartons « pupitre », 25 cartons « partition » (25 roses, 25 bleues, 25 blanches), 25 cartons « crayon » ;
- 1 carte « directeur artistique » verte ;
- 1 support de carte pour la carte « chef d'orchestre » ;
- 20 photos de l'orchestre (10 roses, 10 bleues) ;
- 42 pièces de puzzle ;
- 1 « feuille de présence » ;
- 1 photo « ensemble des artistes » ;
- 1 affiche de concert ;
- 1 article de journal ;
- 1 CD comprenant le livret de jeu et les annexes.

(Se reporter à l'annexe A : présentation du jeu.)

2.2. Règle du jeu

Dans ce jeu, l'enfant incarne un jeune chef d'orchestre nouvellement recruté pour diriger un orchestre, appelé les « musi-magiciens ». Il devra faire travailler son ensemble composé de musiciens, s'improvisant parfois magiciens, dont les tours seront à déjouer. Au fur et à mesure des répétitions, il gagnera des pièces de puzzle pour découvrir l'affiche de son prochain concert.

L'orthophoniste joue le rôle du 1^{er} violon qui aiguillera et questionnera le chef d'orchestre tout au long des répétitions.

D'autres personnages interviendront et l'orthophoniste interprètera aussi : le directeur artistique, le luthier et la gardienne de la salle de concert.

Le jeu se divise en 8 séquences, à adapter selon les conduites et les difficultés de l'enfant.

2.3. Livret de jeu

Un livret de jeu destiné à l'orthophoniste décrit la progression des différentes séquences (répétitions de l'orchestre), à la fois sur le plan narratif et sur le plan théorique.

Au début du livret, nous avons inclus un tableau récapitulatif. Il permet à l'orthophoniste de savoir facilement quelles sont les notions travaillées ainsi que les compétences et les objectifs visés pour chaque séquence.

L'orthophoniste peut donc passer plus ou moins de temps sur une séquence en particulier, voire changer l'ordre en adaptant la trame de l'histoire s'il en ressent la nécessité.

Par la suite, chaque séquence de jeu est décrite en précisant : le matériel à utiliser et sa disposition, les notions travaillées.

Afin de faciliter l'utilisation de l'outil pour l'orthophoniste, nous avons pris soin d'organiser et d'épurer le plus possible la mise en page. Nous avons alors utilisé un code couleurs :

- **En noir**, sont mentionnés : la liste du matériel nécessaire, les indications et les déplacements des différentes pièces à effectuer en cours de jeu ;
- **En rouge**, sont mentionnées : la « narration » et les consignes destinées à l'enfant.

Voici les huit séquences proposées à l'enfant (Cf. tableau 2) :

PROGRESSION	OBJECTIFS	
	Logiques/numériques	Linguistiques
1^{ère} répétition Présentation et installation de l'orchestre	Correspondance terme à terme : - Distribution autour de 6 éléments - Transport d'une quantité exacte - Description d'une collection statique - Permutation d'éléments à l'intérieur d'un ensemble	- Compréhension du lexique du jeu - Amener à l'expression de mots exprimant les quantités, les couleurs...
2^{ème} répétition Faire connaissance avec les musiciens	- Quotité - Dénombrement par comptage / stratégies - Permutation d'éléments à l'extérieur d'un ensemble / échange un contre un	- Utilisation de termes d'identité et d'inégalité - Symbolisation
3^{ème} répétition Les tours de magie	- Ajouts / retraits sur des collections égales - Ajouts / retraits sur des collections inégales	- Justifications verbales avec des termes spécifiques de transformations additives et soustractives - Arguments de conservation numérique
4^{ème} répétition Déplacements 1	- Transformations conservantes sans et avec masquages	- Arguments de conservation numérique - Description des relations entre les éléments des collections avec des comparatifs et superlatifs
5^{ème} répétition Déplacements 2	- Transformations non-conservantes sans et avec masquages	- Arguments de conservation numérique - Description des relations entre les éléments des collections avec des comparatifs et superlatifs
6^{ème} répétition Visite du directeur artistique	- Vérification des acquis des séances précédentes	- Utilisation de comparatifs d'infériorité et de supériorité avec des indices visibles et manipulables
7^{ème} répétition Répétition générale	- Rétroaction - Prédiction	- Utilisation de comparatifs d'infériorité et de supériorité sans indices visibles et manipulables
Le concert	- Equivalence non linéaire - Conflit cognitif - Introduction du zéro	- Argumentation précise pour convaincre l'interlocuteur, utilisation fluide des termes de quantification

Tableau 2: 8 séquences du jeu

2.4. Cartes



Figure 3: Cartes

2.4.1. Cartes « chef d'orchestre »

L'enfant a la possibilité de choisir son personnage en début de jeu entre un homme et une femme et de lui donner un nom. La carte se dispose soit sur l'estrade illustrée sur le plateau de jeu, avec le support de carte, soit à côté du plateau pour éviter tout biais perceptif lors du travail des notions avec les autres cartes de musiciens.

2.4.2. Cartes « musicien »

Afin de constituer des rangées d'éléments, nous avons choisi de proposer 8 musiciens sur fond bleu et 8 musiciens sur fond rose. Dans le jeu, ils sont appelés selon la couleur du fond de carte, les « musiciens roses », « les musiciens bleus ». Il s'agit de petits personnages tenant un instrument. Il y a différents types d'instruments représentés. Nous avons choisi les plus communs, car le but premier du jeu n'est pas de travailler le lexique.

L'orthophoniste incarne le 1^{er} violon mais aussi le « directeur artistique », sur fond vert.

2.4.3. Cartes « chaise »

Au départ, il était prévu d'inclure les chaises des musiciens dans le dessin du plateau, la « *salle de répétition* ».

Nous avons décidé par la suite, de créer des cartes « *chaise* » pour éviter tout biais perceptif qui aurait pu induire les réponses de l'enfant lors des transformations des collections, dans la séquence dédiée à faire travailler cette notion.

2.4.4. Petits cartons « accessoires »

Pour répondre aux différentes manipulations exigées lors du jeu (correspondance terme à terme provoquée, - mettre en correspondance des objets hétérogènes -, distribution, échange un contre un, transport d'une quantité à l'intérieur et à l'extérieur d'un ensemble...), de petits cartons représentent les accessoires des musiciens.

Les accessoires sont de trois types :

- **Les partitions** : Sur un carton « *partition* », une partition est dessinée sur fond blanc pour les partitions utilisées en début de jeu. Des partitions sur fond bleu et d'autres sur fond rose correspondant aux musiciens bleus et roses (dénommées « *partition bleue* » et « *partition rose* » dans le jeu) sont utilisées en deuxième intention ;
- **Les pupitres** : Sur un carton « *pupitre* » est dessiné un pupitre. Tous les cartons « *pupitre* » ont un fond blanc ;
- **Les crayons** : Sur un carton « *crayon* » est dessiné une main tenant un crayon. Tous les cartons « *crayon* » ont un fond blanc.

2.4.5. « Photos de l'album »

Lors d'une autre séquence, il est proposé à l'enfant une reconnaissance d'équivalence numérique non linéaire pour chaque famille de musiciens.

Pour ce faire, nous avons élaboré une carte cible sur fond bleu et neuf cartes d'entraînement sur fond bleu. La carte cible se distingue des autres cartes par un encart rouge et par le fait qu'elle inclut un nombre précis de visages de « musiciens bleus ». Les

cartes d'entraînement présentent aussi les visages des « musiciens bleus » mais avec un nombre et une configuration différents selon les cartes. Il s'agit pour l'enfant de retrouver parmi ces cartes le même nombre que celui présenté sur la carte cible.

Nous avons procédé de même pour les « musiciens roses » avec une carte cible et neuf cartes d'entraînement.

2.5. Espaces ouverts / Espaces fermés



Figure 4: Espaces ouverts et espaces fermés

Au cours du jeu, il est demandé à l'enfant de manipuler les cartes au travers de divers déplacements qui modifient quantitativement ou non les rangées de cartes : mises en correspondance, tris, sélections, échanges, ajouts et retraits, transformations conservantes ou non conservantes...

Nous avons alors construit plusieurs espaces de rangement en personnalisant la boîte du jeu. Ces espaces permettent d'y déposer les cartes selon la consigne donnée à l'enfant et selon le type de déplacement demandé. Mais la spécificité de ces espaces réside dans le fait qu'ils sont soit ouverts, soit fermés (Cf. figure 4).

Pour ce faire, nous avons divisé une grande boîte en 3 bacs de rangement (Cf. figure 5).



Figure 5: Bacs de rangement

2.5.1. Espaces ouverts : « salle de répétition » / « vestiaires » / « jardin »

Les espaces ouverts permettent à l'enfant de voir les cartes qu'il y a déposées. Le résultat des transformations opérées sur les cartes suivant les consignes énoncées est alors visible. L'enfant peut avoir recours à l'aide visuelle dans un premier temps. Il devra utiliser les espaces fermés dans un second temps.

- **La « salle de répétition »** est représentée par le plateau de jeu.

C'est un plateau repliable en deux.

L'illustration présente un décor de salle de répétition. Le fond correspond au plancher de la salle. En bas du plateau se trouve l'estrade du chef d'orchestre. En haut, se trouve un parcours (illustré par une portée musicale), composé de plusieurs cases (illustrées par des mesures) roses ou bleues.

Ce parcours a pour point de départ un chapeau de magicien contenant un lapin et pour point d'arrivée, une baguette magique. Il est utilisé dans une étape du jeu, la carte « chef d'orchestre » avancera alors progressivement selon la réussite aux activités proposées.

Cette salle de répétition est l'espace de jeu le plus utilisé pendant toute la durée du jeu. Il permet de disposer les deux rangées de musiciens (une rangée rose, une rangée bleue) avec les accessoires correspondants (partitions, pupitres et crayons).

- **Les « vestiaires »** correspondent au bac de rangement situé en haut de la boîte.

L'illustration présente un décor de vestiaires avec des casiers, des bancs, des manteaux...

- **Le « jardin »** correspond au bureau de l'orthophoniste, l'extérieur du plateau, tout l'espace qui l'entoure.

2.5.2. Espaces fermés : « magasin de musique » / « salle de concert »



Figure 6: Espaces fermés

Les espaces fermés ne permettent pas à l'enfant de voir les cartes qu'il y a déposées (Cf. figure 6). Le fait de masquer les cartes permet d'induire un raisonnement sur les déplacements et les transformations imposées par les consignes. Les illustrations ont donc été effectuées sur les couvercles des bacs. Sur chacun des couvercles un personnage est visible (luthier, gardienne de salle) car l'orthophoniste les incarne au cours du jeu pour poser des questions à l'enfant.

- **Le « magasin de musique »** correspond au bac de rangement situé en bas à gauche.

L'illustration du couvercle présente une devanture de magasin de musique avec le luthier au premier plan.

- **La « salle de concert »** correspond au bac de rangement situé en bas à droite.

L'illustration du couvercle présente l'intérieur d'une salle de concert, rideaux rouges fermés. La gardienne de la salle est en premier plan.

2.6. Éléments annexes



Figure 7: Éléments annexes

2.6.1. Pièces de puzzle

L'enfant n'est pas en compétition avec un autre joueur, il évolue dans le jeu à son rythme. Mais pour maintenir l'attention de l'enfant tout au long des séquences, il nous a semblé judicieux d'instaurer un enjeu, un but à atteindre pour gagner.

L'objectif est donc de recueillir au fur et à mesure des séquences un certain nombre de pièces de puzzle pour pouvoir en fin de jeu reconstituer une affiche de concert.

2.6.2. « Feuille de présence » / « Photo de l'orchestre »

Lors d'une séquence, il est demandé à l'enfant de remplir la « feuille de présence » de ses musiciens. Il s'agit de plusieurs activités de dénombrement reposant sur le support écrit : il doit dessiner, entourer des éléments, répondre à des questions, remplir un tableau.

Pour ce faire, il observe son plateau de jeu mais se réfère aussi à la « photo de l'orchestre ». Il s'agit d'une planche illustrant tous les personnages du jeu.

2.6.3. « Affiche du concert » / « Article du journal »

En fin de jeu l'enfant a récupéré toutes les pièces du puzzle et peut reconstituer l'affiche du concert. Nous avons proposé un modèle grand format, qui est remis à l'enfant en fin de jeu.

Pour terminer le jeu, l'enfant obtient aussi « l'article du journal » qui fait part de la critique du concert et félicitant le travail du chef d'orchestre. Nous avons rédigé une critique que nous avons mis en page sous la forme d'un article de magazine musical. L'enfant a la possibilité de lire lui-même cet article.

2.6.4. Support CD

Le livret de jeu ainsi que toutes les annexes à utiliser dans le jeu sont numérisés et enregistrés sur CD-ROM. Cela permet à l'orthophoniste d'imprimer les documents nécessaires pour chaque enfant utilisant le jeu.

3. Compétences travaillées

Nous sommes donc partis sur deux grands types de compétences à faire travailler. Citons et présentons brièvement d'abord les compétences logiques et numériques, puis les axes linguistiques complémentaires, en ne prenant que quelques consignes pour illustrer nos propos.

3.1. Compétences logiques et numériques

3.1.1. Correspondance terme à terme

La mise en évidence de la conservation du nombre passe par des situations de correspondance terme à terme. C'est donc tout naturellement que le jeu commence par faire travailler cette notion.

L'orthophoniste place une première rangée de carte « chaises » sur le plateau, « salle de répétition ». Il s'agit d'abord d'induire une correspondance terme à terme « provoquée », c'est-à-dire avec des éléments complémentaires.

Consigne : « *D'abord, il faut installer les musiciens. Une première rangée de chaises est déjà placée. Installe la deuxième rangée comme la première. Puis, va chercher les musiciens et place-les sur les chaises : tout est dans les vestiaires.* »

Ce premier temps permet d'observer la stratégie de l'enfant : correspondance numérique, correspondance quantifiante, analyse perceptive.

S'il ne sait pas comment faire, induire et demander : « *Comment pourrait-on faire pour qu'il y ait exactement la même chose ?* », « *As-tu bien mis un musicien à chaque chaise ?* »

3.1.2. Transport d'une quantité, du nombre exact

Il s'agit de proposer une situation où l'enfant utilise le nombre et le mentalise en élaborant des stratégies.

« *Pour commencer à travailler, les musiciens ont besoin d'un pupitre et d'un crayon. Il faut les acheter au magasin. Donne à chaque musicien les affaires dont il a besoin. Attention, tu n'entres dans le magasin qu'une seule fois, il doit y avoir exactement ce qu'il faut.* »

3.1.3. Situation statique

L'enfant est amené à juger les différences et les ressemblances des rangées qu'il a établies. La situation est particulièrement intéressante pour l'utilisation du lexique.

« Nous sommes presque installés, pourrais-tu décrire ce que tu vois ? Comment trouves-tu ton orchestre ? Que veux-tu changer ? Quelles sont les différences et les ressemblances entre la première rangée de musiciens et la deuxième rangée ? »

3.1.4. Permutation d'éléments à l'intérieur de l'ensemble

Il s'agit là de comprendre que les éléments des rangées sont interchangeables, que la quantité ne change pas.

L'enfant est devant une première rangée de musiciens bleus et une deuxième rangée de musiciens roses.

« Chaque musicien a une place bien précise : place les musiciens bleus sur la rangée de devant et les musiciens roses derrière. Change de musiciens s'il le faut, d'autres attendent dans les vestiaires ».

3.1.5. Quotité

La quotité, ou « nombre compté », se conserve avant la quantité. Les musiciens sont placés en correspondance terme à terme. L'enfant est alors invité à compter l'une des deux rangées de musiciens. Puis, en faisant disparaître l'autre rangée, on demande à l'enfant de deviner, sans compter, combien de musiciens ont disparu. Sitôt la réponse donnée, l'enfant est sollicité pour comparer les deux rangées remises ensemble.

« Les musiciens bleus partent accorder leurs instruments dans les vestiaires, déplacez-les. »

« A ton avis combien de musiciens sont partis dans les vestiaires ? »

« Ici, y a-t-il autant de musiciens roses que de musiciens bleus dans les vestiaires ? »

« Plus de roses ou plus de bleus ? »

3.1.6. Dénombrement

Nous avons choisi le support écrit pour entraîner le dénombrement. Ainsi, en ayant le plateau de jeu avec les éléments sous les yeux et une photo de tous les personnages du jeu, l'enfant doit dénombrer les éléments selon les critères mentionnés dans les consignes. Pour rendre cette activité ludique, nous proposons à l'enfant de dessiner, d'entourer ou de compléter des phrases.

« Pour vérifier que tous les musiciens sont là avec toutes leurs affaires, tu dois remplir une fiche de présence. Regarde bien, il y a des pièges, des personnes se sont peut-être invitées à la répétition sans ton autorisation. »

3.1.7. Permutation d'éléments à l'extérieur de l'ensemble, échange un contre un

Cette séquence permet à l'enfant de comprendre que les éléments de la collection sont interchangeables, et ce, même avec des éléments étrangers à cette collection.

« Deux musiciens bleus veulent changer de partitions, elles comportent des erreurs. Va au magasin de musique et comment fais-tu pour les échanger ? »

« Y a-t-il le même nombre de partitions maintenant qu'avant d'aller en acheter au magasin ? Pourquoi ? »

3.1.8. Ajouts et retraits

L'objectif visé ici est d'apprendre aux enfants à résoudre des épreuves d'addition et de soustraction sur des collections égales, puis sur des collections inégales. Le nombre d'éléments d'une des rangées peut être modifié avec plus ou moins de transformations spatiales et le nombre d'éléments peut rester inchangé avec plus ou moins de transformations spatiales. Le but est que l'enfant arrive à justifier ses réponses en se référant aux transformations additives et soustractives.

On utilise le parcours de magie en haut du plateau, sur la portée et l'extérieur du plateau. Le chef d'orchestre se déplace au fur et à mesure des bonnes réponses de l'enfant (on peut

utiliser le support de carte). Les questions sont à choisir en fonction de la couleur indiquée par la case. L'enfant peut avancer son personnage s'il répond correctement ou rester sur place et attendre une autre question qui porte sur le même type de transformation mais avec des éléments différents.

« Ce matin, je vais te montrer des tours de magie. Mais tu sais bien qu'en réalité, la magie s'explique toujours ! Le jour du concert, c'est moi qui ferai quelques numéros. Tu vas devoir expliquer exactement comment je fais ! »

Le jeu comporte assez de cartes pour effectuer des ajouts et des retraits sur une quantité d'éléments croissante.

3.1.9. Transformations conservantes

A cette étape du jeu, on utilise les espaces ouverts (jardin ou extérieur du plateau, vestiaires) et fermés (magasin de musique, salle de concert).

Lors des déplacements de cartes, l'enfant peut regarder ce qu'il y a dans les espaces ouverts.

Les espaces dits « masqués » se ferment avec les couvercles pour que l'enfant ne puisse pas voir l'intérieur des deux bacs lorsqu'il doit répondre aux questions.

Dans la dynamique de jeu, l'orthophoniste propose à l'enfant d'opérer différentes sortes de transformations sur les éléments (musiciens, accessoires) en fonction des espaces à considérer.

Selon la consigne, l'enfant déplace les éléments du jeu et répond à des questions.

Si l'enfant répond correctement, on continue, sinon, on lui propose de compter les collections et de comparer, de les mettre en ligne ou de les redistribuer.

Les transformations sont de plusieurs types :

- **Conservantes visibles**

La quantité d'éléments déplacés est la même que celle qui est restée en place.

La quantité d'éléments déplacés est visible car placée dans un bac ouvert.

« La répétition va commencer, tout le monde est installé. Nous commençons à travailler par cœur, sans nos partitions, pour nous entraîner à bien te regarder. Range-les alors dans les vestiaires. »

« À ton avis, y a-t-il plus de partitions dans les vestiaires que de musiciens dans la salle de répétition ? Pourquoi ? »

- **Conservantes masquées**

La quantité d'éléments déplacés est la même que celle qui est restée en place.

La quantité d'éléments déplacés est masquée car placée dans un bac fermé.

« C'est horrible ! Ça sonne faux !!! Des instruments sont mal accordés ! »

« Il faudrait amener les musiciens au magasin de musique pour vérifier que leurs instruments soient bien réglés. Pour avoir 2 pièces de puzzle, déplace les cartes et réponds aux questions du luthier. »

« D'après toi, y a-t-il plus d'instruments dans le magasin de musique que de partitions dans la salle de répétition ? »

3.1.10. Transformations non conservantes

Le principe est le même que dans l'étape des transformations conservantes sauf que dans ce cas, la quantité d'éléments déplacés est différente de celle qui est restée en place.

- **Non conservantes visibles**

La quantité d'éléments déplacés est différente de celle qui est restée en place.

La quantité d'éléments déplacés est visible car placée dans un bac ouvert.

« La répétition va commencer mais trois musiciens sont en retard parce qu'ils discutent dans les vestiaires, ils ont avec eux leur partition et leur crayon. Déplace ce qu'il faut. Tu te demandes alors : Y a-t-il plus de musiciens dans les vestiaires que de pupitres dans la salle de répétition ? »

- **Non conservantes masquées**

La quantité d'éléments déplacés est différente de celle qui est restée en place.

La quantité d'éléments déplacés est masquée car placée dans un bac fermé.

« A la fin de la répétition, quatre musiciens veulent visiter la salle de concert. Ils sont curieux et voudraient voir où va se passer le concert... Ils prennent toutes leurs affaires. Déplace alors ce qu'il faut. La gardienne, à l'entrée, pose des questions. Si tu y réponds correctement, tu gagnes deux pièces de puzzle. »

« A votre avis, y a-t-il moins de crayons dans la salle de concert que de partitions dans la salle de répétition ? »

3.1.11. Rétroaction et prédiction

Cette étape du jeu consiste à faire raisonner l'enfant sur l'état des éléments sans les manipuler. Deux processus sont utilisés : la rétroaction, qui fait appel à des déplacements déjà effectués par l'enfant et auxquels il doit se référer, et la prédiction, se référant à des déplacements non encore effectués et sur lesquels il doit anticiper.

3.1.11.1. Rétroaction

- **Transformations conservantes visibles**

« A la deuxième répétition, tu avais oublié toutes les partitions dans les vestiaires. A ce moment-là, y avait-il plus de partitions dans les vestiaires que de pupitres dans la salle de répétition ? »

- **Transformations conservantes masquées**

« Après une répétition, tu avais visité la salle de concert et tu y avais apporté tous les pupitres. Y avait-il moins de pupitres dans la salle de concert que de musiciens dans la salle de répétition ? »

- **Transformations non conservantes visibles**

« Lors d'une répétition, tu as invité trois chanteurs qui avaient apporté leur partition. Ce jour-là, y avait-il autant de partitions que de crayons dans la salle de répétition ? »

- **Transformations non conservantes masquées**

« A la fin d'une répétition, quatre musiciens ont voulu visiter la salle de concert. A ce moment-là, y-avait-il moins de musiciens dans la salle de concert que de pupitres dans la salle de répétition ? »

3.1.11.2. Prédiction

- **Transformations conservantes visibles**

« Avant de partir pour le concert, nous avons tous rendez-vous dans les vestiaires sans nos affaires pour les dernières consignes. Y aura-t-il autant de musiciens dans les vestiaires que de pupitres dans la salle de répétition ? »

- **Transformations conservantes masquées**

« Demain c'est le concert, nous serons tous dans la salle de concert avec nos affaires. Y aura-t-il plus de musiciens que de pupitres dans la salle de concert ? »

- **Transformations non conservantes visibles**

« Si pendant une répétition, les trois chanteurs avaient travaillé dans le jardin avec leur partition, y aurait-il eu autant de partitions dans le jardin que de musiciens dans la salle de répétition ? »

- **Transformations non conservantes masquées**

« Nous voulons vérifier que les deux instruments qui étaient cassés sont bien réglés. Nous les déposons au magasin de musique. A ce moment-là, y aura-t-il plus d'instruments dans le magasin de musique que de pupitres dans la salle de répétition ? »

3.1.12. Equivalence non linéaire

Il s'agit, à cette étape, d'entraîner l'équivalence non linéaire. L'enfant doit choisir, à partir d'une carte cible sur laquelle figurent jusqu'à huit têtes de musiciens, une ou plusieurs cartes d'entraînement numériquement équivalentes. Les têtes sont disposées au hasard évitant d'induire la réponse par leur configuration. C'est un entraînement moins verbal que précédemment. Il permet de s'assurer que l'enfant utilise, mentalise le nombre et qu'il n'est plus soumis au seul aspect perceptif d'une quantité numérique.

On présente une photo bleue cible (cadre rouge) puis l'enfant pioche une à une les cartes photos bleues : *« A chaque fois, dis si nous sommes tous présents. Il faut que tous les musiciens bleus soient sur les photos bleues. Attention, les musiciens remplaçants peuvent être présents sur la photo. »*

On utilise la même procédure avec les photos roses.

3.1.13. Conflit cognitif

L'étayage peut aussi fonctionner par conflit, comme l'a constaté Piaget. Et, dans la mesure où ce conflit a lieu pendant l'interaction, il conduit au progrès. L'enfant arrive à dépasser ce conflit par une coordination des centrations grâce au caractère réversible de sa pensée. Pour ce faire, l'orthophoniste a à sa disposition quelques contre-suggestions à énoncer à l'enfant.

« En tant que 1er violon, je parle au nom de tous les musiciens. Nous voilà tous installés dans la salle de concert. Je pense qu'il y a plus de pupitres dans la salle de concert que de chaises dans la salle de répétition. Es-tu d'accord avec moi ? »

« Je pense aussi qu'il faudrait racheter des partitions parce qu'il n'y en a pas pour tout le monde, es-tu d'accord ? »

3.1.14. Introduction du zéro

Il nous a semblé intéressant de terminer le jeu en abordant la notion de « zéro », sachant qu'à cet âge, la confusion entre le « zéro logique » et le nombre « zéro » ne devrait plus se faire.

Le nombre « zéro » est le symbole d'une quantité nulle et le « zéro logique » s'exprime par « rien, aucun ». L'enfant peut ne pas maîtriser complètement le sens de zéro tandis qu'il connaît bien le sens de « aucun ». Après avoir travaillé sur les termes quantificateurs, il s'agit ici d'induire le « zéro » arithmétique.

Tous les éléments sont masqués :

« Combien y a-t-il de musiciens dans la salle de concert ? Combien dans la salle de répétition ? »

« Alors, dans la salle de répétition : combien de pupitres ? de crayons ? de partitions ? »

3.2. Compétences linguistiques

3.2.1. Compréhension du lexique du jeu

Le lexique du jeu peut ne pas être un lexique très courant pour l'enfant. Il fait appel à des termes spécifiques tels que : orchestre, chef d'orchestre, partition, pupitre, luthier... qui peuvent être sources de confusions ou d'erreurs.

Nous avons alors prévu, au préalable, un petit temps de présentation du jeu et des différents éléments qui le composent (espaces, personnages...) tout en expliquant à l'enfant le but du jeu.

« Notre orchestre est unique !! Il s'appelle l'orchestre des musi-magiciens. Nous aimons la magie et nous proposons parfois quelques tours lors de nos concerts. »

« Voici une salle de musique, c'est là que les musiciens travaillent. Voici notre orchestre, et je suis le 1^{er} violon. Tu as été engagé(e) pour être notre chef d'orchestre.»

« Sais-tu ce qu'est un orchestre ? »

« Un chef d'orchestre ? »

« Ta mission de chef d'orchestre consiste à diriger et à faire travailler tous les musiciens. Il faudra nous aider rapidement car nous avons un concert prévu dans très peu de temps ! Voici les musiciens, connais-tu ces instruments ? »

C'est aussi l'occasion de choisir le personnage de l'enfant et son nom.

3.2.2. Termes quantificateurs

Est attendue dans les réponses de l'enfant, l'utilisation de termes précis et spécifiques. On relève des termes de quantification et des termes de relation (comparatifs d'infériorité, de supériorité, superlatifs) pour décrire et comparer au mieux l'état des collections.

3.2.2.3. Termes de comparaison

Ce sont les vecteurs simples :

- **Termes quantificateurs caractérisant une différence** : « plus », « davantage », « moins » ;
- **Termes quantificateurs caractérisant l'identité et l'équivalence** : « pareil », « autant » ;
- **Termes quantificateurs avec adjectifs** : « le plus petit », « le plus gros », « le plus grand », « aussi grand », « moins grand », « la même chose », « la même quantité ».

3.2.2.4. Termes de description

Ce sont les scalaires :

- **Scalaires objectifs** : Nombre (1, 2, 3...)
- **Scalaires subjectifs** : Beaucoup, peu, énormément...
Et parmi eux, les scalaires adjectifs : grand, petit, large...

3.2.3. Argumentation

Le but est que l'enfant arrive à produire une argumentation précise qui vise à convaincre son interlocuteur, en utilisant non seulement les termes de quantification mais aussi en énonçant l'argumentation requise pour justifier la conservation du nombre.

Les arguments attendus sont de plusieurs types :

- **Arguments d'identité quantitative** (« C'est pareil, on n'a rien enlevé ni rien ajouté ») ;
- **Arguments de réversibilité par inversion** (« C'est toujours pareil, on peut remettre les jetons là exactement comme ceux de l'autre rangée » avec, « avant, après, tout à l'heure ») ;
- **Arguments par compensation des relations réciproques** (« La rangée ici est plus longue mais les jetons sont moins serrés, la rangée ici est moins longue mais les jetons sont plus serrés, ça revient au même »).

Plus la notion est stable, plus il doit être capable de présenter plusieurs arguments à la fois.

II. Présentation du protocole expérimental

1. Objectifs

Le premier objectif de notre protocole expérimental était de confronter notre outil de prise en charge à la réalité clinique, à la pratique orthophonique.

Notre jeu « Conservons en musique » a donc été créé à partir d'une base exclusivement théorique. Au cours de nos stages de formation, nous n'avons en effet jamais observé de prise en charge concernant la mise en place de la conservation des quantités discontinues.

L'élaboration de ce matériel s'est donc effectuée sur la base de nos connaissances acquises au cours de nos quatre années de formation, de nos entretiens avec les orthophonistes ayant suivi des formations spécifiques dans le domaine logico-mathématique, de nos recherches personnelles mais aussi de l'idée que l'on se faisait de cette prise en charge, en imaginant les réactions potentielles des enfants.

Le second objectif était d'évaluer l'impact de notre support de prise en charge sur les capacités de conservation numérique.

2. Méthode

Pour atteindre les objectifs fixés, nous avons choisi d'expérimenter notre outil dans le cadre clinique. En effet, « Conservons en musique » a pour ambition de servir de support de prise en charge et donc d'être utilisé auprès d'enfants suivis pour des troubles logico-mathématiques. Aussi s'agissait-il de confronter l'outil à la pathologie et à la réalité de la prise en charge.

Nous avons choisi la méthode des études de cas multiples longitudinales car notre démarche s'inscrivait dans un cadre plus qualitatif que quantitatif. Cette démarche a suivi le déroulement classique : test / remédiation / post-test.

3. Population

3.1. Critères de sélection

C'est à 7 ans que la notion de conservation du nombre doit être acquise. Aussi, la population cible de notre étude concerne-t-elle les enfants âgés de 8 ans et plus.

Nous avons choisi ces enfants parmi des sujets déjà pris en charge en orthophonie pour un trouble du raisonnement logico-mathématique et présentant un retard d'acquisition significatif en conservation numérique. Nous avons retenu un retard d'au minimum 18 mois, retard généralement établi pour le diagnostic des troubles structurels.

Par ailleurs, nous ne souhaitons pas retenir les enfants présentant des troubles associés, tels que les troubles du langage oral, les troubles du langage écrit, une déficience mentale, etc... Il s'agissait d'éviter, autant que faire se peut, l'influence que ces troubles auraient pu avoir sur nos remédiations.

3.2. Prospection

Afin de recruter les patients correspondant aux critères précités, nous avons fait appel à une orthophoniste exerçant en secteur libéral et formée dans le domaine logico-mathématique. Elle était, de ce fait, susceptible de recevoir tout particulièrement les patients que nous recherchions.

Nous avons ainsi pu recruter trois enfants non-conservants (par souci déontologique, nous avons modifié leurs prénoms) : Vanessa, Barnabé et Irène (Cf. la lettre aux parents, annexe B.).

Nous avons dû réviser nos critères de sélection puisque tous présentent un trouble de langage écrit associé. Il ne s'agissait pas d'un réel biais puisque le jeu fait intervenir uniquement la composante orale. De plus, en ayant pour objectif de confronter notre outil à la clinique, l'expérimenter auprès d'enfants aux profils cliniques différents nous semblait d'autant plus intéressant.

3.3. Présentation des trois enfants

3.3.1. Vanessa

Vanessa est née le 20/12/2004 et est en classe de CE2. Elle est suivie en orthophonie depuis janvier 2011. La plainte initiale portait sur des difficultés scolaires et des inversions de lettres.

Le bilan orthophonique a effectivement mis en évidence un retard d'acquisition du langage écrit associé à des troubles du raisonnement logico-mathématique. Deux séances par semaine lui sont alors proposées : l'une pour travailler le langage écrit, l'autre pour le raisonnement logique. L'évolution a été très positive, elle a permis à Vanessa de mettre en place des structures logiques (classification, combinatoire et sériation) et de faire de gros progrès en lecture.

Le bilan effectué en novembre 2012 montrait un profil plus déficitaire au niveau des compétences mathématiques qu'au niveau des compétences logiques (Cf. annexe D.I.) :

- Vanessa avait acquis toutes les structures logiques à l'exception de la conservation des longueurs et de la conservation du nombre, où elle ne pouvait encore reconnaître l'identité de collections mises en correspondance terme à terme (elle présentait un décalage de 18 mois pour ses compétences en conservation du nombre). La reconnaissance de l'identité quantitative entre les deux collections en correspondance terme à terme était en cours d'acquisition ;
- Les compétences mathématiques de transcodage et les techniques opératoires étaient efficaces, mais elle était en difficulté avec la numération, le sens des opérations et la résolution de problèmes.

Vanessa nous est décrite comme étant une petite fille très timide de prime abord, puis très bavarde, rigolote, et ayant beaucoup d'humour. Et, si elle a du mal à gérer la difficulté et ses échecs, elle est aussi très volontaire.

Durant notre remédiation, l'orthophoniste a décidé, de son côté de recentrer la prise en charge orthophonique sur le langage écrit, sur l'orthographe grammaticale notamment.

3.3.2. Barnabé

Barnabé est né le 05/04/2001, il a eu une naissance et une enfance très difficiles. En effet, quelques jours avant sa naissance, son père a eu un grave accident de voiture. Il est paraplégique depuis ce jour. Barnabé en a beaucoup souffert dans sa petite enfance et a eu du mal à grandir avec. Ce traumatisme a encore aujourd'hui une incidence dans sa vie.

Actuellement, Barnabé est en classe de CM2 (il y a eu un maintien en grande section de maternelle en raison d'un retard global).

Il a été suivi en orthophonie de juin 2005 jusqu'à juillet 2009 pour un retard de langage oral. Face à ses difficultés scolaires globales, la mère de Barnabé a souhaité refaire le point. Le bilan orthophonique d'octobre 2012 a révélé une dysorthographe lexicale ainsi qu'un trouble du raisonnement logico-mathématique. Le profil logico-mathématique obtenu était hétérogène (Cf. profil logique en annexe D.2.) :

- Barnabé montrait des difficultés en combinatoire, un défaut d'acquisition de l'inclusion, des difficultés de conservation du nombre avec un décalage de 53 mois (pas de justification correcte), des difficultés de conservation des longueurs et des difficultés dans l'utilisation du nombre ;
- Barnabé était en difficulté dans toutes les compétences mathématiques, mettant en évidence un niveau très déficitaire pour certaines d'entre elles (numération et opérations notamment).

Une prise en charge a donc été entreprise et a été fixée à une séance hebdomadaire. Elle a permis la mise en place de la classification et actuellement, l'orthophoniste travaille avec lui autour de l'orthographe lexicale.

Barnabé est décrit comme étant un jeune garçon ayant besoin de beaucoup d'étayage, présentant de grandes difficultés d'attention, avec une tendance à baisser les bras devant la difficulté. Cependant, c'est un jeune garçon qui s'accroche et qui finit par avancer en gardant le sourire.

3.3.3. Irène

Irène est née le 15/04/2003 et est scolarisée en classe de CM1. Le parcours d'Irène est un peu chaotique du fait de l'indisponibilité de sa mère, arrêtant les prises en charge à plusieurs reprises. Initialement prise en charge pour un retard de langage oral à partir d'avril 2008 jusqu'à juin 2010, elle est de nouveau suivie de septembre à décembre 2011 pour des difficultés au niveau du langage écrit (inversions, confusions de lettres...) et du raisonnement logique. Elle revient à la rentrée de CM1, en septembre 2012, du fait de la persistance de ses difficultés d'apprentissages.

Le bilan orthophonique proposé à cette époque a effectivement mis en évidence un retard d'acquisition du langage écrit (dyslexie-dysorthographe) associé à des troubles du raisonnement logico-mathématique (Cf. profil logique en annexe D.3.). On remarquait toujours des résultats en-dessous de la norme pour les épreuves logiques (de combinatoire, de conservations et d'inclusion notamment) comme pour les épreuves mathématiques. Elle présentait un décalage de 20 mois concernant ses compétences de conservation du nombre au regard de la norme attendue pour son âge.

En 2011, l'orthophoniste avait proposé deux séances hebdomadaires pour alterner le travail sur le langage écrit et le raisonnement logique. Depuis septembre 2012, l'orthophoniste propose d'axer la prise en charge sur le langage écrit.

Irène est décrite comme étant réservée en séance, mais pas dans la vie. S'il lui arrive de donner souvent des réponses impulsives, elle reste appliquée et est désireuse de bien faire. Elle veut réussir mais est en grande difficulté au niveau scolaire.

4. Déroulement

4.1. Durée et fréquence

Concernant la durée d'expérimentation, nous avons estimé que 10 séances de prise en charge individuelle de 30 minutes par enfant soit le minimum envisageable pour que notre remédiation ait des répercussions significatives. Finalement, seules 7 à 8 séances auront suffi.

Notre calendrier expérimental a donc été le suivant : les pré-tests ont été effectués en février 2013, les séances de remédiation se sont réparties de février 2013 à mai 2013 du fait des vacances et des absences, et les post-tests ont été effectués en mai 2013.

4.2. Encadrement

Nous avons rencontré les enfants seuls, nous étions donc deux : l'enfant et nous-mêmes. L'orthophoniste n'a pas assisté à nos séances. Il s'agissait de pouvoir bénéficier du cadre privilégié d'une relation duelle, centrée sur le patient afin d'inviter l'enfant à une relation de confiance, sécurisante pour les faire adhérer pleinement à la remédiation.

En parallèle à notre expérimentation, les enfants ont poursuivi leurs séances avec l'orthophoniste. Cependant, un accord préalable avec elle a été établi notifiant son engagement à ne pas travailler la conservation numérique avec ces trois enfants au cours de cette période.

4.3. Lieu

Toutes nos séances de prise en charge ont eu lieu au cabinet de l'orthophoniste qui suit habituellement les trois enfants.

Le cadre a donc été idéal pour proposer la remédiation aux enfants.

5. Evaluation

Présentons maintenant les différentes épreuves utilisées pour l'évaluation des trois patients.

5.1. Pré-test

5.1.1. Epreuve de langage oral

Etant donné que la prise en charge repose sur une modalité orale et plus spécifiquement sur le versant réceptif, nous avons préalablement vérifié que les sujets ne présentaient pas de déficit important en compréhension orale.

Nous leur avons donc proposé l'E.CO.S.SE (Epreuve de Compréhension Syntaxique et Sémantique, modalité orale. Lecocq, 1996) :

- **Objectif** : S'assurer que les enfants présentent des capacités réceptives dans la norme pour leur âge ;
- **Matériel** : 51 dessins + 92 planches de quatre images (23 blocs de 4 items, correspondant à des énoncés de complexité syntaxique croissante) ;
- **Passation** : Dans un premier temps, nous avons vérifié que le lexique spécifique au test était connu des enfants. Pour cela, nous avons proposé une tâche de dénomination de 51 dessins, conformément au protocole du test. Dans un second temps, nous avons proposé une tâche de désignation. Il s'agissait de présenter une planche où figuraient 4 dessins. L'un des dessins illustre la situation évoquée par l'énoncé, et les autres représentaient des pièges lexicaux ou grammaticaux. L'enfant devait alors pointer le dessin correspondant à la phrase qui lui avait été énoncée oralement. Remarque : nous avons commencé l'épreuve directement au bloc J conformément au protocole de test. En effet, les enfants avaient plus de 7 ans et n'avaient pas commis d'erreurs de dénomination lors de la première partie du test ;
- **Analyse des résultats** : En totalisant le nombre d'erreurs et en nous référant à l'étalonnage du test, nous avons pu situer les capacités de compréhension orale de chaque enfant en fonction de la norme attendue pour leur âge (nombre moyen d'erreurs par tranche d'âge et écart-type).

5.1.2. Epreuves de conservation des quantités discontinues

La structure logique de conservation du nombre a été évaluée par les épreuves étalonnées d'E. Métral, issues de la batterie B-LM CYCLE II (Métral, 2008).

Objectifs : Vérifier si la correspondance terme à terme est opérationnelle pour mettre en évidence ensuite l'acquisition ou le défaut de conservation du nombre à travers une tâche de manipulation, soutenue par un raisonnement verbal.

La correspondance terme à terme

- **Matériel :** 10 cartes « *lapins* » installées devant l'enfant et 16 cartes « *carottes* » disposées en tas à portée de sa main ;
- **Passation :** Nous donnions la consigne « *Voici des lapins et voici une réserve de carottes. A toi de donner une carotte à chaque lapin* ». Puis, une fois la correspondance terme à terme établie, nous poursuivions « *Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ?* », « *Comment le sais-tu ?* » pour vérifier si l'utilisation est opérationnelle. Si la correspondance était incorrecte au départ, nous devions la rétablir avant de poursuivre l'épreuve. Si la réponse à la question était incorrecte, nous devions arrêter l'épreuve ;
- **Analyse des résultats :** Dans un premier temps, nous entourions sur le livret de passation les productions de l'enfant au sujet de la distribution des carottes (aléatoire ou ordonnée) et de la correspondance terme à terme (correcte ou incorrecte). Ensuite, nous inscrivions la réponse orale de l'enfant et sa justification. Enfin, nous cochions la stratégie utilisée par l'enfant (compte pour répondre, répond de manière erronée sans compter, répond correctement sans compter).

La conservation des quantités discontinues (Cf. figure 8)

- **Matériel :** 10 cartes « *lapins* » installées devant l'enfant et 10 cartes « *carottes* » disposées en tas sur le premier lapin ;
- **Passation :** Nous donnions la consigne « *Les lapins mangeront leurs carottes plus tard. Ils les mettent dans un coin du jardin. Et maintenant, peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ?* », « *Comment le sais-tu ?* ».
 - Si la réponse était incorrecte, nous poursuivions « *Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ?* » ;
 - Si la réponse était correcte, nous posions la question « *Certains enfants pensent que comme ça, il y a moins de carottes. Qu'en penses-tu ?* » ;
- **Analyse des résultats :** Sur le livret de passation, nous inscrivions les réponses aux questions données oralement ainsi que les justifications. Nous cochions aussi les productions de l'enfant, d'une part sur la conservation (non-conservation avec une réponse perceptive, non-conservation avec une réponse utilisant le dénombrement d'une ou des deux collections, conservation sans justification

correcte, conservation avec justification correcte), et d'autre part, sur les conduites (ajout/retrait, rétroaction, autre). Puis, nous nous sommes référées à l'étalonnage.

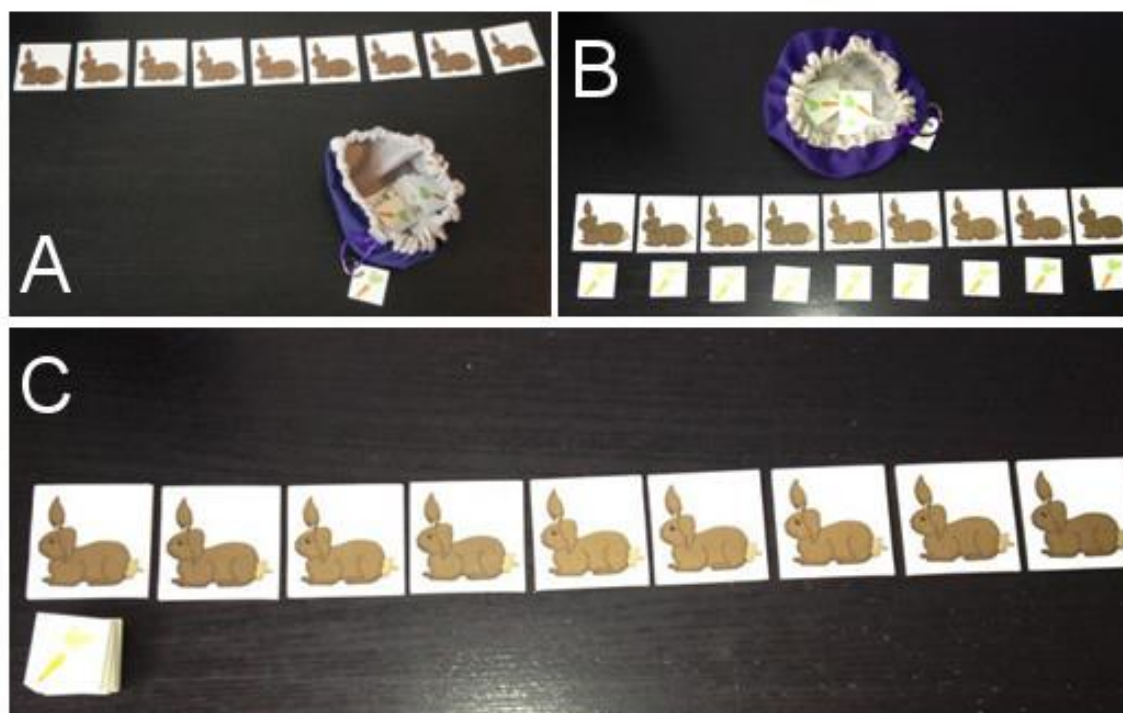


Figure 8: Epreuve de conservation des quantités discontinues - BLM cycle II (a. disposition initiale des éléments, b. mise en correspondance terme à terme "lapins" et "carottes", c. déplacement des "carottes")

5.1.3. Epreuve de conservation des longueurs

Il nous a semblé intéressant d'évaluer aussi la conservation des longueurs, comme le propose la batterie B-LM CYCLE II (il s'agit de l'épreuve 2 dans l'épreuve générale de conservation des quantités discontinues, cf. figure 9).

- **Objectif** : Vérifier l'acquisition ou le défaut de conservation des longueurs à travers une tâche d'observation, soutenue par un raisonnement verbal ;
- **Matériel** : 2 baguettes rouges de longueur identique ;
- **Passation** : Nous présentions les baguettes selon différentes configurations en questionnant par la suite l'enfant sur l'égalité ou non des longueurs de baguettes.
 - L'enfant fermait les yeux et les deux baguettes étaient installées devant lui, toutes les deux collées : « *Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? Comment le sais-tu ?* » ;

-
- Les deux baguettes étaient ensuite séparées de 5 cm tout en laissant leurs extrémités bien alignées : « *Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? Comment le sais-tu ?* » ;

Si l'enfant donnait des réponses incorrectes, nous posions la question : « *Que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ?* » et nous arrêtons l'épreuve.

Si l'enfant donnait des réponses correctes, nous continuions.

- Une des deux baguettes est alors décalée de 5 cm : « *Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? Comment le sais-tu ?* ».

Nous ne poursuivions que si la réponse à la question précédente était correcte.

- Nous proposons une contre-suggestion : « *Certains enfants pensent comme ça, cette baguette est plus grande que l'autre. Qu'en penses-tu ?* » ;
- Les deux baguettes sont disposées en T : « *Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? Comment le sais-tu ?* »

Pour les enfants ayant répondu correctement, nous énoncions la contre-suggestion : « *Certains enfants pensent comme ça, cette baguette (barre verticale du T) est plus grande que l'autre. Qu'en penses-tu ?* ».

- **Analyse des résultats :** Sur le livret de passation, nous inscrivions les réponses aux questions données oralement (oui, non, rétroaction, autre) ainsi que les justifications de l'enfant. Nous cochions aussi les productions de l'enfant : sur les jugements de conservation selon les stratégies utilisées (non-conservation avec vérification manuelle, non-conservation avec vérification visuelle, conservation sans justification correcte, conservation avec justification correcte), sur les conduites suite aux contre-suggestions (renonce à la conservation, hésite sur la conservation, maintient la conservation). Nous nous sommes ensuite référées à l'étalonnage.

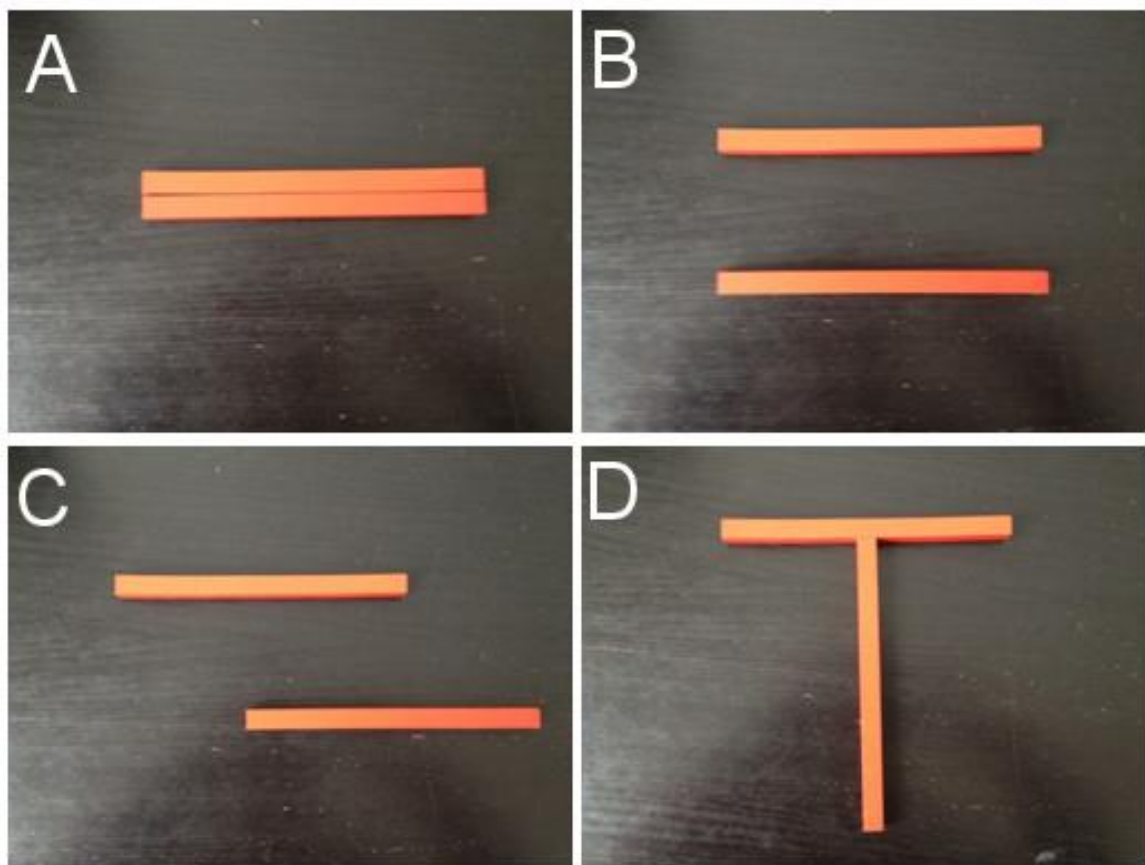


Figure 9: Epreuve de conservation des longueurs - BLM cycle II, a. baguettes collées, b. baguettes écartées, c. baguettes décalées, d. baguettes en T

5.2. Post-test

A la fin de nos prises en charge, les mêmes épreuves de conservations que lors du pré-test ont été proposées aux enfants, afin d'en comparer les résultats.

Il n'a pas été nécessaire de reproposez l'épreuve de compréhension verbale (E.CO.S.SE) aux enfants, car elle n'avait que pour seul but de vérifier l'absence de tout déficit pathologique dans ce domaine.

III. Elaboration de la fiche d'observation à destination des orthophonistes

Nous avons souhaité recueillir l'avis de professionnels expérimentés dans la prise en charge des troubles logico-mathématiques.

Pour faciliter la tâche aux orthophonistes sollicitées, nous avons construit cette fiche sous forme de grille découpée en rubriques de discussion. Il s'agissait ainsi de guider les orthophonistes sur les différents aspects du matériel, ainsi que ses intérêts et ses limites.

Les termes utilisés pour décrire chaque rubrique ont été choisis avec soin afin de ne pas orienter l'avis des orthophonistes.

Les différentes rubriques proposées sont :

- Intérêt du matériel ;
- Prise en main et jouabilité ;
- Attrait, aspect esthétique ;
- Thème du jeu ;
- Livret de jeu : présentation, clarté des remarques, des consignes, des objectifs et des compétences visées ;
- Progression théorique proposée, ordre des étapes du jeu, niveau de difficulté ;
- Points forts ;
- Limites ;
- Remarques et appréciations globales du matériel ;
- Remarques sur une étape du jeu en particulier ;
- Adaptabilité à la réalité clinique ;
- Suggestions d'amélioration.

Nous avons donc construit six jeux que nous avons commencé à distribuer aux orthophonistes à partir de février. Nous leur avons remis la boîte de jeu, accompagnée de cette fiche d'observation et d'une lettre explicative avec nos coordonnées pour d'éventuelles questions (Cf. annexes C. et E.)

Chapitre IV
PRESENTATION DES RESULTATS

I. Etude de cas : Vanessa

Nous avons rencontré Vanessa le mardi 12 février 2013. Elle a 8 ans 2 mois et se présente comme une enfant très timide au départ, nous lui avons donc bien expliqué pourquoi nous nous rencontrions. Nous avons précisé qu'elle aussi allait nous aider en étant l'une des premières à essayer un nouveau jeu. Après l'avoir mise un peu plus à l'aise, nous lui avons proposé les épreuves du pré-test.

1. Résultats du pré-test

1.1. Epreuve de compréhension orale (E.CO.S.SE)

Vanessa a effectué un nombre total de 9 erreurs (Cf. annexe F.1.), score la situant dans la moyenne. Ce score ne se situant pas dans la zone d'un déficit modéré ou pathologique, nous avons donc pu proposer notre remédiation à Vanessa.

1.2. Epreuve de conservation des quantités discontinues

1.2.1. Correspondance terme à terme

Légende :

	Acquis
	En cours d'acquisition
	Non acquis

	Tâches et consignes	Stratégies / productions / réponses de l'enfant
Manipulations	Distribution des carottes	Ordonnée
	Correspondance terme à terme	Respectée
Raisonnement verbal	« Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Plus de carottes. »
	« Comment le sais-tu ? »	« Parce qu'il y en restait. Non, il y en a pas plus. » Répond de manière erronée sans compter, puis correctement sans compter

Tableau 3: Résultats de Vanessa à l'épreuve de correspondance terme à terme du pré-test

1.2.2. Conservation des quantités discontinues

Consignes / tâches	Réponses de l'enfant	Productions / stratégies
<u>Après transformation spatiale</u> : « <i>Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ?</i> »	« <i>Plus de lapins.</i> »	Non-conservation (réponse perceptive)
« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'ils sont là, les carottes, elles sont là.</i> »	
<u>Si échec</u> : « <i>Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ?</i> »	« <i>Les remettre.</i> »	Rétroaction
<u>Si réussite</u> : contre-suggestion		

Tableau 4: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du pré-test

Configurations spatiales	Consignes	Réponses	Productions
Baguettes collées	« <i>Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Non</i> »	Vérification visuelle globale de l'alignement
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'ils ont la même taille, ça se voit.</i> »	
Baguettes écartées de 5 cm, mais extrémités alignées	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Oui</i> »	Non-conservation avec vérification visuelle de l'alignement
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'elle est plus grande.</i> »	
	Si échec : « <i>Que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ?</i> »	« <i>Il faut les rapprocher comme tout à l'heure.</i> »	Rétroaction
Baguettes décalées de 5 cm	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Oui</i> »	Non-conservation
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'elle est plus grande, et voilà.</i> »	
	Si réussite : contre-suggestion		
Baguettes en T (proposé que si réussite à l'épreuve précédente)	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »		
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »		
	Si réussite : contre-suggestion		

Tableau 5: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des longueurs du pré-test

Ces tableaux donnent un aperçu des principaux résultats recueillis lors du pré-test :

- Vanessa ne conserve pas le nombre ;
- Vanessa ne conserve pas les longueurs.

2. Séances de remédiation

Les séances se sont déroulées à raison d'une séance par semaine, entre février et mai 2013.

2.1. Observations qualitatives

Vanessa était, au départ, une petite fille très réservée. Elle se contentait de nous répondre très timidement, et restait parfois complètement silencieuse, n'osant pas nous regarder.

Il a fallu prendre un peu de temps pour instaurer une relation de confiance et proposer le pré-test dans les meilleures conditions. L'enjeu était de ne pas recueillir des résultats biaisés par sa timidité.

Pour ce faire, nous avons usé de beaucoup de douceur, de renforcements mais aussi d'humour et d'autodérision pour qu'elle ose s'exprimer sans crainte.

Les résultats révélés par le pré-test nous ont menées à lui proposer un étayage et un soutien constant, notamment sur le plan linguistique.

Petit à petit, nous avons découvert une Vanessa plus à l'aise, souriante, participante et même coquine et bavarde. Elle était parfois difficile à « cadrer » lors de certaines séances. En effet, elle aimait beaucoup nous raconter des petites anecdotes sur sa vie à l'école, en famille, de façon assez immature et sans aucun lien avec ce que nous étions en train de faire sur le moment. Il semblait que son angoisse de l'échec se manifestait par ce type de conduites. Même si nous prenions soin de l'écouter et de la rassurer, il fallait aussi la rappeler souvent à l'ordre pour qu'elle se concentre.

Par rapport au travail en lui-même, Vanessa osait davantage s'exprimer et il était rare qu'elle ne réponde pas à nos sollicitations. Nous avons pu noter que ses productions verbales étaient assez restreintes et immatures initialement. Nous avons alors choisi de nous attarder sur le versant linguistique, tout particulièrement avec Vanessa, en

complément bien sûr des structures logiques, numériques et arithmétiques. Cette sollicitation nous a permis de recueillir chez Vanessa de nombreuses verbalisations de stratégies, de jugements et de raisonnements de collections, qui sont devenues presque automatiques.

L'une des premières notions à consolider était la correspondance terme à terme, déjà fragile au pré-test. Nous avons retrouvé en début de jeu, la précipitation qui l'avait fait échouer initialement au test de conservation des quantités discontinues. Nous avons veillé à ce que Vanessa se pose davantage dans ses activités en lui proposant des manipulations avec des éléments différents du jeu notamment.

En abordant la notion de quotité, ou dernier nombre compté, nous avons remarqué que Vanessa ne le conservait pas. S'il était aisé de compter les six éléments de deux collections, il semblait moins évident pour Vanessa que ces deux mêmes collections comportaient la même quantité d'élément. C'est cette notion de quantité rattachée au nombre qui posait problème à Vanessa. Nous avons alors organisé ensemble des petits groupes de cartes et nous jugions les quantités en nous appuyant du comptage pour vérifier.

Il semble qu'à partir de la troisième séance, à partir du dénombrement, l'intérêt du jeu pour Vanessa était plus évident. Il s'agissait d'entourer des personnages, de remplir un tableau en dessinant, de compléter des phrases... Cette activité très cadrée la rassurait et lui donnait des repères. Elle lui a permis de mettre en place une stratégie de distribution d'éléments pour remplir un bon de commande, de symboliser les quantités et de raisonner sur des collections (annexe G.1.).

Il a été intéressant de relever les étapes du jeu que Vanessa maîtrisait suffisamment pour les passer rapidement. Ainsi a-t-elle pu verbaliser tout naturellement l'évidence quantitative et la stratégie à utiliser lors de l'activité de permutation des éléments à l'extérieur de l'ensemble ou échange un contre un. De même l'activité des ajouts et des retraits a-t-elle été complexifiée du fait des réussites de Vanessa.

Au niveau des transformations conservantes et non conservantes, face à ses hésitations, il a fallu en début d'activité, simplifier les consignes, induire des stratégies de vérification

(remettre comme avant, comptage) et la notion de réversibilité avec les termes « tout à l'heure », « avant »...

Vanessa n'a ensuite pas été gênée par le masquage des collections. En effet, il semblait qu'elle mentalisait le nombre dès le transport des cartes dans les bacs, elle n'y jetait un œil qu'en début d'activité. La transition entre les types d'activités n'a donc pas été difficile.

Au cours du jeu, Vanessa a mis en place une argumentation de plus en plus variée et précise pour justifier les transformations conservantes et non conservantes des collections. Progressivement, ses justifications se sont étayées (argument d'identité et de réversibilité par inversion, puis de compensation des relations réciproques).

En fin de remédiation, Vanessa avait gagné en assurance, nous ne proposons que des simplifications de consignes comme adaptation. Le versant linguistique, bien que renforcé, semble rester encore fragile à ce niveau. Pour terminer, les dernières activités (prédiction, rétroaction, invariance numérique, conflit cognitif, introduction du zéro) ont été réalisées de manière autonome, sans adaptations particulières.

2.2. Synthèse des séances avec Vanessa

Pour analyser finement le déroulement des séances, nous les avons toutes enregistrées. Le tableau ci-dessous permet une vue d'ensemble de notre remédiation (Cf. tableau 6). Chaque séance est résumée en quelques commentaires-clés, répartis selon quatre rubriques : l'activité proposée, les conduites observées, les productions linguistiques qui en découlent ainsi que les adaptations nécessaires ou non.

	ACTIVITE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
SEANCE 1	Correspondance terme à terme	Utilise le dénombrement par comptage	« <i>C'est pareil en haut et en bas.</i> »	Répétition de la consigne
	Transport d'une quantité, du nombre exact	Précipitation, se trompe en prenant une carte en trop	« <i>J'en ai mis plus.</i> »	Etayage, prise de conscience de l'erreur « <i>Il y a la même chose ?</i> »
	Description d'une collection statique		« <i>C'est tout pareil pour les roses et les bleus et ils ont les mêmes affaires.</i> »	Demandes de précisions dans la formulation des descriptions comparatives

	ACTIVITE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
	Permutation d'éléments à l'intérieur d'un ensemble	Réussite		
SEANCE 2	Quotité	Echec : même après avoir reconnu le même nombre entre les deux collections, la quantité d'éléments lui semble différente « <i>Il y en a 6 là et là mais là y en a plus.</i> »	La notion « même nombre » est moins bien comprise que « pareil »	Reformulation (pareil / autant) et changement de support en utilisant d'autres cartes et en faisant des groupes.
SEANCES 3 & 4	Dénombrement	Pointage digital Pose des opérations Formule des phrases et des réponses adaptées Comptage à voix haute Utilise des stratégies : - repère visuellement sur le plateau les musiciens choisis et complète avec ceux de la « photo de l'orchestre » - manipule les cartes pour compléter les ensembles Des erreurs dans le comptage	Verbalise sa stratégie : « <i>On compte.</i> » Quantifieurs « <i>plus de</i> », « <i>moins de</i> », « <i>il y a égal</i> »	Aide dans la stratégie de symbolisation (faire des ronds ou des carrés...) puis relative autonomie Reprise du comptage de certaines collections en lui disant de prendre son temps Utilisation d'un modèle pour comprendre une consigne Reformulation « <i>Que faut-il à un musicien pour bien travailler ?</i> »
	Permutation des éléments à l'extérieur de l'ensemble, échange un contre un	Bon déplacement	Verbalise l'évidence quantitative : « <i>Mais pourquoi ? C'est les mêmes.</i> » Verbalise sa stratégie : « <i>Je les achète et je les change.</i> »	
SEANCE 5	Ajouts/Retraits		Valide la transformation additive et soustractive : « <i>Je vois ce que tu as fait, c'est toi qui rajoutes.</i> », « <i>Là tu as enlevé.</i> » Affirme la notion d'évidence : « <i>C'est facile, tu les enlèves et je les vois, il y a moins maintenant.</i> », « <i>Tu m'as fait croire que tu en avais enlevé, mais c'est faux.</i> » Utilise les termes spécifiques des transformations additives et soustractives « plus », « moins »	Complexifications de la tâche par contre-suggestions et réaffirmations « <i>tu es sûre ?</i> » Feed-back pour valider les réponses correctes

	ACTIVITE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
SEANCE 6	Transformations conservantes visibles	Bons déplacements Hésitations dans le raisonnement au départ	Verbalise l'égalité quantitative : « <i>Parce que je les ai pris dans le même groupe.</i> » Argument d'identité : « <i>Parce que c'est les mêmes qu'on a donnés à tout le monde.</i> », « <i>Parce que tout le monde a les mêmes choses.</i> » Argument de réversibilité par inversion : « <i>12 et 12, ah c'est pareil, comme tout à l'heure.</i> », « <i>C'est comme tout à l'heure, je les ai tous mis, ça change pas.</i> »	Simplification des consignes en remplaçant les noms de lieux par « ici » et « là-bas » Incitations au comptage pour induire l'équivalence numérique Inductions de la réversibilité avec le terme « tout à l'heure » et en remplaçant les cartes après une transformation
	Transformations conservantes masquées	Erreurs dans la quantité d'éléments transportés	Argument de compensation des relations réciproques : « <i>Pareil, je les vois pas mais c'est comme les pupitres ici, la même chose.</i> »	Mise en évidence des erreurs en répétant la consigne et en demandant de vérifier les collections
	Transformations non conservantes visibles	Bons déplacements	Reconnaissance de l'inégalité quantitative : « <i>J'en ai mis là, donc y en a plus ici.</i> »	Demandes d'explications de son raisonnement
	Transformations non conservantes masquées	Bons déplacements Technique opératoire « $12 - 4 = 8$ » au départ	Reconnaissance de l'inégalité quantitative : « <i>Pas pareil de ce qui est parti et de ce qui est resté.</i> »	Demandes d'explications de son raisonnement
SEANCE 7	Rappel des tâches précédentes	Réussite sans hésitations		
	Rétroaction sans manipulation	Utilise un repérage visuel des lieux du jeu	Donne des phrases complètes, adaptées en temps « <i>Il y avait plus de crayons que de partitions ici que dans les vestiaires.</i> »	Simplification des consignes
	Prédiction sans manipulation	Utilise un repérage visuel des lieux du jeu	Donne des phrases complètes et adaptées en temps « <i>Il y aura moins de partitions dans le jardin que de musiciens dans la salle.</i> »	Décomposition des phrases pour procéder par déductions successives
	Invariance numérique	Attention visuelle de bonne qualité, reste concentrée, utilise le comptage visuel	Verbalise sa stratégie : « <i>Il faut les compter.</i> », « <i>C'est toujours le même nombre, on change juste leur place.</i> »	

	ACTIVITE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
			Termes utilisés pour sélectionner les bonnes cartes : « enlever », « garder »	
SEANCE 8	Conflit cognitif	Adhère à la situation, se prend au jeu et argumente en utilisant le nombre	Assurance de ses réponses « <i>Je ne suis pas d'accord avec toi.</i> »	
	Introduction du zéro	Réussite	Termes de quantification : « tout », « rien »	

Tableau 6: Synthèse des séances avec Vanessa

3. Résultats du post-test

Vanessa avait lors du pré-test 8 ans 2 mois et 8 ans 5 mois lors du post-test. Les deux dates de bilan sont séparées de trois mois.

3.1. Epreuve de conservation des quantités discontinues

3.1.1. Correspondance terme à terme

Légende :

	Acquis
	En cours d'acquisition
	Non acquis
	Acquis après la remédiation

	Tâches et consignes	Stratégies / productions / réponses de l'enfant
Manipulations	Distribution des carottes	Ordonnée
	Correspondance terme à terme	Respectée
Raisonnement verbal	« <i>Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ?</i> »	« <i>Pareil.</i> »
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'il y a la même chose en bas et en haut.</i> » Répond correctement sans compter

Tableau 7: Résultats de Vanessa à l'épreuve de correspondance terme à terme du post-test

3.1.2. Conservation des quantités discontinues

Consignes / tâches	Réponses de l'enfant	Productions / stratégies
<u>Après transformation spatiale</u> : « Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Pareil. »	Conservation avec justification correcte
« Comment le sais-tu ? »	« Parce qu'on les a juste mis sur le côté. »	
<u>Si échec</u> : « Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ? »		
<u>Si réussite</u> : contre-suggestion	« Non, il y a pareil de lapins et de carottes. »	Maintient la conservation

Tableau 8: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du post-test

3.2. Epreuve de conservation des longueurs

Configurations spatiales	Consignes	Réponses	Productions
Baguettes collées	« Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Vérification visuelle de l'alignement à chaque extrémité
	« Comment le sais-tu ? »	« C'est les mêmes et elles sont placées du même côté. »	
Baguettes écartées de 5 cm, mais extrémités alignées	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« C'est toujours pareil. »	
	Si échec : « Que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ? »		
Baguettes décalées de 5 cm	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« C'est pareil. »	
	Si réussite : contre-suggestion	« C'est pas vrai, encore la même taille. »	Maintient la conservation

Baguettes en T (proposé que si réussite à l'épreuve précédente)	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Non</i> »	Conservation avec justification correcte
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>C'est pareil</i> »	
	Si réussite : contre-suggestion	« <i>Non, ça change pas.</i> »	Maintient la conservation

Tableau 9: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des longueurs du post-test

- La correspondance terme à terme est opératoire ;
- Vanessa conserve le nombre ;
- Vanessa conserve les longueurs.

II. Etude de cas : Barnabé

Nous avons rencontré Barnabé le mardi 12 février 2013. Il s'agit de l'enfant le plus âgé des trois retenus pour cette étude. Comme son orthophoniste nous l'avait décrit, c'est un garçon très à l'aise et pour qui il est difficile de garder un cadre de travail. Barnabé était en effet très bavard, touchant à tout avec une tendance à vouloir tout diriger. Après lui avoir expliqué que nous travaillerons ensemble et que nous comptons sur lui pour essayer un nouveau jeu, il a paru plus impliqué.

Nous lui avons donc proposé les épreuves suivantes.

1. Résultats du pré-test

1.1. Epreuve de compréhension orale (E.CO.S.SE)

Barnabé a effectué un nombre total de 3 erreurs (Cf. annexe F.2.), ce qui correspond au percentile 75. Nous notons qualitativement des réponses erronées puis corrigées, conduites principalement dues à l'impulsivité dont Barnabé fait preuve. Sa compréhension orale est donc excellente puisque ce score se situe dans la moyenne supérieure. Nous avons donc pu proposer notre remédiation à Barnabé

1.2. Epreuve de conservation des quantités discontinues

1.2.1. Correspondance terme à terme

	Tâches et consignes	Stratégies / productions / réponses de l'enfant
Manipulations	Distribution des carottes	Ordonnée
	Correspondance terme à terme	Respectée
Raisonnement verbal	« Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes. »	« Niveau égal de lapins et de carottes. »
	« Comment le sais-tu ? »	« Y a le même nombre de carottes aux lapins. »

Tableau 10: Résultats de Barnabé à l'épreuve de correspondance terme à terme du pré-test

1.2.2. Conservation des quantités discontinues

Consignes / tâches	Réponses de l'enfant	Productions / stratégies
Après transformation spatiale : « Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Plus de lapins. »	Non-conservation (réponse perceptive)
« Comment le sais-tu ? »	« Ils ont caché leurs carottes. »	
<u>Si échec</u> : « Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ? »	(ne répond pas)	
<u>Si réussite</u> : contre-suggestion		

Tableau 11: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du pré-test

1.3. Epreuve de conservation des longueurs

Configurations spatiales	Consignes	Réponses	Productions
Baguettes collées	« Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Vérification visuelle globale de l'alignement
	« Comment le sais-tu ? »	« Ils ont la même longueur. »	

Baguettes écartées de 5 cm, mais extrémités alignées	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« Non »	Conservation sans justification correcte (se penche pour voir)
	« <i>comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Egales, ils sont toujours bien cadrés.</i> »	
	Si échec : « <i>que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ?</i> »	Ne répond pas	
Baguettes décalées de 5 cm	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« Oui »	Non-conservation
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'ils sont plus éloignés.</i> »	
	Si réussite : contre-suggestion		
Baguettes en T (proposé que si réussite à l'épreuve précédente)	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »		
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »		
	Si réussite : contre-suggestion		

Tableau 12: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des longueurs du pré-test

Ces tableaux donnent un aperçu des principaux résultats recueillis lors du pré-test :

- ➔ La correspondance terme à terme est opératoire ;
- ➔ Barnabé ne conserve pas le nombre ;
- ➔ Barnabé ne conserve pas les longueurs.

2. Séances de remédiation

Les séances se sont déroulées de février à mai 2013, une fois par semaine.

2.1. Observations qualitatives

Dès notre première rencontre, Barnabé s'est montré très à l'aise, détendu et même bavard. Face à sa grande dispersion, l'enjeu principal était d'instaurer un « cadre » de travail.

La situation de test, très structurée, a permis à Barnabé de se poser et de suivre calmement les épreuves de pré-tests que nous lui proposons.

Très vite l'impulsivité de Barnabé nous a interrogées. Sa constante désinvolture semblait masquer une réelle fragilité affective, certainement liée à son histoire personnelle particulière. Plusieurs fois, Barnabé s'est confié alors que la situation ne s'y prêtait pas. En effet, s'il partageait souvent ses goûts et ses envies lors de nos rencontres, il y déposait aussi plus rarement ses peines et ses soucis, sans que nous puissions nous y attendre. Il s'agissait alors bien sûr de les entendre sans pour autant nous laisser déborder par ses affects. Il se dépréciait aussi de temps en temps et se décourageait. Nous avons pris du temps alors pour le rassurer et poser le cadre lors des séances avec lui. Ceci explique peut-être que nous avons été amenées à le rencontrer plus longtemps que les deux autres enfants.

La première réaction de Barnabé devant le jeu a été paradoxale. Il disait en effet ne pas aimer le thème, mais se mettait à chanter l'air de Casse-Noisette avec plaisir (sa chanson préférée sur sa console), nous parlait volontiers de son harmonica et de sa participation à un concert en tant que choriste. Il s'amusait à dénommer tous les instruments, et nous avons pu remarquer son lexique musical étendu.

Barnabé saturait très vite et se perdait dans ses pensées, ne serait-ce qu'en cours de séance, lorsqu'il s'agissait de mobiliser tout particulièrement ses ressources cognitives et attentionnelles. Souvent, les activités étaient trop coûteuses pour Barnabé. Il demandait alors régulièrement si la séance se terminait ou s'il pouvait partir plus tôt du fait de l'engagement attentionnel requis dans nos séances. Il ne semblait pas désintéressé par le jeu en lui-même puisqu'il prenait un malin plaisir à récolter ses pièces de puzzle ou nommer les personnages et qu'il se montrait curieux de la suite de l'histoire.

Par rapport au travail en lui-même, Barnabé répondait à toutes nos sollicitations, même s'il voulait souvent instaurer un chantage pour cela. Ses productions verbales étaient assez riches. Il nous semblait intéressant de faire le lien entre ses compétences linguistiques et ses compétences logiques, numériques et arithmétiques.

Nous avons retrouvé en début de jeu, la précipitation qui l'avait fait échouer initialement au test de compréhension de consignes verbales. Il demandait en effet souvent de répéter. Nous avons alors adapté les consignes dans le jeu, pour les raccourcir car leur longueur initiale semblait mettre Barnabé en surcharge cognitive. Nous avons aussi veillé à ce que

Barnabé se pose davantage dans ses activités en le valorisant en tant que héros de l'histoire.

Comme pour Vanessa, l'activité sur la notion de quantité a mis en évidence quelques erreurs. Barnabé ne la conservait effectivement pas. Même après avoir reconnu l'égalité numérique, les éléments déplacés devenaient moins nombreux. Nous avons alors organisé ensemble des petits groupes de cartes et nous jugions les quantités en vérifiant par le comptage pour l'aider.

L'activité de dénombrement sur support écrit n'avait pas déstabilisé Barnabé malgré ses difficultés en langage écrit (Cf. annexe G.2). Il présentait de bonnes capacités de symbolisation et s'appliquait même pour dessiner. Les quelques erreurs de comptage étaient surtout dues à son impulsivité dans la tâche.

L'activité des ajouts et des retraits a été d'abord laborieuse pour Barnabé qui a tout de suite exprimé ses difficultés : *« j'ai du mal quand on modifie quelque chose »*. Nous lui avons alors proposé des collections plus petites d'éléments en verbalisant autour des transformations imposées aux collections (*« quelque chose arrive, quelque chose sort »*) et en confortant ses réponses avec un feedback.

Concernant les transformations conservantes et non conservantes, les principales difficultés se sont trouvées au niveau du repérage spatial des lieux du jeu et du processus de comparaison de deux collections. En effet, Barnabé a été gêné par le masquage des collections, quand il s'agissait de mentaliser le nombre. Nous avons proposé à Barnabé de revisiter le jeu au niveau des espaces et de les décrire. Concernant la comparaison, Barnabé ne prenait en compte qu'une collection sur les deux : il ne retenait qu'une information dans la consigne. Nous avons alors reproposé des activités de description de collections statiques, puis nous lui avons fait faire des liens entre celles-ci.

Au fur et à mesure, Barnabé gagnait en rapidité, n'hésitait plus, ne se trompait plus de lieu et faisait des liens entre les collections.

Nous avons choisi de prendre un peu de temps pour travailler ces notions en proposant les mêmes activités avec des consignes différentes lors d'une séance suivante.

Barnabé a cependant encore eu du mal à mentaliser le nombre, il avait souvent besoin d'accompagner son raisonnement de gestes comme lors de déplacements réels et voulait vérifier la quantité d'éléments dans les bacs fermés. Nous lui avons alors proposé un estompage progressif des aides : consignes simplifiées et accompagnées de gestes pour alléger la quantité d'information à traiter, autorisation à manipuler les éléments dans un premier temps puis retour au raisonnement sans manipulation.

La précipitation habituelle de Barnabé avait fait place à une lenteur d'exécution dans l'activité d'équivalence numérique : il utilisait une stratégie de comptage visuelle laborieuse au départ pour apprécier globalement les quantités dans un second temps. Cette tâche a donc nécessité un léger étayage en accompagnant la consigne d'un exemple sans donner la stratégie à utiliser.

Concernant les dernières activités proposées à Barnabé, la notion de zéro logique n'a pas posé de difficulté mais l'activité impliquant un conflit cognitif a révélé la fragilité encore persistante à mentaliser le nombre en début de tâche (en vérifiant l'état des espaces et en recomptant les collections). Barnabé n'était pas sûr de lui, nous avons donc renouvelé l'activité avec d'autres éléments du jeu. Barnabé a pris confiance en ses réponses, a maintenu son raisonnement avec des expressions d'évidence explicites.

Progressivement, Barnabé a utilisé les différents arguments de conservation pour justifier les transformations opérées sur les collections (argument d'identité et de réversibilité par inversion, puis de compensation des relations réciproques).

En fin de remédiation Barnabé avait gagné en assurance. Cependant, nous avons noté la persistance de ses difficultés de repérage et la lenteur de raisonnement, en début de tâches surtout.

2.2. Synthèse des séances avec Barnabé

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
SEANCE 1	Correspondance terme à terme, distribution	Utilise le dénombrement par comptage Précipitation, se trompe en ne prenant pas assez de cartes Comptage de 2 en 2	« <i>J'en ai pas mis assez, il m'en manque un.</i> », « <i>Y a 6 chaises, donc je dois prendre pareil, 6 musiciens.</i> »	Répétition de la consigne car attention labile et prise de conscience de l'erreur « <i>Ne prend pas n'importe quoi, prends exactement ce qu'il faut.</i> »
	Transport d'une quantité, du nombre exact	Se souvient des 12 musiciens, ne recompte pas	« <i>J'en donne à chacun.</i> »	
SEANCE 2	Description d'une collection statique		« <i>On a pareil de musiciens bleus et roses.</i> »	Demandes de précisions dans la formulation des descriptions des descriptions comparatives
	Permutation d'éléments à l'intérieur d'un ensemble			
	Quotité	Echec : même après avoir reconnu l'égalité numérique, les éléments déplacés deviennent moins nombreux Stratégie de comptage	Grandes hésitations : « <i>Euh... ils sont... plus nombreux.</i> » « <i>Ah oui, 6 et 6, on les déplace, c'est pareil.</i> »	Nécessité de le raccrocher au jeu Renouvellement de l'activité avec d'autres éléments du jeu en faisant des groupes
SEANCES 3 & 4	Dénombrement	Symbolisation en bâtons et ronds correcte Des erreurs dans le comptage Mise en place d'une stratégie : manipule les cartes et les déplace pour équilibrer les collections	Verbalise sa stratégie : « <i>Donc je regarde et je compte.</i> » Quantifieurs « <i>Ils sont plus.</i> », « <i>Ils sont moins</i> », « <i>Ils sont égaux, pareils</i> » en se référant aux signes mathématiques écrits	Relative autonomie Reprise du comptage de certaines collections en lui disant de prendre son temps Reformulation « <i>C'est toi le chef, fais l'appel, tu dois voir qui est là et qui n'est pas là.</i> »
	Permutation des éléments à l'extérieur de l'ensemble, échange un contre un	Bon déplacement		Demandes d'explication de son raisonnement

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
SEANCE 5	Ajouts/retraits	La comparaison des collections est d'abord laborieuse, puis correcte	<p>Verbalise ses difficultés : « <i>J'ai du mal quand on modifie quelque chose.</i> »</p> <p>Verbalise la réversibilité : « <i>Tu en as ajouté et enlevé, ça revient au même.</i> »</p> <p>Utilise les termes spécifiques des transformations additives et soustractives « plus », « moins »</p>	<p>Utilisation de configurations diverses avec le même nombre d'éléments, mélanges et manipulations pour reconnaître l'égalité numérique</p> <p>A l'inverse, lors d'ajouts et retraits, mise en évidence dans la manipulation de ce qui change « <i>Quelque chose arrive, quelque chose sort.</i> »</p> <p>Feed-back pour valider les réponses correctes</p>
	Transformations conservantes visibles	Bons déplacements Petites hésitations dans le raisonnement au départ mais s'aide visuellement	<p>Verbalise l'égalité quantitative : « <i>C'est égalité, pareil, même nombre.</i> »</p> <p>Argument d'identité : « <i>Les deux ont la même chose, 12 musiciens, 12 crayons.</i> »</p> <p>Argument de réversibilité par inversion : « <i>Parce que j'ai déplacé le même nombre que tout à l'heure.</i> »</p>	<p>Simplification des consignes en remplaçant les noms de lieux par « ici » et « là-bas »</p> <p>Décomposition des consignes pour procéder par déductions successives</p> <p>Induction de la réversibilité avec le terme « tout à l'heure »</p>
SEANCES 6 & 7	Transformations conservantes masquées	Bons déplacements mais lors du raisonnement sur la transformation, se perd dans les espaces à identifier Quelques erreurs dans le processus de comparaison de 2 collections dans 2 espaces (n'en considérant plus qu'une selon 2 espaces)	Arguments de compensation des relations réciproques : « <i>C'est la même chose mais les pupitres sont juste cachés.</i> »	<p>Etayage en resituant les espaces de jeux et en verbalisant les manipulations</p> <p>Décomposition des consignes pour procéder par déductions successives</p> <p>Proposition de description de collections statiques</p>
	Transformations non conservantes visibles	Bons déplacements Le repérage ne semble plus poser de problème	Reconnaissance de l'inégalité quantitative : « <i>J'en ai enlevé là, je les ai mis ici, donc y en a plus.</i> »	Demandes d'explications de son raisonnement
	Transformations non conservantes masquées	Bons déplacements Gagne en rapidité de raisonnement	Reconnaissance de l'inégalité : « <i>4 pupitres sont partis, on en a plus que 8, ils sont moins dans le magasin.</i> »	

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
SEANCE 8	Rappel des tâches précédentes	Réussite sans hésitations		
	Rétroaction sans manipulation	Quelques erreurs Utilise le geste sans toucher les cartes pour se rendre compte des déplacements Se réfère au nombre et aux opérations sur les nombres pour se justifier	Se réfère au nombre : « <i>Toujours le même nombre, même s'ils changent de place.</i> » Réponses en phrases complètes et adaptées en temps	Simplification des consignes Retour à la manipulation, puis utilisation des mêmes gestes que lui pour l'aider au repérage, puis estompage Demandes de précisions sur son raisonnement
	Prédiction sans manipulation	A encore tendance à utiliser la gestuelle pour se rendre compte des déplacements	Donne des phrases complètes et adaptées en temps « <i>Il y aura plus de pupitres dans le jardin que de partitions dans la salle.</i> »	Simplification des consignes Retour à la manipulation, puis utilisation des mêmes gestes que lui pour l'aider au repérage, puis estompage Demandes de précisions sur son raisonnement
SEANCE 9	Invariance numérique	Lenteur et quelques erreurs au départ Concentré, utilise le comptage visuel puis l'appréciation globale des quantités	Lien sémantique entre « tous » et « le même nombre » incertain	Etayage et simplification de la consigne, accompagnement par un exemple
	Conflit cognitif	Précipitation Fragilité persistante à mentaliser le nombre en début de tâche : vérifie visuellement l'état des espaces Conduite d'auto-correction en se référant au nombre	Expression d'évidence pour maintenir son raisonnement « <i>Pff n'importe quoi ! t'as faux !</i> »	Reformulations Renouvellement de l'activité avec d'autres éléments du jeu
	Introduction du zéro	Réussite	Termes de quantification : « tout », « rien »	

Tableau 13: Synthèse des séances avec Barnabé

3. Résultats du post-test

Barnabé avait 11 ans 10 mois lors du pré-test, et 12 ans 1 mois lors du post-test. Les deux dates de bilan sont séparées de trois mois.

3.1. Epreuve de conservation des quantités discontinues

3.1.1. Correspondance terme à terme

	Tâches et consignes	Stratégies / productions / réponses de l'enfant
Manipulations	Distribution des carottes	Ordonnée
	Correspondance terme à terme	Respectée
Raisonnement verbal	« Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Egal »
	« Comment le sais-tu ? »	« Même nombre de carottes et de lapins », « C'est venu tout seul dans ma tête. » Répond correctement sans compter

Tableau 14: Résultats de Barnabé à l'épreuve de correspondance terme à terme du post-test

3.1.2. Conservation des quantités discontinues

Consignes / tâches	Réponses de l'enfant	Productions / stratégies
Après transformation spatiale : « Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Y a pareil. »	Conservation avec justification correcte
« Comment le sais-tu ? »	« Ils les ont mis de côté, y a toujours le même nombre de carottes même si on dirait qu'il y a plus de lapins. »	
Si échec : « Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ? »		
Si réussite : contre-suggestion	« Non, y a le même nombre de lapins et de carottes, je suis d'accord avec moi. »	Maintient la conservation

Tableau 15: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du post-test

3.2. Epreuve de conservation des longueurs

Configurations spatiales	Consignes	Réponses	Productions
Baguettes collées	« Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Vérification visuelle globale à chaque extrémité
	« Comment le sais-tu ? »	« Elles ont la même taille, quand je mets ma main, je les mets bien contre-contre, même longueur. »	
Baguettes écartées de 5 cm, mais extrémités alignées	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« Toujours la même longueur parce que ça changera pas. Toujours pareil sauf que tu l'as éloignée, donc je vois pas pourquoi ça changerait de longueur. »	
	Si échec : « Que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ? »		
Baguettes décalées de 5 cm	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	Non	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« Tu l'as juste poussée un peu, ça change pas la longueur. »	
	Si réussite : contre-suggestion	« Bah non vu que c'est la même longueur. »	Maintient la conservation
Baguettes en T (proposé que si réussite à l'épreuve précédente)	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	Non	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« Même longueur, tu l'as juste changée de côté, tu l'as mis debout au lieu de couchée. »	
	Si réussite : contre-suggestion	« Non, toujours même longueur. »	Maintient la conservation

Tableau 16: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des longueurs du post-test

III. Etude de cas : Irène

Nous avons rencontré Irène le mercredi 13 février 2013. D'emblée Irène a été réceptive à nos interventions. Nous lui avons expliqué notre démarche. Les épreuves du pré-test lui ont donc d'abord été proposées.

1. Résultats du pré-test

1.1. Epreuve de compréhension orale (E.CO.S.SE)

Irène a effectué un nombre total de 7 erreurs (Cf. annexe F.3.), ce qui la situe dans la norme attendue pour son âge (percentile 50). Nous avons donc pu lui proposer notre remédiation.

1.2. Epreuve de conservation des quantités discontinues

1.2.1. Correspondance terme à terme

	Tâches et consignes	Stratégies / productions / réponses de l'enfant
Manipulations	Distribution des carottes	Ordonnée
	Correspondance terme à terme	Respectée
Raisonnement verbal	« Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes. »	« C'est égal. »
	« Comment le sais-tu ? »	« Parce qu'ils ont chacun une carotte. » Répond correctement sans compter

Tableau 17: Résultats d'Irène à l'épreuve de correspondance terme à terme du pré-test

1.2.2. Conservation des quantités discontinues

Consignes / tâches	Réponses de l'enfant	Productions / stratégies
<u>Après transformation spatiale</u> : « <i>Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ?</i> »	« <i>Plus de lapins</i> »	Non-conservation (réponse perceptuelle)
« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'il y a que des lapins.</i> »	
<u>Si échec</u> : « <i>Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ?</i> »	« <i>Leur en donner, leur redistribuer</i> »	Rétroaction
<u>Si réussite</u> : contre-suggestion		

Tableau 18: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du pré-test

1.3. Epreuve de conservation des longueurs

Configurations spatiales	Consignes	Réponses	Productions
Baguettes collées	« <i>Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Non</i> »	Vérification visuelle globale de l'alignement
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce qu'elles sont égales, ça se voit.</i> »	
Baguettes écartées de 5 cm, mais extrémités alignées	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Non</i> »	Conservation sans justification correcte (visuelle)
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce que ça se voit.</i> »	
	Si échec : « <i>Que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ?</i> »		
Baguettes décalées de 5 cm	« <i>Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ?</i> »	« <i>Oui</i> »	Non-conservation
	« <i>Comment le sais-tu ?</i> »	« <i>Parce que déjà elles font pas la même taille !</i> »	
	Si réussite : contre-suggestion		

Configurations spatiales	Consignes	Réponses	Productions
Baguettes en T (proposé que si réussite à l'épreuve précédente)	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »		
	« Comment le sais-tu ? »		
	Si réussite : contre-suggestion		

Tableau 19: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des longueurs du pré-test

- ➔ La correspondance terme à terme est opératoire ;
- ➔ Irène ne conserve pas le nombre ;
- ➔ Irène ne conserve pas les longueurs.

2. Séances de remédiation

Les séances se sont déroulées de février à mai 2013, une fois par semaine.

2.1. Observations qualitatives sur le comportement d'Irène

Lors de notre première rencontre, nous avons fait connaissance avec une enfant calme et posée. Irène a tout de suite bien voulu participer à notre projet aussitôt que nous lui en avons expliqué la démarche.

Les séances avec Irène ont été dans l'ensemble « faciles », dans le sens où sa participation et son attention pendant le jeu ont été optimales. Irène avait très bien adhéré au jeu. Tout au long du jeu, elle semblait intéressée. S'il restait cinq minutes de séance, elle demandait à continuer l'histoire. Et avant de nous quitter, elle comptait ses pièces de puzzle et faisait des hypothèses quant au rendu de l'affiche à construire.

Nous avons cependant très vite remarqué qu'Irène se cantonnait dans un rôle très « scolaire », voulant bien faire et s'appliquer. Cette conduite l'empêchait d'essayer, de chercher, de se tromper et donc de raisonner. Elle hésitait souvent, sollicitant alors notre approbation.

Petit à petit, Irène a été plus à l'aise, mais son manque de confiance a persisté.

Nous l'interrogeons de temps à autre sur ses hobbies, ses goûts pour la détente et la rassurer.

Les premières étapes du jeu ont été bien réalisées par Irène. En discutant avec elle autour du thème du jeu, nous nous sommes aperçues qu'elle possédait un lexique précis malgré des confusions au début.

Contrairement à Vanessa et Barnabé, Irène n'a pas rencontré de difficulté avec la conservation de la quotité. Le terme « autant » était aussi déjà connu.

C'est à partir du dénombrement que le travail a réellement commencé (Cf. annexe G3). Les activités de dénombrement proposées, même rendues ludiques, ressemblent aux activités scolaires. Si ce cadre a semblé rassurer et mettre à l'aise Irène, il a aussi été révélateur de conduites « plaquées », sans recherche de sens. En effet, pour elle qui voulait pourtant bien faire, le nombre ne fait pas toujours sens puisqu'elle avait tendance à vouloir faire des opérations systématiquement sur les nombres, même quand on ne le lui demandait pas dans les consignes.

Nous avons donc passé un peu de temps pour mettre du sens sur les quantités, faire des groupements et raisonner sur les collections. Ceci a notamment été permis par la symbolisation d'éléments.

Dans l'activité de permutation des éléments à l'extérieur de l'ensemble / échange un contre un, Irène s'est distinguée de Vanessa et Barnabé, cette fois en se trouvant en difficulté. En effet, elle ne comprenait pas la consigne et ne savait pas quelle manipulation effectuer. Nous avons proposé une reformulation, un étayage et un changement de support pour confirmer son raisonnement.

Au niveau des ajouts et des retraits sur les collections, Irène était à l'aise et n'a pas rencontré de difficulté particulière. Nous avons donc complexifié l'activité avec un plus grand nombre d'éléments dans les collections, en y mêlant des changements numériques et spatiaux dans une même transformation et en essayant de la déstabiliser avec des contre-suggestions. Après quelques hésitations, les temps de réponse d'Irène étaient de plus en plus courts.

Au niveau des transformations conservantes et non conservantes, nous avons d'abord simplifié les consignes en les raccourcissant et en utilisant des termes généraux pour la mettre en confiance. Puis progressivement nous avons repris les consignes du livret, sautant même des consignes vu les réussites d'Irène.

Irène n'a pas été gênée par le masquage des collections. En effet, il semblait qu'elle mentalisait le nombre dès le transport des cartes dans les bacs, elle n'y jetait un œil qu'en début d'activité. La transition entre les types d'activités n'a donc pas été difficile.

Au cours du jeu, Irène a mis en place une argumentation de plus en plus variée et précise pour justifier les transformations conservantes et non conservantes des collections. Progressivement, ses justifications se sont étayées (argument d'identité et de réversibilité par inversion, puis de compensation des relations réciproques).

Au niveau linguistique, trois termes ont cependant mis en difficulté Irène : « au hasard », « tous » et « rien ». Nous avons alors veillé à reformuler, à étayer et à simplifier les consignes. L'hésitation sur le terme « tous » se retrouvait dans l'activité en fin de jeu mettant en évidence le conflit cognitif, celle de « rien » faisait référence à l'activité introduisant la notion de zéro. Nous y avons donc passé un peu de temps en proposant à Irène de fabriquer des groupes pour différencier « un musicien » et « tous les musiciens » et « rien ».

En fin de remédiation, Irène avait gagné en rapidité de raisonnement et semblait plus sûre d'elle dans ses prises de parole, hésitant moins à se lancer. Les dernières activités (rappel des tâches précédentes, rétroaction, prédiction, invariance numérique) ont été réalisées de manière autonome, sans adaptations particulières de notre part.

2.2. Synthèse des séances avec Irène

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
SEANCE 1	Correspondance terme à terme	Utilise le dénombrement par comptage	« <i>C'est pareil en haut et en bas.</i> » Utilise un lexique musical précis: « coulisses », « scène », « choristes », mais « pupitres » et « partitions » sont au début confondus	Redéfinition du lexique du jeu, au niveau des accessoires surtout (pupitres, partitions)

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
	Transport d'une quantité, du nombre exact	Prend son temps et s'applique à disposer les cartes	Mentalise le nombre : « <i>Je sais combien il en faut, même sans compter.</i> »	
	Description d'une collection statique	Bonne identification de ressemblances et différences Utilise plusieurs critères	« <i>Rien ne change, mes musiciens bleus et roses ont les mêmes choses, tout le monde est prêt.</i> » « <i>Y a juste les couleurs, les instruments et les personnages qui sont pas trop pareils, pas la même coiffure.</i> » « <i>Y a pareil de garçons et de filles dans les deux rangées.</i> »	Demandes de précisions dans la formulation des descriptions comparatives
	Permutation d'éléments à l'intérieur d'un ensemble	Réussite sans tâtonnements		Demandes d'explications de son raisonnement
SEANCES 2 & 3	Quotité	Bon déplacement Conservation de la quotité	Les termes « pareil », « autant », « même nombre » sont bien compris « <i>Ils sont toujours 6.</i> »	
	Dénombrement	Rares erreurs dans le comptage Quelques erreurs dans la symbolisation en oubliant de dessiner des éléments Hésitations au départ alors que sa démarche est bonne, demande validation, n'a pas confiance en ses capacités Manipule les cartes pour compléter les ensembles	Raisonne sur l'état des collections : « <i>Ca veut dire que y en a qui sont venus sans leurs affaires ?</i> » Verbalise plusieurs fois la stratégie « <i>Je compte ?</i> », « <i>Je marque le nombre ?</i> » Quantifieurs « plus de », « moins de », « il y a égal »	Reprise du comptage de certaines collections en lui disant de prendre son temps Aide dans la stratégie de symbolisation (faire des ronds ou des carrés...) puis relative autonomie Renforcements en posant des questions sur les collections pour donner du sens au comptage et au nombre
SEANCE 4	Permutation des éléments à l'extérieur de l'ensemble, échange un contre un	Hésitations dans l'échange des éléments	Verbalise ses difficultés concernant l'échange : « <i>Ca j'en fais quoi ?</i> » Réponse correcte validant la notion d'échange : « <i>Oui c'est le même nombre, c'est égal, on a juste changé les partitions.</i> »	Reformulation de la consigne, étayage Proposition de refaire la manipulation avec d'autres éléments pour confirmer son raisonnement

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
	Ajouts/retraits		<p>Valide la transformation additive « <i>Tu en as mis 2 en plus.</i> »</p> <p>Valide la transformation soustractive et le piège perceptif « <i>En haut y en a 3 en moins mais tu les as écartés.</i> »</p> <p>Affirme la notion d'évidence : « <i>Bah oui, en fait tu as triché, tu les as écartés, ça se voit y en a moins en bas.</i> »</p>	<p>Complexification de la tâche par contre-suggestions et réaffirmations « <i>Tu es sûre ?</i> »</p> <p>Utilisation de collections plus importantes</p>
SEANCE 5	Transformations conservantes visibles	<p>Bons déplacements</p> <p>Hésitations dans le raisonnement au départ « <i>Je suis pas sûre.</i> »</p>	<p>Verbalise l'égalité quantitative : « <i>Ils sont à égalité, parce qu'ils avaient chacun une partition.</i> »</p> <p>Argument d'identité : « <i>C'est pareil, j'ai pris la même chose.</i> »</p> <p>Argument de réversibilité par inversion : « <i>Avant y en avait 12 là, maintenant les 12 sont là-bas, c'est pareil.</i> »</p>	<p>Simplification des consignes en remplaçant les noms de lieux par « <i>ici</i> » et « <i>là-bas</i> »</p> <p>Renforcement des réponses et incitation verbale</p> <p>Induction de la réversibilité avec le terme « <i>tout à l'heure</i> »</p>
	Transformations conservantes masquées	Bons déplacements	Utilisation d'arguments d'identité « <i>Y a égalité, pareil.</i> »	Toutes les questions ne sont pas posées car réussite
	Transformations non conservantes visibles	Bons déplacements	Reconnaissance de l'inégalité quantitative : « <i>C'est pas pareil. Là ils sont beaucoup, là ceux que j'ai pris, ils sont 3.</i> »	Toutes les questions ne sont pas posées car réussite
	Transformations non conservantes masquées	<p>Bons déplacements</p> <p>Utilise et mentalise le nombre : ne regarde presque plus les éléments</p>	<p>Reconnaissance de l'inégalité quantitative en précisant le nombre: « <i>Oui c'est plus de pupitres, ils sont 6 et les musiciens que j'ai pris sont 2.</i> »</p> <p>Utilisation de la réversibilité « <i>Tout à l'heure les musiciens étaient là-bas, maintenant ils sont partis, les pupitres changent pas, y en a plus.</i> »</p>	Toutes les questions ne sont pas posées car réussite
SEANCE 6	Rappel des tâches précédentes	A tendance à se précipiter sur des opérations à faire : un échange induit une soustraction pour Irène	Hésite sur le terme « <i>au hasard</i> »	Reformulations

	TACHE	CONDUITES DE L'ENFANT	VERSANT LINGUISTIQUE	ADAPTATIONS
	Rétroaction sans manipulation	Utilise un repérage visuel des lieux du jeu Justifications par le nombre	Ne considère pas le terme « tous » Argument numérique : « <i>Pareil, là 12 pupitres et là 2 personnes.</i> » (transformation non conservante)	Simplification des consignes, étayage, reformulations
	Prédiction sans manipulation	Utilise un repérage visuel des lieux du jeu	Donne des phrases complètes et adaptées en temps « <i>Tout le monde aura pareil de pupitres, de crayons et de partitions.</i> »	Demandes de précisions concernant ses explications
	Invariance numérique	Attention et repérage visuels de bonne qualité, reste concentrée, utilise le comptage visuel 1 erreur vite corrigée	Termes utilisés pour sélectionner les bonnes cartes : « plus », « moins »	
SEANCE 7	Conflit cognitif	Hésitations	Hésite encore sur le terme « tous » Maintient la conservation « <i>Si ! ils sont partis avec leurs affaires, donc il y a la même chose.</i> »	Etayage, fabrication de groupes pour différencier « un musicien » et « tous les musiciens »
	Introduction du zéro	Opère sur les nombres, erreur sur le sens du nombre	Termes de quantification : « tout », « rien »	Reformulations, utilisation de cartes différentes, de collections plus petites

Tableau 20: Synthèse des séances avec Irène

3. Résultats du post-test

Irène avait 8 ans 11 mois lors du pré-test, et 9 ans 1 mois lors du post-test. Les deux dates de bilan sont séparées de trois mois.

3.1. Epreuve de conservation des quantités discontinues

3.1.1. Correspondance terme à terme

	Tâches et consignes	Stratégies / productions / réponses de l'enfant
Manipulations	Distribution des carottes	Ordonnée
	Correspondance terme à terme	Respectée
Raisonnement verbal	« Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Pareil. »
	« Comment le sais-tu ? »	« 10 lapins, 10 carottes. » Répond correctement en ne comptant qu'une série

Tableau 21: Résultats d'Irène à l'épreuve de correspondance terme à terme du post-test

3.1.2. Conservation des quantités discontinues

Consignes / tâches	Réponses de l'enfant	Productions / stratégies
<u>Après transformation spatiale</u> : « Peux-tu me dire s'il y a plus de lapins ou plus de carottes ? »	« Pareil. »	Conservation avec justification correcte
« Comment le sais-tu ? »	« Les lapins ont juste rangé leurs carottes dans un coin, donc pareil. »	
<u>Si échec</u> : « Que faudrait-il faire pour avoir pareil de lapins et de carottes ? »		
<u>Si réussite</u> : contre-suggestion	« Non, c'est pareil, c'est juste qu'elles sont dans un coin. »	Maintient la conservation

Tableau 22: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du post-test

3.2. Epreuve de conservation des longueurs

Configurations spatiales	consignes	Réponses	productions
Baguettes collées	« Y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Vérification visuelle globale de l'alignement
	« Comment le sais-tu ? »	« Ca se voit, elles sont pareilles »	
Baguettes écartées de 5 cm, mais extrémités alignées	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« Ca se voit, c'est juste qu'elles sont écartée. »	
	Si échec : « Que faudrait-il faire pour avoir deux baguettes grandes pareil ? »		
Baguettes décalées de 5 cm	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« tu en as décalé une »	
	Si réussite : contre-suggestion	« Non, elle est juste poussée. »	Maintient la conservation
Baguettes en T (proposé que si réussite à l'épreuve précédente)	« Et maintenant, y a-t-il une baguette plus longue que l'autre ? »	« Non »	Conservation avec justification correcte
	« Comment le sais-tu ? »	« Ca se voit, pareil, tu as fait un T. »	
	Si réussite : contre-suggestion	« Ils ont tort, elle est juste plus droite. »	Maintient la conservation

Tableau 23: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des longueurs du post-test

- ➔ La correspondance terme à terme est toujours opératoire ;
- ➔ Irène conserve le nombre ;
- ➔ Irène conserve les longueurs.

IV. Recueil des avis des orthophonistes

Nous avons distribué six jeux et avons recueilli quatre fiches d'observations remplies (Cf. annexe H.).

Trois avis sur les quatre ont été formulés par des orthophonistes ayant suivi des formations spécifiques en logico-mathématique, donc d'autant plus sensibilisés au domaine logico-mathématique.

Nous avons rassemblé les avis issus des fiches d'observations et les avis issus de nos rencontres avec ces mêmes orthophonistes (pour le détail des avis, se reporter à l'annexe).

1. « Intérêt du matériel »

Plusieurs ont apprécié l'idée de proposer un matériel « à disposition » pour l'acquisition de la conservation, reconnaissant la richesse du lexique proposé en parallèle et approuvant le fait de pouvoir travailler certaines notions avec différents supports. Le rangement permis par les boîtes a aussi été bien accueilli.

2. « Prise en main et jouabilité »

Quelques professionnels ont regretté le temps nécessaire à la mise en place du jeu, jugé trop long, que ce soit en début ou en cours de jeu. Ils ont aussi trouvé les espaces difficiles à gérer.

D'autres, au contraire, ont trouvé la mise en place aisée et même pratique, notamment au niveau des rangements et de l'espace de jeu proposé. Ils ont apprécié le fait de pouvoir manipuler des cartes et se déplacer dans la pièce.

3. « Attrait, aspect esthétique »

Tous les orthophonistes ont aimé le visuel du jeu, jugeant l'ensemble très attractif, beau, bien fait et riche. Les dessins, les couleurs et les matières sont décrites comme « gaies », « splendides et très attrayants », tenant compte des goûts des garçons et des filles.

Une orthophoniste rajoute que cet aspect a beaucoup plu, autant au patient qu'au professionnel qui l'utilise.

Toutefois, des détails ont été remarqués, tels que la fragilité des cartes (coins anguleux, épaisseur trop fine), les rendant difficiles à attraper, et la visibilité réduite des petites cartes accessoires (dessins sur une face, difficile à repérer une fois à l'envers dans les bacs).

4. « Thème du jeu »

Pour certains, le thème a semblé tout à fait adapté aux centres d'intérêts des enfants, filles comme garçons. Il a été trouvé innovant, original et intéressant par le fait que peu de jeux ont pour thème la musique.

Le thème de la magie a aussi été trouvé « plaisant ».

Pour d'autres, ce thème autour de la musique paraît plus attrayant pour les enfants déjà initiés dans le domaine. Ils estiment que cela dépend aussi du niveau socio-culturel et de l'âge au vu du lexique employé. Mais dans ce cas, ils considèrent qu'il s'agit alors d'un bon enrichissement.

5. « Livret de jeu »

La plupart des orthophonistes ont apprécié la présentation, la rigueur des aspects théoriques, la clarté des consignes et des remarques, et la précision des objectifs et des compétences visées. Le livret a été trouvé très complet et détaillé.

Mais cette rigueur a aussi fait l'objet de critiques, estimant que la longueur des consignes parfois trop « lourdes » pouvait « perdre » l'orthophoniste, regrettant aussi les retours répétitifs au livret. Il a aussi été mentionné que le livret était trop long, trop « fouillé » et redondant dans les recommandations données aux orthophonistes. Ils ont alors noté la nécessité d'expérimenter le jeu avant de l'utiliser directement en séance.

Au niveau des consignes, certains n'ont pas compris l'incitation au comptage que nous avons proposée. Il en est de même pour la méthode corrigeant l'enfant sur certaines mauvaises réponses pour lui permettre d'observer plus attentivement un modèle.

6. « Progression théorique, ordre des étapes du jeu et niveau de difficulté »

La progression théorique a été trouvée intéressante, pertinente et en accord avec la chronologie des étapes de la construction de la conservation, notamment avec la progression « manipulation vers code », avec des activités de difficultés graduelles, qui peuvent s'adapter au niveau de chaque patient.

Mais certains rajoutent qu'il faut bien connaître le jeu et savoir le maîtriser pour cibler les étapes à proposer à l'enfant. Un des professionnels a même trouvé cette progression trop « planifiée » avec des exercices et des questions redondantes.

Le niveau de difficulté n'a pas été perçu de la même manière selon les orthophonistes. L'une d'entre eux a trouvé le niveau de difficulté trop réduit. Une autre encore l'a trouvé trop complexe, notamment pour la séquence concernant les transformations conservantes et non conservantes avec rétroaction et prédiction.

7. « Points forts »

Nous retenons : le sujet/l'idée, la forme/l'esthétique, l'adaptabilité, l'originalité, les multiples étapes, la procédure avec le livret d'explications très claires et précises, le fait de mettre le patient en activité, le fait de faire travailler précisément plusieurs notions.

Un des professionnels écrit aussi « *un bon potentiel à développer, en débordant même de la notion de conservation* ».

8. « Limites »

Concernant la prise en main, elle est considérée difficile et nécessitant une démonstration préalable.

La préparation du jeu et les manipulations d'éléments sont jugées trop fastidieuses, prenant trop de temps sur la séance et pouvant lasser l'enfant.

Le vocabulaire utilisé est estimé parfois ambigu (« chacun d'eux / deux ? ») ou difficile selon l'âge de l'enfant ou son niveau socio-culturel.

Un professionnel n'a pas adhéré à l'idée de corriger l'enfant sur certaines étapes, estimant que cela ne lui permettait pas de construire lui-même sa pensée.

Deux orthophonistes regrettent que l'enfant ne puisse pas construire son jeu.

9. « Remarques et appréciations globales du matériel »

Ont été mises en avant la qualité du matériel (plaisant et bien présenté) et sa place justifiée dans la pratique orthophonique en logico-mathématiques, rendant le patient très actif dans le jeu.

10. « Remarques sur une étape du jeu en particulier »

La séquence « répétition générale », portant sur les transformations conservantes et non conservantes par rétroaction et anticipation a été jugée difficile pour une orthophoniste.

Par contre, une autre orthophoniste a apprécié l'étape de dénombrement (fiche à remplir par l'enfant), permettant un passage au code progressif. Elle note que beaucoup de choses ont pu se mettre en place chez son patient, en lui permettant de « confronter ses hypothèses à la réalité ».

11. « Adaptabilité à la réalité clinique »

Plusieurs orthophonistes mettent en avant la réalisation assez longue du jeu, « comme beaucoup d'activités logico-mathématiques » souligne-t-on. Est alors rajouté qu'une séance de 40-45 minutes serait plus adaptée.

Un des professionnels souligne que le matériel fait émerger la conservation si on laisse plus de latitude au patient.

12. « Suggestions d'amélioration »

Il est notifié que la notion de conservation est jugée difficile à aborder en prise en charge orthophonique car elle fait appel à des compétences variées.

Il nous a alors été conseillé de penser à une démonstration concrète (pratique ou vidéo) à proposer pour clarifier et simplifier le livret et n'y garder que les grands repères et consignes.

De même, il a été suggéré de permettre au patient de pouvoir poser lui-même des questions après avoir lui-même manipulé certains éléments du jeu.

Chapitre V
DISCUSSION DES RESULTATS

I. Analyse des résultats

1. Vanessa

1.1. Compétences initiales

Avant tout, il ne faut pas oublier les différentes variables qui sont impliquées dans une situation de pré-test. En effet, Vanessa ne nous connaissait pas – elle nous rencontrait alors pour la première fois – et, bien que nous ayons pris tout le temps nécessaire pour nous présenter et la rassurer sur ce qui allait se passer, il était inévitable que la petite fille présente une certaine appréhension et inhibition, et ce d'autant plus qu'elle possède un caractère plutôt réservé avec les personnes qu'elle ne connaît pas.

Au pré-test, les épreuves proposées à Vanessa ont permis de mettre en évidence : une compréhension orale dans la norme, un retard d'acquisition de la conservation du nombre et des longueurs.

La fragilité du raisonnement de Vanessa se ressent dès la tâche de correspondance terme à terme. Elle estime en effet qu'une des deux rangées de cartes (lapins et carottes) est plus longue que l'autre alors qu'elle a disposé correctement ces deux mêmes rangées en correspondance terme à terme. Elle se ravise ensuite « *Parce qu'il y en restait. Non, il y en a pas plus.* », prenant conscience que les carottes supplémentaires dans le sac n'appartiennent pas à la rangée construite. Cette compétence semble encore en cours d'acquisition.

Dans l'épreuve de conservation des quantités discontinues avec le même support, Vanessa observe attentivement chaque collection de cartes, mais elle se laisse influencer par les modifications de configurations spatiales. Pour elle, les lapins disposés en rangée sont plus nombreux que les carottes rassemblées en tas. Sa justification est perceptive (« *Parce qu'ils sont là, les carottes, elles sont là.* »), elle situe bien les éléments mais estime que le nombre a changé pour la collection déplacée.

En cas d'échec, on demande à l'enfant la solution pour retrouver l'état initial des collections d'éléments. Pour ce faire, elle se réfère à la rétroaction en disant qu'il faut

« *Les remettre.* ». Pour Vanessa, la quantité change donc bien lorsque la configuration spatiale des éléments est modifiée, caractéristique de la non-conservation des quantités discontinues.

Dans l'épreuve de conservation des longueurs, Vanessa n'admet l'égalité de longueur des deux baguettes, que lorsque celles-ci sont collées et qu'elle peut vérifier visuellement l'alignement. Puis, elle s'attarde sur la position des baguettes déplacées et décalées et se laisse tromper encore une fois par les configurations spatiales changeantes. Le biais perceptif l'emporte sur le raisonnement logique de conservation des longueurs.

Tout comme pour les quantités discontinues, Vanessa se réfère à la rétroaction pour retrouver l'état initial, l'égalité de longueur des deux baguettes (« *Il faut les rapprocher comme tout à l'heure.* ») : c'est comme si en repositionnant les baguettes, elles retrouvaient leur taille initiale. Vanessa ne donne pas de justification correcte, elle s'arrête à la perception visuelle trompeuse (« *Parce qu'elle est plus grande, et voilà.* »). Le test s'arrête alors au niveau des baguettes décalées.

Pour Vanessa, la longueur change donc bien lorsque la configuration spatiale des éléments est modifiée, caractéristique de la non-conservation des longueurs.

1.2. Compétences en fin de remédiation

Tout d'abord, il faut garder à l'esprit que la prise en charge orthophonique de Vanessa s'est poursuivie parallèlement à notre expérimentation. Vanessa bénéficiait aussi d'une séance prévue pour ses difficultés en langage écrit. Cette prise en charge a certainement eu une influence plus ou moins importante sur l'évolution de Vanessa. Ainsi, nous pouvons penser que la prise en charge logico-mathématique de Vanessa ne pourrait, à elle seule, expliquer les progrès que nous avons observés, mais qu'elle est à prendre en compte dans l'interprétation de son évolution.

Nous avons observé l'évolution de Vanessa de façon qualitative tout au long des séances effectuées, et les épreuves que nous lui avons proposées au post-test ont pu confirmer notre ressenti.

Au post-test, Vanessa réussit l'épreuve de correspondance terme à terme et se justifie correctement sans compter. Contrairement au pré-test, cette fois Vanessa n'hésite pas et ne se trompe pas. La correspondance terme à terme donc est opératoire.

Au niveau de la conservation des quantités discontinues, Vanessa a conscience que les lapins sont déplacés et toujours présents. Son raisonnement est fiable et opératoire, elle se justifie correctement (« *Parce qu'on les a juste mis sur le côté.* ») sans compter et résiste à la contre-suggestion en utilisant un argument d'identité (« *Non, il y a pareil de lapins et de carottes.* »).

La conservation des quantités discontinues est donc acquise.

Au niveau de la conservation des longueurs, Vanessa s'applique à vérifier visuellement l'égalité de longueur des baguettes dans un premier temps. Une fois sûre de cette égalité, aucun des changements de configuration ne la déstabilisera. Elle résiste à la contre-suggestion et se justifie correctement avec des arguments d'identité (du type, « *C'est toujours pareil.* »).

La conservation des longueurs est acquise.

Les résultats de Vanessa se sont donc normalisés pour les épreuves de la B-LM Cycle II. Notons qu'ils sont même situés au-delà des compétences attendues pour son âge. A 101 mois en mai 2013, Vanessa est capable de reconnaître l'équivalence numérique, de se justifier correctement mais aussi de maintenir la conservation. A son âge, la norme est établie à la conservation sans justification sans l'obligation de maintenir la conservation lors d'une contre-suggestion.

Remarquons que les arguments présentés par Vanessa dans ses justifications tant dans les épreuves de conservation des quantités discontinues que dans celles des longueurs, ne font référence qu'à l'identité. Or, Vanessa a utilisé plusieurs types d'arguments lors de nos séances. Cette constatation ne nous permet cependant pas de dire si cela est du fait de la récence de cette acquisition ou du fait de la simple utilisation préférentielle de cette argumentation pour Vanessa.

Cette remédiation que nous avons menée avec Vanessa lui a donc permis d'acquérir deux types de conservations (le nombre et les longueurs) en n'en ciblant qu'une seule au départ.

L'immaturation langagière dans la justification de ses réponses que nous avons d'abord remarquée s'est estompée mais reste encore en contraste avec ses capacités « opératoires ».

2. Barnabé

2.1. Compétences initiales

Au pré-test, les épreuves proposées à Barnabé ont permis de mettre en évidence : une compréhension orale située dans la norme supérieure, une correspondance terme à terme opératoire, ainsi qu'un retard d'acquisition de la conservation du nombre et des longueurs.

Concernant la conservation des quantités discontinues, Barnabé échoue à l'épreuve en estimant qu'une des collections est cachée et donc que l'autre, non modifiée dans sa configuration, contient plus d'éléments. Il s'appuie uniquement sur l'observation et les aspects perceptifs, ne raisonnant pas sur la transformation spatiale des éléments (« *Ils ont caché leurs carottes.* »).

Pour Barnabé, la quantité change donc bien lorsque la configuration spatiale des éléments est modifiée, caractéristique de la non-conservation des quantités discontinues.

Concernant la conservation des longueurs, Barnabé s'attache là encore à l'unique aspect perceptif des configurations spatiales finales et non à la transformation spatiale en elle-même. Il arrive cependant à répondre correctement et faire illusion au premier item. La fragilité du raisonnement de Barnabé se révèle par sa justification incorrecte (« *Egales, ils sont toujours bien cadrés.* »), la conservation de l'écart est donc en cours d'acquisition. Barnabé estime ensuite une des deux baguettes plus longue, car plus éloignée (« *Parce qu'ils sont plus éloignés.* »). L'épreuve s'arrête alors à cet item.

Pour Barnabé, la longueur change donc bien lorsque la configuration spatiale des éléments est modifiée, caractéristique de la non-conservation des longueurs.

2.2. Compétences en fin de remédiation

Comme pour Vanessa, il faut garder à l'esprit que la prise en charge orthophonique de Barnabé s'est poursuivie parallèlement à notre expérimentation. Barnabé bénéficiait aussi d'une séance de rééducation en langage écrit par semaine.

Ainsi, nous pouvons émettre les mêmes remarques que pour Vanessa : même s'il ne s'agit peut-être que d'une influence fonctionnelle, cette prise en charge parallèle a nécessairement eu un impact sur l'évolution observée chez Barnabé.

Au bilan final, l'épreuve de correspondance terme à terme est réussie par Barnabé. Comme lors du bilan initial, Barnabé répond correctement (« *Même nombre de carottes et de lapins.* », « *C'est venu tout seul dans ma tête.* »). La correspondance terme à terme est donc toujours opératoire.

Concernant la conservation des quantités discontinues, Barnabé comprend que le déplacement des carottes n'entraîne pas un changement de quantité. Lui-même le justifie en disant que les lapins « *Les ont mis de côté, y a toujours le même nombre de carottes même si on dirait qu'il y a plus de lapins.* ». Même si Barnabé utilise l'expression « même nombre », il précise auparavant « pareil » dans sa réponse et n'a pas besoin de recompter les collections. De plus, Barnabé résiste avec assurance à la contre-suggestion qui lui est proposée (« *Non, y a le même nombre de lapins et de carottes, je suis d'accord avec moi.* »).

La conservation des quantités discontinues est donc acquise.

Concernant la conservation des longueurs avec l'épreuve des baguettes, Barnabé reconnaît l'égalité des longueurs lorsqu'elles sont collées en s'exclamant, « *Elles ont la même taille, quand je mets ma main, je les mets bien contre-contre, même longueur.* ». L'égalité est aussi affirmée lorsque les baguettes sont écartées (« *Toujours la même longueur parce que ça changera pas. Toujours pareil sauf que tu l'as éloignée, donc je vois pas pourquoi ça changerait de longueur.* »), décalées (« *Tu l'as juste poussée un peu, ça change pas la longueur.* ») ou en configuration de T (« *Même longueur, tu l'as juste changée de côté, tu l'as mis debout au lieu de couchée.* ») en utilisant chaque fois des justifications correctes par compensation des relations réciproques.

De plus, il résiste aux contre-suggestions en argumentant par l'égalité des collections (« *Bah non vu que c'est la même longueur.* », « *Non, toujours même longueur.* »).

La conservation des longueurs est acquise.

Ainsi, sa réussite à tous les items des épreuves de conservations de la B-LM Cycle II nous indique que les résultats de Barnabé se sont normalisés pour les épreuves de la B-LM Cycle II.

Notons que lors du bilan final, Barnabé s'est montré très à l'aise, il était même difficile de l'arrêter dans ses justifications. En cela, le comportement de Barnabé, comparé au bilan initial, est radicalement différent. S'il ne répondait que succinctement et ne semblait pas à l'aise au pré-test, il était tout l'opposé lors du post-test.

La remédiation que nous avons proposée à Barnabé lui a ainsi permis de mettre en place deux types de conservations (le nombre, les longueurs), tout en sachant que seules les compétences sous-jacentes au nombre ont été travaillées. Il apparaît que Barnabé a généralisé la conservation du nombre à celle des longueurs.

Barnabé semble avoir progressivement abandonné la pensée magique pour aller au bout de son raisonnement et se justifier correctement.

Comme nous l'avons fait remarquer dans nos observations qualitatives, Barnabé, très dissipé en séance, a eu aussi beaucoup de mal à mentaliser le nombre et à généraliser, entraînant de ce fait, une très grande lenteur d'exécution dans les tâches qui lui étaient proposées. Nous en sommes venues à nous interroger sur les capacités attentionnelles de Barnabé. S'il ne faisait aucun doute qu'il présentait des difficultés d'engagement attentionnel, nous suspicions aussi un trouble attentionnel.

Cependant, nous ne pouvons préciser à quel niveau interagissent le trouble attentionnel et le trouble du raisonnement logique.

3. Irène

3.1. Compétences initiales

Au pré-test, les épreuves proposées à Irène ont permis de mettre en évidence : une compréhension orale située dans la norme, une correspondance terme à terme opératoire, ainsi qu'un retard d'acquisition de la conservation du nombre et des longueurs.

Irène réussit la tâche de correspondance terme à terme sans utiliser le comptage (« *Parce qu'ils ont chacun une carotte.* »), celle-ci est opératoire.

Concernant l'épreuve de conservation des quantités discontinues, Irène ne considère plus les carottes une fois disposées en tas (« *Parce qu'il y a que des lapins.* »). Ce changement de disposition induit chez elle une réponse perceptive : d'après elle, il ne reste que des lapins, ils sont donc plus nombreux. Elle utilise la rétroaction pour rétablir l'égalité quantitative (« *Leur en donner, leur redistribuer.* »).

Pour Irène, la quantité change donc bien lorsque la configuration spatiale des éléments est modifiée, caractéristique de la non-conservation des quantités discontinues.

Concernant l'épreuve de conservation des longueurs avec l'épreuve des baguettes, Irène reconnaît l'égalité de longueur lorsque celles-ci sont collées. Lorsqu'elles sont écartées, Irène conserve la longueur mais sa justification uniquement visuelle est insuffisante (« *Parce que ça se voit.* ») : la conservation de l'écart est en cours d'acquisition. Lorsqu'elles sont décalées, Irène ne conserve plus la longueur. En effet, elle est trompée par l'aspect visuel de la configuration des baguettes (« *Parce que déjà elles font pas la même taille !* »).

L'épreuve est alors arrêtée à cet item.

Pour Irène, la longueur change donc bien lorsque la configuration spatiale des éléments est modifiée, caractéristique de la non-conservation des longueurs.

3.2. Compétences en fin de remédiation

Tout comme pour Vanessa et Barnabé, Irène a poursuivi sa prise en charge orthophonique en parallèle à notre remédiation, ce qui nous invite à rester prudentes quant au bénéfice que nos rencontres lui ont apporté.

Nous avons observé l'évolution d'Irène de façon qualitative tout au long des séances effectuées, mais les épreuves que nous lui avons proposées au post-test ont pu confirmer notre ressenti.

Au post-test, Irène réussit, comme au pré-test, l'épreuve de correspondance terme à terme en se justifiant correctement. Notons qu'Irène utilise le comptage en début d'épreuve et se trompe dans son résultat, mais dans le fond sa justification est correcte. En effet, le fait qu'elle assimile le dernier nombre compté (même erroné, mais égal entre les deux collections) à la deuxième collection tout en reconnaissant l'égalité quantitative prouve que la correspondance terme à terme est toujours opératoire. Nous ne jugeons pas ici sa compétence en comptage, il ne s'agit que d'une stratégie de vérification. Cette erreur d'inattention ne perturbe pas la reconnaissance d'identité des deux collections pour Irène.

Au niveau de la conservation des quantités discontinues, le déplacement du tas de carottes ne modifie pas la quantité pour Irène qui se justifie correctement par un argument de compensation des relations réciproques (« *Les lapins ont juste rangé leurs carottes dans un coin, donc pareil.* »). Elle valide la conservation et résiste à la contre-suggestion par compensation des relations réciproques (« *Non, c'est pareil, c'est juste qu'elles sont dans un coin.* »).

La conservation des quantités discontinues est donc acquise.

Au niveau de la conservation des longueurs, les configurations spatiales différentes ne perturbent pas les jugements d'Irène. Elle maintient la conservation des longueurs avec des justifications correctes par compensation des relations réciproques (« *Ça se voit, c'est juste qu'elles sont écartées.* », « *Tu en as décalé une.* », « *Ça se voit, pareil, tu as fait un T.* ») et résiste à la contre-suggestion toujours par compensation des relations réciproques (« *Non, elle est juste poussée.* », « *Ils ont tort, elle est juste plus droite.* »).

La conservation des longueurs est acquise.

Les résultats d'Irène se sont donc normalisés pour les épreuves de la B-LM Cycle II.

Nous notons que les arguments présentés par Irène dans ses justifications, tant dans les épreuves de conservation des quantités discontinues que dans celles des longueurs, font essentiellement référence à des arguments par compensation des relations réciproques. Il est intéressant de constater qu'Irène a utilisé au cours de nos séances les trois types d'arguments présentés lors des tâches classiques de conservation du nombre, mais qu'elle n'utilise qu'un seul des trois pour ses justifications du post-test. Il s'agit d'un argument élaboré. Lorsque la conservation est stable, les enfants en viennent à utiliser les trois types d'arguments. Ainsi, nous pouvons être amenées à penser qu'Irène raisonne préférentiellement par réciprocité logique des transformations. Celle-ci avait été particulièrement mise en évidence lors de l'activité des ajouts et des retraits où Irène était très à l'aise. Nous avons pu complexifier la tâche, ce qui l'avait amusée.

De plus, il est intéressant de constater que cette remédiation menée avec Irène a permis de lui faire acquérir deux types de conservations (le nombre et les longueurs) en n'en ciblant qu'une seule au départ.

II. Validation des hypothèses

1. Hypothèses opérationnelles

1.1. Hypothèse 1

Nous avons émis l'hypothèse que notre remédiation permettrait, pour chaque enfant non-conservant bénéficiant de séances avec l'outil créé, l'acquisition de la structure logique de conservation du nombre, et de correspondre par là même aux capacités attendues pour son âge.

Pour Vanessa, Barnabé et Irène, la comparaison du pré-test et post-test permet de valider cette hypothèse. De plus, nous avons pu observer des résultats allant au-delà de cette hypothèse de départ, et cela pour deux raisons.

Premièrement, si tous les participants de l'étude ont pu acquérir la notion de conservation, il est intéressant de remarquer que l'un deux a acquis un niveau de conservation supérieur

au niveau attendu pour son âge. En effet, en maintenant la conservation malgré la contre-suggestion, Vanessa a atteint un niveau de conservation attendu pour les enfants âgés de plus de 101 mois. Or, il s'agit justement de l'âge de Vanessa lors de la passation des épreuves de conservation en bilan final.

Deuxièmement, tous les participants de l'étude ont acquis un autre type de conservation. En soumettant les enfants à l'épreuve de conservation des baguettes, nous voulions mettre en évidence leurs capacités de conservation au niveau des quantités continues, et non plus discontinues. Il semble que l'acquisition de la conservation au niveau du nombre, c'est-à-dire au niveau des quantités discrètes d'éléments, ou quantités discontinues, se soit généralisée aux quantités continues telles que les longueurs. Là encore, Vanessa obtient un score dans la norme supérieure, en conservant les longueurs malgré le décalage imposé entre deux baguettes.

1.2. Hypothèse 2

Nous avons aussi supposé que les trois enfants qui bénéficieraient de notre remédiation présenteraient des comportements cliniques inévitablement différents, c'est pourquoi, nous avons émis l'hypothèse que la progression serait différente pour chacun d'eux.

En effet, nous avons pu remarquer des conduites très différentes selon les enfants tout au long de notre remédiation. Cela a nécessité des adaptations de notre part tout aussi variées. Nous étions confrontées à la réalité clinique de la pratique orthophonique et cela a constitué pour nous une richesse indéniable.

Pour les trois enfants, la progression a donc été différente se répercutant-même sur la durée de la remédiation. Ainsi, avons-nous été amenées à rencontrer Barnabé sur plus de séances par exemple.

Cette expérimentation, particulière pour chacun des patients, a alors permis de jauger la souplesse et l'adaptabilité de notre outil, deux des caractéristiques sur lesquelles nous avons particulièrement insisté lors de son élaboration. Il nous a été possible de considérer chacun des enfants selon ses capacités propres tout en s'appuyant sur les données suggérées dans le livret de jeu que nous avons à disposition.

Ainsi, notre hypothèse est donc validée.

2. Hypothèse générale

Nous avons supposé qu'en nous appuyant sur les connaissances théoriques et cliniques actuelles concernant la structure logique de conservation du nombre, nous pourrions élaborer un outil qui, d'une part, permettrait la remédiation de cette structure logique chez des enfants pour qui elle ferait défaut, et qui pourrait répondre d'autre part, aux besoins des orthophonistes dans ce domaine.

Compte tenu de notre protocole expérimental et du nombre restreint de patients rencontrés et d'orthophonistes sollicités, nous devons rester prudents quant à la validation de cette hypothèse générale. Celle-ci s'appuie notamment sur des observations, elle est donc qualitative et subjective.

Au sujet de la première partie de cette hypothèse, nous l'avons validée au niveau opérationnel pour les trois sujets de l'étude. Cependant, pour généraliser et objectiver cette validation, il aurait été souhaitable de prendre en compte un plus grand nombre de participants avec des profils types contrôlés. Il aurait été judicieux d'envisager notre projet sous l'angle de l'étude systématique de type « groupe témoin » et « groupe bénéficiant de la remédiation ».

Au sujet de la deuxième partie de cette hypothèse, il s'agit de prendre du recul sur l'ensemble du travail effectué pour savoir si notre objectif initial de présenter un matériel ludique, souple et progressif a été finalement atteint.

D'abord, il a fallu inscrire notre matériel dans un cadre théorique précis en synthétisant les bases théoriques dédiées à ce domaine.

Ensuite, nous voulions affiner notre élaboration en l'inscrivant dans une démarche expérimentale clinique. Pour ce faire, nous avons rencontré trois enfants avec lesquels nous avons pu vérifier la souplesse de l'outil créé, caractéristique essentielle dans la pratique orthophonique (tant pour l'outil à utiliser, que pour la pratique même du thérapeute). Nous suggérons une trame narrative, une progression de séquences à travailler mais nous avons pris la liberté de l'utiliser de manière différente en fonction de chaque enfant.

Enfin, nous avons choisi de recueillir l'avis de professionnels. En effet, l'objectif était de savoir si celui-ci répondait bien aux attentes des orthophonistes, vu le manque de matériel dans ce domaine. Cette partie du protocole n'a pu être exploitée comme nous l'aurions souhaité, car nous n'avons proposé qu'un nombre restreint de jeux aux professionnels (six en tout) et n'avons recueilli que quatre avis.

Néanmoins, ces quelques avis favorables à notre démarche nous permettent d'enrichir notre réflexion sur le matériel créé.

Ainsi, nous pensons avoir atteint nos objectifs initiaux, tout en gardant à l'esprit que répondre au besoin des orthophonistes avec notre matériel actuel ne peut être à ce jour que partiel.

En ce sens, notre réflexion quant aux intérêts et limites de cette étude semble-t-elle primordiale dans la perspective de répondre le plus possible à leurs attentes.

III. Intérêts et limites du protocole expérimental

1. Pertinence de la méthode utilisée

Pour confronter notre outil à la pratique orthophonique, il nous a semblé judicieux de choisir comme protocole expérimental les études de cas longitudinales.

Mais si elles sont très intéressantes sur le plan de la pratique professionnelle au niveau qualitatif, elles n'ont cependant aucune valeur statistique. La variabilité inter-individuelle étant importante, ces études de cas ne peuvent de ce fait être généralisées.

En nous limitant à trois participants, nous devons donc rester prudents avant de tirer des conclusions d'ordre général sur le bénéfice de cette remédiation. Ainsi, nous regrettons de n'avoir pu expérimenter notre outil auprès d'un nombre plus important de sujets.

Les résultats recueillis ne sont alors valables que pour trois patients, à un instant précis de leur histoire, de leur pathologie et de leur prise en charge en cours.

2. Discussion à propos de la population

En premier lieu, les critères de sélection que nous avons préalablement établis n'ont pu être tous respectés. En effet, au niveau clinique, les troubles du raisonnement logique sont rarement isolés, puisque celui-ci est à la base de tous les apprentissages. Les patients présentent donc fréquemment des troubles associés, comme les troubles du langage écrit par exemple. C'était le cas dans notre étude pour Barnabé, Vanessa et Irène. Nous avons tout de même fait le choix de leur proposer notre expérimentation, car ce qui importait le plus était plutôt l'absence de score pathologique à l'E.CO.S.SE pour la compréhension de consignes orales. De plus, notre outil devait aussi se caractériser par sa souplesse d'utilisation, il semblait paradoxal de ne vouloir l'utiliser qu'auprès d'enfants présentant des troubles logiques isolés...

De même, le nombre restreint de participants à notre expérimentation ne nous a pas permis d'en extraire des comportements représentatifs. Néanmoins, travailler avec un nombre d'enfants réduit a présenté à nos yeux un intérêt capital : nous avons pu nous consacrer entièrement à chacun d'eux, au niveau de nos questionnements sur les adaptations à mettre en œuvre pour leurs prochaines séances ou au niveau de la relation que nous avons pu instaurer avec eux et les échanges réguliers avec leur orthophoniste.

3. Discussion à propos de l'encadrement

Nous notons que dans le cadre de notre étude, il aurait été intéressant de faire intervenir un orthophoniste expérimenté dans le domaine logico-mathématique : soit en menant nos remédiations à ses côtés, soit en l'observant utiliser notre outil auprès de ses patients. En effet, notre manque d'expérience dans ce domaine a certainement dû avoir une influence sur l'efficacité de nos interventions.

Car, « face aux erreurs ou aux échecs de l'enfant, le praticien ne montre pas, ne corrige pas » : cette ligne de conduite n'est, de prime abord, pas évidente à suivre. Il s'agit de pouvoir rester neutre face l'enfant, de pouvoir rebondir avec adresse sur ce qu'il nous dit sans trop l'orienter, c'est-à-dire, « se laisser diriger tout en dirigeant ». De cette manière, l'enfant trouve seul, « car restituer l'autonomie de la pensée, c'est d'abord ne pas répondre à la place du sujet pensant... » (Remond-Besuchet, 1992).

Cependant, même si l'intervention d'un orthophoniste expérimenté aurait été très enrichissante, gardons à l'esprit qu'en ayant proposé à chaque enfant le cadre privilégié de la relation duelle, nous avons pu ainsi nous confronter de plus près à la réalité de notre pratique future.

4. Discussion à propos de l'évaluation

Les épreuves de bilan, inspirées des travaux piagétien, suivent les principes de l'entretien clinico-critique. Mais, le manque d'expérience en la matière nous a certainement entraînées à commettre des maladresses. Il se peut que nous n'ayons pas toujours réagi de façon adéquate lors de la passation, notamment sur la neutralité que ces épreuves requièrent.

Notons aussi que les bilans du pré- et post-test contenaient les mêmes épreuves, nous devons alors nous interroger sur un éventuel phénomène d'apprentissage.

Par ailleurs, notre expérimentation s'est déroulée sur trois mois. Il s'agit d'une période relativement courte pour mettre en place une structure logique.

Un post-test à distance, au quatrième ou cinquième mois par exemple, aurait été intéressant. Cela nous aurait permis de vérifier la stabilité de l'acquisition de la conservation du nombre sur un plus long terme et d'éliminer, de ce fait, tout effet d'apprentissage.

5. Discussion à propos de notre prise en charge

5.1. Temps de remédiation

Nous avons rencontré les enfants, à raison d'une fois par semaine, sur 7 à 8 séances chacun. Même si nous avons pris soin de nous attarder sur les notions qui les mettaient particulièrement en difficulté, il nous semble qu'un temps plus long aurait été bénéfique pour consolider leurs acquis. Cependant, nous sommes conscientes de l'aspect rébarbatif des activités sous-jacentes à la conservation du nombre que nous avons sélectionnées dans notre outil et un enfant semblait aussi quelque peu soulagé de terminer le jeu.

5.2. Moment fixé dans la journée

Nos rencontres se sont faites à des moments différents de la journée, ce qui nous a paru jouer un rôle important dans l'efficacité de la remédiation. Nous avons ainsi vu Barnabé en toute fin d'après-midi à 18h30. Sa fatigabilité se faisait très vite sentir et nous avions besoin de le recentrer très souvent. En revanche, Vanessa et Irène ont été reçues en début et milieu d'après-midi. Celles-ci nous ont paru beaucoup plus disponibles et moins sensibles à la fatigabilité lors des activités proposées.

5.3. Maîtrise de la remédiation

L'approche piagétienne et les travaux expérimentaux ultérieurs qui ont été dans la continuité de cette démarche sont le point de départ de notre étude. En nous en inspirant pour construire notre outil, nous avons fait le choix de suivre la même démarche clinico-critique.

Le fait de ne pas avoir encore suivi de formation spécifique dans ce domaine, associé au manque d'expérience, a certainement contribué à fausser notre remédiation. Mais, si au départ nous ne nous sommes pas facilement appropriées la démarche de Piaget, nous nous sommes senties, au fil de notre remédiation, de plus en plus à l'aise dans ce type d'approche.

En effet, l'enjeu a été de rester neutre face aux interrogations des enfants et de ne pas induire leurs réponses et notre mode de pensée opératoire.

Pour chaque rencontre, nous avons enregistré et noté les réponses et le comportement des enfants. Nous avons alors synthétisé ces informations dans une grille pour prendre du recul et analyser chaque séance afin de préparer la suivante.

Ainsi, il s'agissait de nous adapter le plus possible aux capacités de chacun et de leur proposer une remédiation précise et adaptée.

IV. Intérêts et limites de l'outil créé

Suite à l'expérimentation du jeu « Conservons en musique », un certain recul a été nécessaire pour dégager non seulement les aspects positifs du matériel, mais aussi ses

limites. Les avis de professionnels que nous avons pu recueillir ont notamment permis de confirmer nos observations, et nous amener vers de nouvelles pistes de réflexion, pour penser le jeu de manière différente.

1. Point de vue ludique

Avant tout, nous souhaitons que notre outil réponde à quelques critères de jeu que nous avons évoqués. Nous le voulions attractif et ludique, adaptable et souple, progressif, manipulable.

Concernant le caractère attractif et ludique (le thème, l'esthétique, la trame narrative du jeu ainsi que le fait de pouvoir positionner l'enfant en tant que héros de l'histoire), nos ressentis ont été très positifs.

Les trois enfants ont apprécié l'univers du jeu, leur permettant, dès la première rencontre, de s'exprimer sur le monde de la musique et de se familiariser ainsi avec l'outil. En effet, qu'il soit musicien ou non, l'enfant est entouré de musique au quotidien. A l'heure actuelle, la musique est partout et ne se réduit pas aux lieux qui lui sont initialement dédiés. La publicité, les films, les supermarchés, les jeux vidéo... sont autant de moyens qui nous permettent de la rencontrer. Ainsi, Barnabé, choriste et amateur de jeux vidéo, y était particulièrement exposé. Irène, quant à elle, a fait le lien avec la danse qu'elle pratique avec plaisir et la musique qui est diffusée dans ses cours. Vanessa, enfin, faisait référence aux musiques de variété qu'elle et ses amies aiment écouter. Le thème de la magie a été tout aussi bien accueilli. Pour chacun, le fait de déjouer les tours a instauré une véritable dynamique dans le jeu.

L'esthétique du jeu a notamment été bien appréciée. Chacun des enfants avait en effet des personnages favoris. Ainsi, Vanessa prenait soin de retrouver à chaque séance les mêmes musiciens pour constituer son orchestre. Barnabé et Irène aimaient le changement et variaient leurs choix.

Le fait d'être héros de l'histoire leur a permis de les rendre acteurs du jeu. Dès le début du jeu, en choisissant leur carte « chef d'orchestre », les enfants se positionnaient dans un rôle de décideur et de manière autonome. Cela a été particulièrement intéressant à

développer avec Irène qui manquait, plus que les deux autres enfants, de confiance en elle. Le fait d'agir seule pour arriver à un but lui a permis de gagner en assurance.

Cependant, nous nous demandons si un jeu basé sur la dualité, en confrontant l'enfant à un autre joueur, n'aurait pas permis de rendre le jeu encore plus vivant et attrayant. L'enjeu de la victoire se serait sans doute fait plus sentir.

Les trois enfants ont été très intéressés par l'histoire, et ce, jusqu'au bout de la remédiation. En effet, en fin de séances, Vanessa aussi bien qu'Irène nous demandaient avec curiosité « *Et après je fais quoi ?* ». Quant à Barnabé, il était plus intéressé par l'enjeu de l'histoire que la trame narrative en elle-même. Il voulait à chaque fin de séance faire le point sur ses pièces de puzzle, celles qu'il pouvait assembler.

Il semblerait donc que nous ayons réussi à « *(ré) injecter le plaisir* », principe fondamental de toute remédiation selon C. Meljac (citée par Stroh & Morel, 2004).

Concernant l'adaptabilité et la souplesse, le fait de diviser le jeu en différentes séquences de travail, considérées comme des temps de « répétitions » dans le jeu, permettait de ne pas considérer le déroulement du jeu de manière complètement linéaire. Il nous a ainsi été possible d'intervertir des répétitions pour Vanessa. En effet, elle semblait se lasser des manipulations dans les activités de transformation des collections, nous lui avons alors proposé l'activité sur les cartes photos d'équivalence non linéaire. Nous avons ensuite repris les manipulations lorsque Vanessa semblait plus disponible. De même, les différentes consignes données à titre indicatif nous ont permis de proposer à Barnabé de refaire l'activité des manipulations dans les activités de transformations des collections sans nous répéter. Pour chacun des enfants, nous nous y sommes aussi référées pour étayer et moduler nos consignes lorsque cela était nécessaire.

Cependant, ce point a été soulevé par certaines orthophonistes. Le « trop plein » d'informations du livret n'était pas facile d'un point de vue pratique. Il faudrait ainsi penser un livret plus synthétique pour aider l'orthophoniste dans le déroulement du jeu.

Concernant le caractère progressif du jeu, nous avons choisi de suivre le déroulement décrit dans le livret pour les trois enfants. Pour une des orthophonistes sollicitées, certaines activités estimées plus difficiles dans le livret se sont avérées en réalité plus faciles. Pour une autre, le niveau d'une séquence était bien trop difficile pour son patient.

Nous pensons qu'il n'est pas possible à ce niveau d'établir un profil type de difficultés, adapté à chaque enfant. Ceci nous a confortées dans notre avis de départ sur le fait que notre livret propose une trame où la simplification et la complexification de consignes sont du ressort de l'orthophoniste. Il convient alors de passer davantage de temps sur une séquence avant d'avancer, pour travailler une notion précise jusqu'à son acquisition. Ou au contraire, il s'agit d'y passer moins de temps lorsque l'enfant y est à l'aise. Remarquons ainsi que la redondance ressentie par certaines orthophonistes dans le déroulement du jeu allait généralement de pair avec la difficulté rencontrée par leur patient dans la tâche proposée. Cependant, ces remarques nous amènent aussi à penser à la création de deux niveaux de difficultés bien distincts (facile et difficile) pour chaque activité afin d'orienter plus simplement l'orthophoniste.

Concernant sa manipulation, les enfants ont pu distribuer, échanger, transformer, déplacer des quantités par le biais de différentes cartes et supports de rangement. Les différentes manipulations leur ont permis d'expérimenter le réel pour arriver à raisonner et mentaliser le nombre. L'étape d'installation du plateau de jeu a été particulièrement propice aux échanges sur les étapes précédentes du jeu et sur ce qui allait se passer après. Mais le caractère répétitif de cette installation a été vécu de manière différente selon les enfants. Ainsi, Irène et Vanessa prenaient-elles spontanément les cartes pour les installer à l'envis, alors que Barnabé préférait les sélectionner et nous laisser les installer. Pour lui, cette étape semblait trop redondante. De la même manière, certaines orthophonistes ont apprécié les différentes manipulations proposées à l'enfant, alors que d'autres regrettaient la perte de temps et la redondance de ces étapes.

L'outil en lui-même a été conçu pour faciliter la manipulation (hauteurs des cartes, codes couleurs, dimensions des bacs et des couvercles...). Cependant certains détails ont attiré l'attention des orthophonistes et pourront être améliorés, tels que l'épaisseur des cartes et les coins anguleux notamment.

Ces critères de jeu nous ont alors permis de respecter les principes généraux, nécessaires dans toute prise en charge dans le domaine logico-mathématique.

2. Point de vue théorique

Le principal objectif de notre outil était de faire raisonner l'enfant sur les transformations de collections d'éléments. Le tester auprès des trois enfants nous a permis de nous interroger davantage sur les données théoriques que nous avons retenues pour son élaboration. Voici les principaux intérêts et les limites notables que nous avons pu remarquer.

Tout d'abord, nous avons considéré que la **pratique du comptage** permettrait de faciliter l'acquisition de la conservation des quantités discontinues.

Une activité de « conservation de la quotité » a alors été proposée aux enfants, pour s'assurer que le dernier nombre compté d'éléments d'une collection fait sens avec la quantité de ces mêmes éléments dans la collection. Barnabé et Vanessa ne conservaient pas la quotité. A un autre niveau, les premières activités de dénombrement nous ont permis de mettre en évidence les conduites scolaires « plaquées » d'Irène et les justifications numériques précipitées de Barnabé. Pour eux le comptage ne posait pas de réelle difficulté, mais une fois la consigne donnée, ils renonçaient au sens et considéraient qu'ils n'avaient pas besoin de comprendre.

Il semblait alors que la notion de quantité était en rupture avec le nombre. Nous rejoignons alors Stella Baruk qui évoque l'importance du sens que l'on donne au nombre et donc le sens que l'on donne aux mots (Baruk, 2003).

Nous avons donc pris le parti de faire le lien entre le nombre compté de la collection et la quantité d'éléments de cette même collection.

Si la conservation de la quotité a été rapide à mettre en place en proposant à nouveau l'activité avec d'autres types d'éléments, les activités de dénombrement, quant à elles, ont demandé plus de temps. Elles leur ont alors permis de raisonner sur la pratique du comptage, d'organiser des collections et de les comparer afin de comprendre son rôle, notamment dans la mise en évidence de l'égalité ou de l'inégalité entre deux collections. Il s'agissait alors bien d'effectuer une double correspondance : entre les mots-nombres et les objets comptés, et entre les derniers mots-nombres prononcés de chaque collection.

Ainsi, même si nous avons prévu de travailler autour du comptage, nous ne nous attendions pas à nous attarder de cette manière sur son sens en tant que processus de comparaison. De ce fait, nous pensons qu'il serait judicieux d'approfondir cette notion pour lui donner plus d'importance dans le jeu.

Ensuite, nous avons constaté une certaine redondance dans l'activité portant sur les **transformations conservantes**, qu'elles soient visibles ou masquées.

En effet, quelle que soit la consigne posée à l'enfant, la bonne réponse est toujours la même « *pareil, rien ne change* ». Nous pensons que le risque d'obtenir des fausses réussites s'en est trouvé accru. Pour pallier cette situation, nous suggérons une modification de l'activité : il serait probablement plus judicieux de proposer simultanément aux enfants de raisonner sur l'inégalité numérique (transformations non conservantes) et sur l'égalité numérique (transformations conservantes). Nous garderions cependant la composante visible dans un premier temps et la composante masquée dans un second temps.

Concernant le **masquage des collections**, il est intéressant de remarquer que cette modalité a été perçue de manière différente selon les enfants. Raisonner sur des transformations visibles a été plus simple que raisonner sur les transformations masquées pour un des enfants. Irène et Vanessa n'ont pas été perturbées par ce changement de modalité, preuve que la mentalisation des éléments manipulés et donc du nombre était effective. En revanche pour Barnabé, se détacher de l'aspect visuel des collections a été plus difficile. Ceci nous incite à penser que Barnabé jugeait préférentiellement les collections sur leurs seules configurations spatiales sans tenir compte réellement des transformations et de la réversibilité qu'elles imposaient. Or tout l'enjeu était à ce niveau. Cette transition a donc été particulièrement étayée avec Barnabé notamment avec l'utilisation de gestes. Il est intéressant de noter que cette adaptation est venue tout naturellement de Barnabé lui-même. Nous sommes allées dans son sens dans un premier temps pour lui proposer un estompage des gestes par la suite. Ainsi, il serait sûrement intéressant d'intégrer dans le livret cette modalité gestuelle en tant que possible adaptation.

Une autre remarque concerne **le versant linguistique**. Faire verbaliser l'enfant nous a permis de comprendre son niveau de raisonnement dans une autre dimension. En effet,

pour chacun des enfants, la notion d'évidence a été très bien exprimée lorsque la conservation ou la non-conservation des quantités discontinues était correctement reconnue. Ceci nous a permis de nous adapter rapidement en complexifiant les consignes et en augmentant par exemple le nombre d'éléments dans les collections. De même, s'ils ne semblaient pas s'en rendre compte, tous les enfants ont produit des justifications, gagnant en précision avec l'utilisation d'arguments de plus en plus variés par exemple.

Mais, si ce versant a été un bon indicateur de réussite, il a aussi permis de repérer quelques difficultés quant à la compréhension et à l'utilisation de certains quantificateurs même généraux (« tous », « autant », « le même nombre », « rien »...). Nous pensions faire émerger ces termes lors de l'activité « Description d'une collection statique », mais celle-ci n'a pas réussi à mettre en évidence les faiblesses lexicales logiques remarquées plus tard en cours de jeu car elle n'était pas assez dirigée. Nous avons proposé une activité supplémentaire en permettant à l'enfant de constituer lui-même des collections d'éléments. Il aurait été intéressant d'organiser l'activité de « Description d'une collection statique » sur plusieurs niveaux, comme :

- Mettre en évidence la conservation de l'identité en faisant raisonner l'enfant sur les transformations spatiales d'une seule collection ;
- Inclure la composante mnésique en proposant une activité de type « Kim », pour identifier ce qui est présent et ce qui ne l'est plus ;
- Permettre à l'enfant de poser des questions après qu'il a lui-même manipulé certains éléments.

Ces trois niveaux permettraient d'une part à l'enfant de verbaliser autrement qu'en se justifiant de manière presque automatique sur les jugements quantitatifs des collections, et d'autre part, d'aborder la réversibilité de manière différente, en permettant le raisonnement sur les transformations et leurs inverses.

Il faut notamment souligner que notre outil nous a permis **d'aller au-delà de nos objectifs premiers.**

En effet, le but de cette remédiation était avant tout de permettre aux enfants non-conservants d'acquérir les capacités attendues pour leur âge concernant la structure logique de conservation du nombre. Ainsi, selon le profil de la BLM cycle II, maintenir la conservation en réponse à une contre-suggestion n'est considérée acquise qu'à 101 mois,

soit 8 ans 4 mois. Or, Vanessa, la plus jeune de nos patients, bien qu'ayant tout juste 101 mois au post-test, a réussi à maintenir la conservation du nombre. Il semble ainsi qu'en travaillant la structure logique dans sa totalité, elle se soit construite aussi dans sa totalité. Jaulin-Mannoni insistait à ce sujet sur le fait que : « *C'est en travaillant la structure dans sa totalité que l'enfant s'appropriera naturellement ses différentes composantes* » (Jaulin-Mannoni, 1974).

De plus, chez tous les enfants, un autre type de conservation a pu se mettre en place, sans que nous ayons travaillé cette conservation spécifiquement : la conservation de la longueur. Ceci nous amène à réfléchir sur les liens possibles entre ces deux types de conservation. La conservation de la longueur est une forme particulière de la conservation des quantités physiques et spatiales qui concerne les longueurs. Ces deux conservations s'acquièrent à peu près au même moment, c'est-à-dire aux alentours de 7 ans (Dolle, 2005). L'enfant ne conservant pas le nombre est guidé par une stratégie perceptive « *longueur égale nombre* » (Piaget & Szeminska, 1991). Nous pouvons ainsi supposer qu'en raisonnant sur les transformations imposées à des quantités discontinues, l'enfant a pu généraliser le schème de conservation et l'appliquer aux longueurs.

Pour conclure, « Conservons en musique » remplit les objectifs que nous nous étions fixés initialement et nous avons mis en avant quelques-uns de ses intérêts. Toutefois, nous avons aussi vu qu'il présente inévitablement certaines limites qu'il sera alors nécessaire de retravailler.

V. Apports personnels et perspectives de recherche

D'un point de vue personnel, ce mémoire nous a été très profitable dans le sens où il nous a permis dans un premier temps, d'enrichir nos connaissances théoriques et dans un second temps, d'acquérir davantage d'expérience pratique dans le domaine logico-mathématique.

Elaborer un outil qui réponde à la fois aux exigences théoriques, matérielles et ludiques n'est pas chose facile. Il s'agissait d'user de créativité pour faire le lien entre la conception « théorique » et l'utilisation concrète de notre outil. Ce projet nous a sans cesse questionnées et remises en question, mais cela a permis un travail d'autant plus

enthousiasmant. C'est cette dynamique pragmatique que nous souhaitons adopter dans notre future pratique orthophonique.

En faisant le point sur cette année de recherche, notre étude nous a permis :

- D'élaborer un outil de prise en charge sur la base de nos connaissances théoriques ;
- D'évaluer les capacités d'un enfant à l'aide d'épreuves étalonnées et d'observations qualitatives ;
- De préparer et conduire des séances de rééducation avec cet enfant en prenant soin de nous adapter constamment à son évolution ;
- D'échanger régulièrement avec le professionnel qui le prenait parallèlement en charge.

Il s'agit en somme de ce que nous serons amenées à faire quotidiennement dans notre future pratique. En nous confrontant ainsi à la réalité clinique, ce mémoire de fin d'études aura-t-il été très formateur à ce niveau.

Nos recherches théoriques et nos observations pratiques ont suscité nombre de questionnements, constituant de possibles perspectives de recherches pour les étudiants s'intéressant, comme nous, au domaine logico-mathématique.

Les premiers prolongements de notre étude, dans le cadre d'études comparatives, pourraient être entre autre :

- L'étude des liens entre les troubles du raisonnement logico-mathématique et les troubles du langage écrit. A quel niveau la remédiation de l'un peut-il impacter les compétences de l'autre domaine ;
- L'étude des liens entre deux types de conservations, telles que la conservation des quantités discontinues et la conservation des longueurs ;
- L'étude précise des liens développementaux entre les compétences logiques et linguistiques dans la conservation du nombre...

Les autres perspectives de recherche seraient, bien sûr, de contribuer à la recherche clinique en créant d'autres outils de prise en charge, au vu des nombreux aspects qui restent encore à exploiter. Ainsi, nous pensons notamment à la mise en place des

opérations infra-logiques, et plus précisément les conservations spatiales, telles que celles des longueurs, des surfaces ou encore des volumes spatiaux.

En effet, l'enjeu resterait le même, à savoir, permettre de mettre en place une structure logique élémentaire au développement de l'intelligence chez l'enfant dans un cadre ludique.

CONCLUSION

Le trouble du raisonnement logico-mathématique constitue un obstacle majeur dans le développement de la pensée de l'enfant. Ce trouble est souvent mis en évidence à l'école, lorsque l'enfant entre dans les apprentissages. Ne pas conserver les quantités discontinues entrave la construction et l'utilisation du nombre et plus largement le développement intellectuel.

Nous avons constaté que les outils destinés à la prise en charge des troubles affectant les structures logiques sont encore peu nombreux, notamment en ce qui concerne la conservation des quantités discontinues.

Notre objectif était donc d'élaborer un support de prise en charge visant la mise en place de la conservation du nombre et qui réponde aux besoins des orthophonistes dans ce domaine.

Nos recherches théoriques sur la mise en place de cette structure logique, ainsi que sur son défaut d'acquisition et ses principes de prises en charge nous ont amenées à créer notre outil, « Conservons en musique ». Pour le confronter à la pratique clinique, nous l'avons expérimenté auprès de trois enfants non-conservants, présentant un retard d'acquisition significatif en conservation numérique.

Au vu des profils différents de ces trois enfants, nous avons été amenées à proposer des adaptations spécifiques pour chacun d'eux, reflétant très bien le quotidien de notre futur métier.

La comparaison des résultats du bilan initial et du bilan final a mis en évidence l'acquisition de la conservation du nombre ainsi que la conservation des longueurs pour chacun des enfants.

En procédant à cette remédiation, nous avons progressivement pu nous rendre compte des intérêts et des limites de notre outil. Nos premières observations ont été complétées par les avis des professionnels qui ont pu tester le jeu auprès de leurs patients. Leurs retours ont permis d'apporter des critiques précises quant à leur appropriation de ce nouvel outil.

Cela nous a permis de recueillir des éléments nouveaux faisant évoluer notre réflexion afin de penser le jeu différemment.

Les avis ont été plutôt positifs, nous avons été encouragées à continuer notre démarche de création en poursuivant nos réflexions quant aux modifications à apporter à notre outil.

BIBLIOGRAPHIE

1. A.P.A. (2003). *DSM-IV-TR, Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, texte révisé*. Masson.
2. Ansari, D., & Karmiloff-Smith, A. (2002, 6(12)). Atypical trajectories of number development: A neuroconstructivist perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, pp. 511-5517.
3. Bacquet, M., & Guéritte-Hess, B. (2007). *Le nombre et la numération*. Paris: ISOSCEL.
4. Bacquet, M., (2006). *Les maths sans problème*. Mesnil sur l' Estrée: Calmann Lévy
5. Badian, N. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. Dans H. Myklebust, *Progress in learning disabilities (vol.5)* (pp. 235-364). New-York: Stratton.
6. Badian, N. (1999, 49). Persistent arithmetic, reading, or arithmetic and reading disability. *Annals of dyslexia*, pp. 45-70.
7. Baroody, A. (1991). Procédures et principes de comptage: leur développement avant l'école. Dans J. Bideaud, C. Meljac, & J. Fischer, *Les chemins du nombre* (pp. 133-158). Lille: Presse Universitaire de Lille.
8. Barrouillet, P., & Camos, V. (2003). Savoirs et savoir-faire arithmétiques et leurs déficiences Les sciences cognitives et l'école. La question des apprentissages. Dans M. Kail , & M. Fayol, *Les sciences cognitives et l'école. La question des apprentissages* (pp. 307-351). Paris : Presses Unitaires de France.
9. Barrouillet, P., & Camos, V. (2006). *La cognition mathématique chez l'enfant*. Marseille: Solal.
10. Baruk, S. (2003). *Comptes pour petits et grands*: Editions Magnard.
11. Bastien, R. (mai 2003). L'acquisition du nombre chez l'enfant. *Les revues pédagogiques de la mission laïque française*, N°50.
12. Beijin. (1965). Learning and operational convergence in logical thought development. *Journal of Experimental Psychology*, 1, 653-660.
13. Bergson. (1966). *L'évolution créatrice*. Paris: Les Presses Universitaires de France.
14. Bideaud, J., & Houdé, O. (1991). *Cognition et développement*. Berne: Peter Lang.
15. Bideaud, J., & Jablonka, P. (1980). *Conservation des quantités discontinues. Etude de l'évolution d'acquisitions spontanées et d'acquisitions provoquées chez des enfants de 4 à 5 ans*. Paris: Document du laboratoire de Psychologie Génétique de Paris V.
16. Bideaud, J., Lehalle, H., & Vilette, B. (2004). *La conquête du nombre et ses chemins chez l'enfant*. Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.
17. Boule, F. (1985). *La construction des nombres*. Paris: Armand Collin.
18. Brainerd, C., & Allen, T. (1971, 82). Experimental inductions of the conservation of "first ordered quantitative invariants. *Psychological Bulletin*, pp. 725-737.
19. Brin-Henry, F., Couturier, C., Lederle, C., & Masy, V. (2004). *Dictionnaire d'Orthophonie*. Isbergues: Ortho édition.
20. Brissiaud, R. (2003). *Comment les enfants apprennent à calculer : le rôle du langage, des représentations figurées et du calcul dans la conceptualisation des nombres*. Paris: Retz.
21. Bruner, J. (1990). *Car la culture donne forme à l'esprit, De la révolution cognitive à la psychologie culturelle*. Paris: Eshel.
22. Butler, L., Shulman, V., Restaino-Baumann, L., & Butler, L. (1985). *The Future of Piagetian Theory: The Neo-Piagetians*. New-York: Plenum Press.
23. Calvarin, S. (2003). Jeux et exercices de rééducation logique. *Glossa*, 83, 34-41.
24. Campolini, C., Timmermans, A., & Vansteelandt, A. (2002). *Dictionnaire de logopédie, la construction du nombre*. Peeters.
25. Chain, G. (2006). *Difficultés de construction de la numération chez les enfants avec ou sans troubles associés et création d'un jeu*. Nantes: mémoire d'orthophonie.
26. Chalon-Blanc, A. (1997). *Une conception originale de l'intelligence, Introduction à Jean Piaget*. Paris: L'Harmattan.
27. Chalon-Blanc, A. (2005). *Inventer, compter et classer*. Paris: Armand Colin.

-
28. Clarks, C., Pritchard, V., & Woodward, L. (2010). Preschool executive functioning abilities early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 1176-1191.
 29. Dehaene, S., Molko, N., & Wilson, A. (2004, octobre n°379). Neurosciences: dyscalculie, le sens perdu des nombres; compter sur les doigts, une étape nécessaire. *La Recherche*, pp. 42-49.
 30. Deleau, M. (2006). *Psychologie du développement*. Essai (Broché).
 31. Demetriou, A. (1988). *The neo-piagetian theories of cognitive development: Toward an integration*. Amsterdam: North-Holland.
 32. Demetriou, A., & Raftopoulos, A. (2005, janvier n° 10). Cognitive developmental change, theories, models and measurement. *Cambridge Studies in Cognitive and Perceptual Development*.
 33. Dolle, J.-M. (2005). *Pour comprendre Jean Piaget*. Paris: Dunod (3^e édition).
 34. Dolle, J.-M., & Bellano, D. (1989). *Ces enfants qui n'apprennent pas: diagnostic et remédiations*. Paris: Le Centurion.
 35. Expertise collective Inserm. (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données scientifiques*. Paris: Les éditions INSERM.
 36. Fayol, M. (1990). La conservation et ses problèmes. In M. Fayol, L'enfant et le nombre. Dans M. Fayol, *L'enfant et le nombre: du comptage à la résolution de problèmes* (pp. 77-103). Neufchâtel : Delachaux et Niestlé.
 37. Flavell, J. (1985). *Cognitive Development*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
 38. Fournier, J.-Y. (1999). *A l'école de l'intelligence, Comprendre pour apprendre*. ESF éditeur.
 39. Fournier, M., & Lécuyer, R. (2006). *L'intelligence de l'enfant. Le regard des psychologues*. Editions Sciences Humaines.
 40. Fuson, K., & Kwon, Y. (1991). Systèmes de mots-nombres et autres outils culturels : effets sur les premiers calculs de l'enfant. Dans J. Bideaud, C. Meljac, & J.-P. Fischer, *Les chemins du nombre* (pp. 351-374). Lille: Presses Universitaires de Lille.
 41. Fuson, K., Lyons, G., Pergament, G., Hall, J., & Kwon, Y. (1988). Effects of collection terms on class-inclusion and number tasks. *Cognitive Psychology*, 20, 96-120.
 42. Gallistel, C., & Gelman, R. (1991). Subitizing: the preverbal counting process. Dans W. Kessen, A. Ortony, & F. Craik, *Memories thoughts and emotions: Essays in honor of George Mandler* (pp. 65-81). Hillsdale(NJ): LEA.
 43. Garcez, P. (1969). Les notions de conservation et de transitivité du poids, leur moment d'apparition et leur apprentissage. *Enfance*, Tome 22 n°1-2, 103-117.
 44. Gardner, H. (1997). *Les formes de l'intelligence*. Editions Odile Jacob.
 45. Gelman, R. (1972). The nature of development of early number concepts. Dans H. Reese, *Advance in Child Development and Behavior* (pp. 115-167). New-York: Academic Press.
 46. Gelman, R. (1982). Accessing one-to-one correspondance: still another paper about conservation. *British Journal of Psychology*, 73, 209-220.
 47. Gelman, R. (1983). Les bébés et le calcul. *La Recherche*, 14, 1382-1389.
 48. Goleman, D. (1998). *Working with Emotional Intelligence*. New-York: Bantam Books.
 49. Golse, B. (2008). *Le développement affectif et intellectuel de l'enfant*. Paris: Masson (4^e édition).
 50. Graindorge, C., & Bydlowski, S. (2007, vol 132, n°37 160). Naissance et développement de la vie psychique. *EMC Psychiatrie*, pp. 1-11.
 51. Gréco, P. (1959). L'apprentissage dans une situation à structure opératoire concrète. Dans J. Piaget, *Apprentissage et connaissance (Etudes d'Epistémologie Génétique, vol. VII)* (pp. 68-182). Paris: Presses Universitaires de France.
 52. Gréco, P. (1962). Quantité et quotité. Dans P. Gréco, & A. Morf, *Structures numériques élémentaires (Etudes d'épistémologie Génétique, vol. 13)* (pp. 1-70). Paris: Presses Universitaires de France.
 53. Grégoire, J. (2005). Evaluer les troubles du calcul. Dans C. Van Hout, C. Meljac, & J. Fischer, *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 331-351). Paris: Masson (2nd ed.).
 54. Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. (1996, 38(1)). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Dev Med Child Neurol*, pp. 25-33.
-

-
55. Guéritte-Hess, B., Causse-Mergui, I., & Romier, M.-C. (2005). *Les maths à toutes les sauces*. Paris: Le Pommier.
 56. Guidetti, M. (2002). *Les étapes du développement psychologique*. Paris: Armand Colin.
 57. Halford, & Fullerton. (1977). A discrimination task with induces conservation of number. *Child development*, 41, 205-213.
 58. Halford, G. (1982). *The development of thought*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
 59. Hooper, F. (1992). Piaget's conservation tasks: the logical and developmetal priority of identity conservation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 8, 234-249.
 60. Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition: Un nouveau cadre d'analyse*. Paris: Presses Universitaires de France.
 61. Houdé, O. (1996). Comment les nombres viennent aux humains ? *Revue de psychologie*, 15-23.
 62. Houdé, O. (2004). *Le Développement de l'enfant*. Puf, coll. « Que sais-je ? ».
 63. Houdé, O. (2011). *La psychologie de l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
 64. Ifrah, G. (1994). *Histoire universelle des chiffres : l'intelligence des hommes racontée par les nombres et le calcul*. Paris : Robert Laffont.
 65. Inhelder , B., Sinclair, H., & Bovet, M. (1974). *Apprentissage et structure de la connaissance*. Paris: Presses Universitaires de France.
 66. Inhelder, B. (1963). *Le diagnostic du raisonnement chez les débiles mentaux*. Delachaux et Niestlé.
 67. Jaulin-Mannoni, F. (1974). *La rééducation du raisonnement mathématique*. Paris: Les Editions Sociales Françaises.
 68. Jaulin-Mannoni, F. (1999). *La sirène et le dragon*. Les Ponts de Cé: L'Harmattan.
 69. Larousse. (2005). *Le petit Larousse illustré*. Larousse.
 70. Laval, V. (2007). *La psychologie du développement : modèles et méthodes*. Paris: Cursus psychologie, 3^e édition.
 71. Lecoq, P. (1996). *E.CO.S.SE: une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique*. Presses Universitaires du Septentrion.
 72. Legendre-Bergeron, M. (1998). *Lexique de la psychologie du développement de Jean Piaget*. Chicoutimi, Québec: Gaëtan Morin Editions.
 73. Leone, J.-P. (2000). Reflexions on working memory: Are the two models complementary ? *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. LXXVII.
 74. Lewis, C., Hitch, G., & Walker, P. (1994, 35(2)). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific difficulties in 9-to 10-year old boyes and girls. *Journal Of Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, pp. 283-392.
 75. Lindsay, Tomazic, Levine, Accardo, & al. (2001, 22(5)). Attentional function as measured by continuous performane ask in children with dyscalculia. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, pp. 287-292.
 76. Littré. (2007). *Le Dictionnaire de référence de la langue française* . Collectif Garnier.
 77. Markman, E. (1979). Classes and collections: conceptual organization and numerical abilities. *Cognitive Psychology*, 11, 395-411.
 78. Mayer, J., Salovey, P., & Caruso, D. (2000). Models of emotional intelligence. Dans R. Sternberg, *The handbook of intelligence* (pp. 396-420). New-York: Cambridge University Press.
 79. Mazeau, M. (1999, 199). Aspects cliniques des dyscalculies chez l'enfant. *Rééducation orthophonique*, pp. 113-129.
 80. Melher, J., & Dupoux, E. (1990). *Naître humain*. Editions Odile Jacob.
 81. Meljac, C. (2004). Le développement numérique et ses troubles, perspective historique. Dans C. Billard, & M. Touzin, *Troubles spécifiques des apprentissages, l'état des connaissances: livret calcul n°7* (pp. 24-28). Paris: Signes Editions.
 82. Meljac, C., & Charron, C. (2002). Une approche constructiviste des remédiations dans le domaine numérique. Dans J. Bideaud, & H. Lehalle, *Le développement des activités numériques* (pp. 293-316). Paris: Hermes.
-

-
83. Meljac, C., & Lemmel, G. (1999). *Manuel de l'UDN II - construction et utilisation du nombre*. Les Editions du centre de Psychologie Appliquée.
 84. Métral, E. (2008). *B-LM Cycle II : Manuel d'utilisation*. Chavanod: Edition du Grizzly.
 85. Michelot, A. (1966). *La notion de zéro chez l'enfant*. Vrin.
 86. Murray, F. (1972). Acquisition of through social interaction. *Developmental Psychology*, I, 1-6.
 87. O.M.S. (1983). *Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes*. CIM-10.
 88. Pascual-Leone, J. (1976). On learning and development, Piagetian style: I. A reply to Lefebvre-Pinard. *Canadian Psychological Review*, 17, 270-288.
 89. Peisach, E. (1973). Relationship between knowledge and use of dimensional language and achievement of conservation. *Developmental Psychology*, 9, 189-197.
 90. Perraudeau, M. (2006). *Les stratégies d'apprentissage : comment accompagner les élèves dans l'appropriation des savoirs*. Paris: Armand Colin.
 91. Pesenti, M., & Rousselle, L. (2005). Les procédures de quantification chez l'enfant. Dans A. Van Hout, C. Meljac, & J.-P. Fisher, *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*. Paris: Masson (2ème édition).
 92. Pesenti, M., & Seron, X. (2000). *Neuropsychologie des troubles du calcul et du traitement des nombres*. Marseille: SOLAL.
 93. Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel, Paris: Delachaux et Niestlé.
 94. Piaget, J. (1963). Signification et fonction symbolique. Dans J. Piaget, & P. Fraisse, *Traité de psychologie expérimentale (tome 7)* (pp. 74-75). Paris: Presses Universitaires de France.
 95. Piaget, J. (1967a). *Logique et connaissance scientifique*. Gallimard, la Pléiade.
 96. Piaget, J. (1967b). *Psychologie de l'intelligence*. Paris: Armand Colin.
 97. Piaget, J. (1968). *Le structuralisme*. Paris: Presses Universitaires de France.
 98. Piaget, J. (1972). *Problèmes de psychologie génétique*. Paris: Denoël-Gonthier.
 99. Piaget, J. (1976). *La formation du symbole chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
 100. Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Paris: Presses universitaires de France.
 101. Piaget, J., & Inhelder, B. (1963). Les opérations intellectuelles et leur développement. Dans P. Fraisse, & J. Piaget, *Traité de Psychologie expérimentale* (pp. chap. XXIV, tome VII). Paris: Presses Universitaires de France.
 102. Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *La psychologie de l'enfant*. Paris: Presses Universitaires.
 103. Piaget, J., & Inhelder, B. (1990). *La genèse des structure logiques élémentaires*. Yverdon: Delachaux et Niestlé.
 104. Piaget, J., & Szeminska, A. (1991). *La genèse du nombre chez l'enfant (7th ed.)*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (7^e édition).
 105. Piaget, J., Sinclair, H., & Vinh-Bang. (1968). *Epistémologie et psychologie de l'identité*. Paris: Presses Universitaires de France.
 106. Remond-Besuchet, C. (1992). La pensée logico-mathématique troublée : indications de rééducation. *Entretiens d'Orthophonie*, 181-186.
 107. Richard, J.-F. (1982). Mémoire et résolution de problèmes. *Revue française de pédagogie*, vol. 60 N°1, 9-17.
 108. Robert, L. G. (2001). *Le Grand Robert de la langue française*. Paris: Le Robert.
 109. Roditi, E. (2005). L'éducation face aux théories de la construction du nombre chez les enfants. *Spirale-revue de recherches en éducation*, n°36.
 110. Rosenthal, T., & Zimmerman, B. (1972). Modeling by exemplification and instruction in training conservation. *Development Psychology*, 3, 392-401.
 111. Siegel, L. (1974). The development of number concepts: ordering and correspondance operations and the rule of length cues. *Developmental Psychology*, 10, 907-912.
 112. Siegler, R. (2000). *Enfant et Raisonnement. Le développement cognitif de l'enfant*. De Boeck (3e éd).
 113. Sinclair, H. (1967). *Acquisition du langage et développement de la pensée*. Paris: Dunod.
-

-
114. Sophian, C. (1991). Le nombre et sa genèse avant l'école primaire : comment s'en inspirer pour enseigner les mathématiques ? Dans J. Bideaud, C. Mejac, & J.-P. Fischer, *Les chemins d'ombre* (pp. 35-58). Lille: Presses Universitaires de Lille.
 115. Stroh, M., & Morel, L. (2004). Les rééducations des dyscalculies et des troubles logicomathématiques. Dans T. Rousseau, *Les approches thérapeutiques en orthophonie* (pp. 121-159). Isbergues: Ortho Edition.
 116. Trick, L., & Pylyshyn, Z. (1993). What enumeration studies can show us about spatial attention: Evidence for limited capacity preattentive processing . *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19 (2), 331-351.
 117. Trick, L., & Pylyshyn, Z. (1994). Why are small and large numbers enumerated differently? A limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological Review*, 101, 80-102.
 118. Tricot, A. (1999). *L'intelligence en débat*. La Nouvelle Revue de l'AIS.
 119. Universalis. (1992). *Encyclopaedia Universalis tome 12*. Encyclopaedia Universalis S.A.
 120. Vallié, H. (2005, Octobre N° 164). L'intelligence de l'enfant : les théories actuelles In l'enfant et ses intelligences. *Sciences Humaines*.
 121. Van Hout , A., Meljac, C., & Fisher, J.-P. (2005). *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*. Paris: Masson (2ème édition).
 122. Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, C., & Noël, M. (2001). *Test Diagnostique des Apprentissages de base en Mathématiques*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
 123. Vilette, B. (1996). *Le développement de la qualification chez l'enfant, comparer, transformer et conserver*. Presses Universitaires Du Septentrion.
 124. Vygotski, L. (1997). *Pensée et langage*. Paris: La dispute.
 125. Wallach, L., & Sprott, R. (1964). Inducing number conservation in children. *Child development*, 35, 1051-1071.
 126. Watson, J. (1972). *Le behaviorisme*. CEPL.
 127. Winer, G. (1968, 39). Induced set and acquisition of number conservation. *Child development*, pp. 195-205.
 128. Wohlwill, J. (1959). Un essai d'apprentissage dans le domaine de la conservation du nombre. Dans J. Piaget, *L'apprentissage des structures logiques* (pp. 125-135). Paris: Presses Universitaires de France.
 129. Wynn, K. (1996). Infants' individuation and enumeration of actions. *Psychological Science*, 7, 164-16.
 130. Xu, F., & Spelke, E. (2000). *Large number discrimination in 6-months-old infants*. Centurion (B1, B11).

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Table des figures

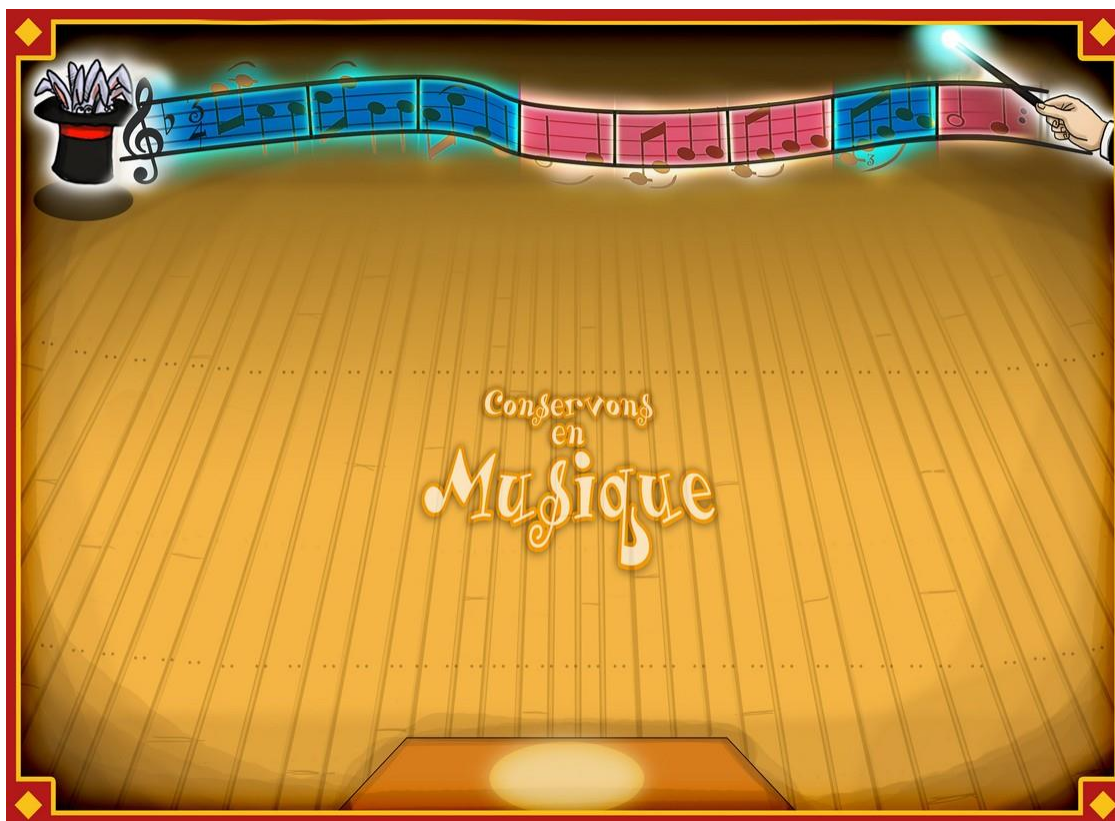
Figure 1: Principaux éléments du jeu.....	91
Figure 2: Installation type du plateau de jeu.....	91
Figure 3: Cartes.....	95
Figure 4: Espaces ouverts et espaces fermés.....	97
Figure 5: Bacs de rangement.....	98
Figure 6: Espaces fermés.....	99
Figure 7: Eléments annexes.....	100
Figure 8: Epreuve de conservation des quantités discontinues - BLM cycle II (a. disposition initiale des éléments, b. mise en correspondance terme à terme "lapins" et "carottes", c. déplacement des "carottes").....	120
Figure 9: Epreuve de conservation des longueurs - BLM cycle II, a. baguettes collées, b. baguettes écartées, c. baguettes décalées, d. baguettes en T.....	122

Table des tableaux

Tableau 1: Epreuve piagétienne de conservation du nombre.....	54
Tableau 2: 8 séquences du jeu.....	94
Tableau 3: Résultats de Vanessa à l'épreuve de correspondance terme à terme du pré-test.....	125
Tableau 4: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du pré-test.....	126
Tableau 5: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des longueurs du pré-test.....	126
Tableau 6: Synthèse des séances avec Vanessa.....	132
Tableau 7: Résultats de Vanessa à l'épreuve de correspondance terme à terme du post-test.....	132
Tableau 8: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du post-test.....	133
Tableau 9: Résultats de Vanessa à l'épreuve de conservation des longueurs du post-test.....	134
Tableau 10: Résultats de Barnabé à l'épreuve de correspondance terme à terme du pré-test.....	135
Tableau 11: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du pré-test.....	135
Tableau 12: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des longueurs du pré-test.....	136
Tableau 13: Synthèse des séances avec Barnabé.....	142
Tableau 14: Résultats de Barnabé à l'épreuve de correspondance terme à terme du post-test.....	143
Tableau 15: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du post-test.....	143
Tableau 16: Résultats de Barnabé à l'épreuve de conservation des longueurs du post-test.....	144
Tableau 17: Résultats d'Irène à l'épreuve de correspondance terme à terme du pré-test.....	145
Tableau 18: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du pré-test.....	146
Tableau 19: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des longueurs du pré-test.....	147
Tableau 20: Synthèse des séances avec Irène.....	152
Tableau 21: Résultats d'Irène à l'épreuve de correspondance terme à terme du post-test.....	153
Tableau 22: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des quantités discontinues du post-test.....	153
Tableau 23: Résultats d'Irène à l'épreuve de conservation des longueurs du post-test.....	154

ANNEXES

ANNEXE A : PRESENTATION DU JEU

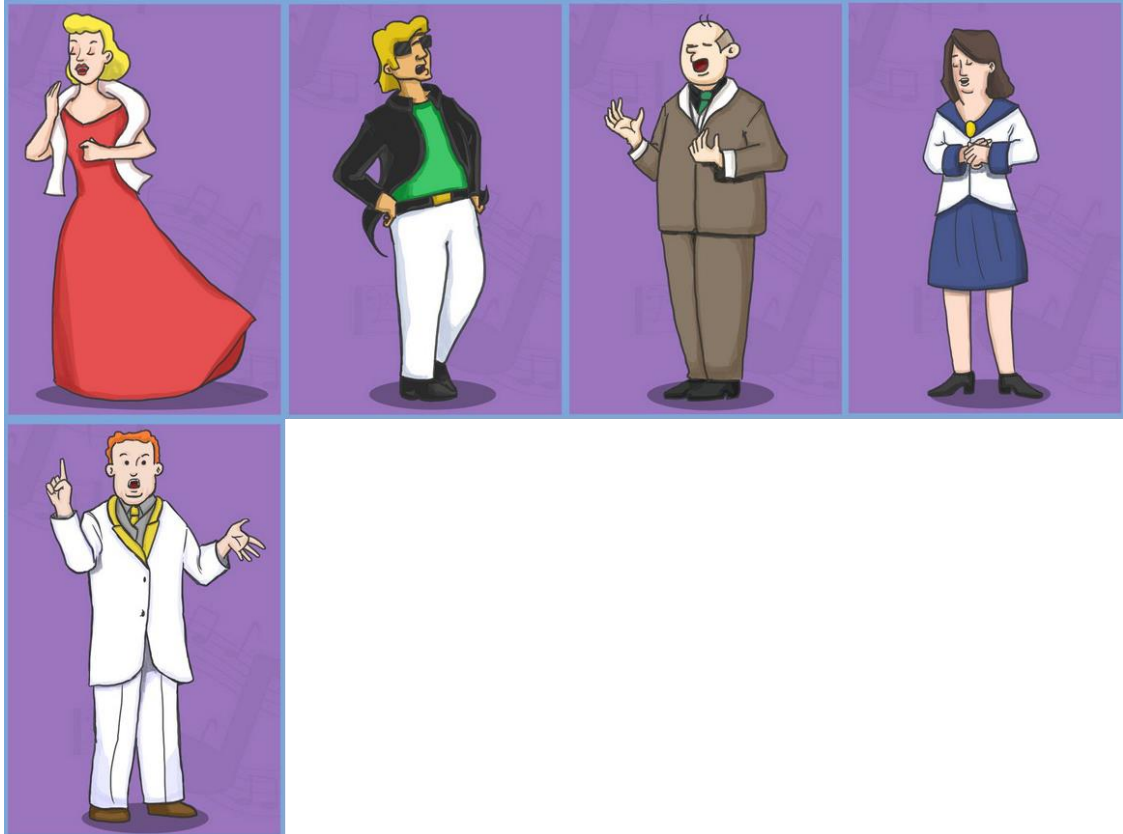


Plateau de jeu





Cartes « musicien bleu » et « musicien rose »



Cartes « chanteur »



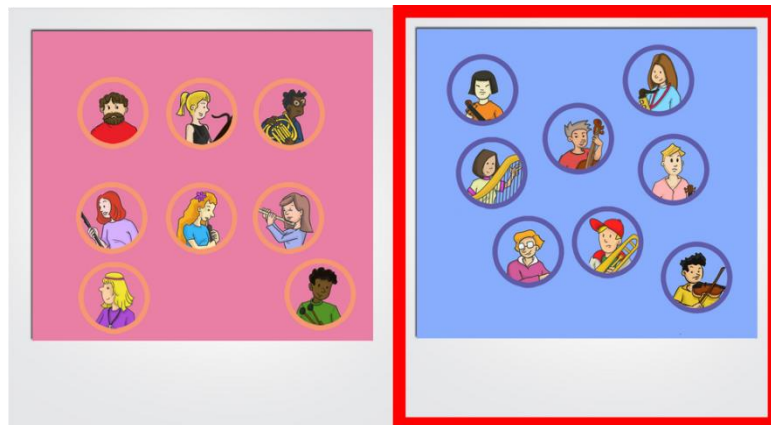
Cartes « chef d'orchestre » et carte « directeur artistique »



Carte « chaise » (recto / verso)



Petits cartons recto « partition blanche », « partition rose », « partition bleue », « pupitre », « crayon » / verso



Cartes « photo de l'album » : « carte d'entraînement rose », « carte cible bleue »



« Affiche du concert » / puzzle



« Article de journal »

ANNEXE B : LETTRE AUX PARENTS

Odile Givelet

84 boulevard du président Wilson
33 000 Bordeaux
od.givelet@gmail.com

Bordeaux, le 5 février 2013

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de mon mémoire d'orthophonie, j'élabore un outil de rééducation logico-mathématique avec ma directrice de mémoire, madame Tiphaine Guilon-Le Goff.

Le jeu s'appelle « Conservons en musique ». Il a été conçu pour permettre un travail sur la notion de conservation numérique chez les enfants de plus de 8 ans.

Je sollicite votre accord pour faire participer votre enfant à cette étude. Il s'agira de compléter sa prise en charge actuelle en lui proposant de travailler sur ce nouveau support.

Je propose de rencontrer votre enfant sur plusieurs séances, afin d'évaluer son niveau actuel, de travailler avec le support de rééducation et de répondre au post-test.

La participation anonyme de votre enfant sera jointe au mémoire sans retouche.

Dans un souci de précision dans le recueil des données, je souhaite enregistrer nos échanges (support audio uniquement).

Vous remerciant vous et votre enfant pour votre participation à ce projet, je vous prie d'agréer mes sincères salutations.

Odile Givelet
Etudiante en 4^{ème} année d'orthophonie

ANNEXE C : LETTRES AUX ORTHOPHONISTES

Odile Givelet

84 boulevard du président Wilson
33 000 Bordeaux
od.givelet@gmail.com

Bordeaux, le 5 février 2013

Madame,

Dans le cadre de mon mémoire d'orthophonie, j'élabore un outil de prise en charge logico-mathématique. Vous allez ainsi avoir en votre possession le jeu « Conservons en musique ». Il vise à participer à la mise en place de la structure logique de conservation numérique chez les enfants de plus de 8 ans.

Il s'agit d'un jeu de plateau où l'enfant est héros de l'histoire (chef d'un orchestre) et l'orthophoniste est « maître du jeu » (1^{er} violon). Guidée par le livret de jeu, l'orthophoniste a alors la possibilité de suivre le déroulement du jeu, de questionner et aiguiller l'enfant dans les différentes situations de jeu proposées.

Ainsi, je vous propose de prendre connaissance du matériel et de l'utiliser si vous en avez la possibilité afin d'en recueillir vos impressions. Ce retour me permettra de juger de la pertinence du jeu et de le modifier si besoin. Un tableau à remplir est donc joint à ce courrier.

Votre témoignage anonyme, sera joint au mémoire sans aucune retouche.

Vous remerciant par avance pour le temps que vous consacrez à cette étude, je vous prie d'agréer, Madame, mes sincères salutations.

Odile Givelet
Etudiante en 4^{ème} année, école d'orthophonie de Bordeaux

ANNEXE D : PROFILS LOGICO-MATHEMATIQUES

Annexe D.1 : Vanessa

âge en mois	CLASSIFICATION				COMBINATOIRE			SERIATION			CONSERVATIONS			UTILISATION NB DENOMBREMENT									
	classification jetons	classification cartes	combinatoire jetons	combinatoire vêtements	seriation baguettes	seriation ronds	inclusion fleurs	conservation lapins	conservation baguettes	utilisation nb garçons	cons. just. conservation	cons. décalage conservation	2g 3g parap. cons.	24 correct									
99-101	isole 3c.	isole 1c.	fixe 1c.	nb correct	5 ds. correctes	4 ronds corr.	2 nv. incl. err.	cons. just. conservation	cons. décalage conservation	2g 3g parap. cons.	24 correct												
96-98	isole 2 critères	isole 2 critères	strat. émerg.	éq. fil. corr.	5 ds. correctes	4 ronds corr.	1 nv. inclusion	justification	conservation	chap. cpte parap. cpte													
93-95	isole 2 critères	isole 2 critères	numérotés	nb. égal. énoncé n'écrit pas	4 ds. correctes	3 ronds corrects	1 nv. inclusion	identité collections en t. à t.	conservation	chap. cpte parap. cpte													
87-89	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	nb. égal. énoncé n'écrit pas	3 ds. correctes	3 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
84-86	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
81-83	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
78-80	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
75-77	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
72-74	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
69-71	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
66-68	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
63-65	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
60-62	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 ds. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	collections en t. à t.	conservation	chap. ncp. parap. cpte													
classes	numération	lecture nb	dictée nb	sens opérations	techniques op.	pb schématisés	pb énoncés	Légende :		UTILISATION NB DENOMBREMENT													
CM2	numération	lecture nb	dictée nb	sens opérations	techniques op.	pb schématisés	pb énoncés	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: green; border: 1px solid black;"></div> Acquis </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></div> En cours d'acquisition </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> Non acquis </div>		NOM		PRENOM		ÂGE		CLASSE		DATE		Vanessa		95 mois	
CE2	numération	lecture nb	dictée nb	sens opérations	techniques op.	pb schématisés	pb énoncés			CE2		novembre 2012											

Annexe D.2 : Barnabé

âge en mois	CLASSIFICATION		COMBINATOIRE				SERIATION		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NB DENOMBREMENT GOMMETTES
	classification jetons	classification cartes	combinatoire jetons	combinatoire vêtements	sériation baguettes	sériation ronds	inclusion fleurs	conservation lapins	conservation baguettes	utilisation nb garçons	dénombrement gomme		
99-101	isole 3c.	isole 3c.	five 1c.	nb correct	5 dés, correctes	4 ronds corr.	2 nv. incl. err.	cons. just. conservation	cons. décalage conservation	2g 3b parap. cons.	24 correct		
96-98	isole 2 critères	isole 2 critères	strat. émerg. incomplet	écr. fig. corr.	5 dés, correctes	4 ronds corr.	1 nv. inclusion	cons. sans justification	conservation	chap. cpte parap. cpte			
93-95	isole 2 critères	isole 2 critères	isole 1 critère	écr. fig. err.	4 dés, correctes	3 ronds corrects	aucune inclusion	identifié collections en t. à t.					
90-92	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	nb oral énoncé n'écrit pas	3 dés, correctes	2 ronds corrects		collections en t. à t.	conservation écart		7 et 8 corrects		
87-89	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects		non identifié collections en t. à t.		chap. ncp. parap. cpte			
84-86	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects			non cons. écart	part. sans cpter	5 et 6 corrects		
81-83	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
78-80	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
75-77	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
72-74	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
69-71	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
66-68	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
63-65	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							
60-62	isole 1 critère	isole 1 critère	appariement simple	ne sait pas	2 dés, corr.	2 ronds corrects							

classes	TRANSCODAGES		OPERATIONS		PROBLEMES	
	lecture nb	dictée nb	sens opérations	techniques op.	pb schématisés	pb énoncés
CM2	nombres décimaux			problèmes à étapes	problèmes à étapes	
CM1	nombres de 7 chiffres et plus	nombres de 7 chiffres et plus	division	division	division	division
CE2	nombres de 4 à 6 chiffres	nombres de 4 à 6 chiffres	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication
CE1	nombres à 3 chiffres	nombres à 3 chiffres	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction
CP	nombres à 2 chiffres	nombres à 2 chiffres	addition	addition	addition	addition
GSM	chiffres 0 à 9	chiffres 0 à 9				

Légende :	
	Acquis
	En cours d'acquisition
	Non acquis

NOM	Barnabé
PRENOM	Barnabé
ÂGE	138 mois
CLASSE	CM2
DATE	octobre 2012

Annexe D.3 : Irène

âge en mois	classification jasons		classification cartes		combinatoire jetons		combinatoire vêtements		sériation baguettes		sériation ronds		inclusion fleurs		conservation lapins		conservation baguettes		conservation nb garçons		utilisation nb dénombrement gommettes	
	classification jasons	classification cartes	combinatoire jetons	combinatoire vêtements	sériation baguettes	sériation ronds	inclusion fleurs	conservation lapins	conservation baguettes	conservation nb garçons	utilisation nb dénombrement gommettes	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
99-101	isole 3c.	isole 2 critères	fixe 1c. strat. émerg. incomplet	nb correct écr. fig. corr. écr. fig. err.	5 dés. correctes	4 ronds corr.	2 niv. incl. err.	cons. just. conservation sans justification identité collections en t. à t.	cons. décalage conservation	2g 3b parap. cons.	24 correct	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
96-98	isole 2 critères	isole 1 critère	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	4 dés. correctes	3 ronds corrects	1 niv. inclusion	conservation sans justification identité collections en t. à t.	conservation décalage	chap. cpte parap. cpte		CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
93-95	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	3 dés. correctes	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	conservation écart	chap. mcp. parap. cpte	7 et 8 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
87-89	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
84-86	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
81-83	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
78-80	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
75-77	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
72-74	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
69-71	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
66-68	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
63-65	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
60-62	isole 1 critère	classe selon 2 critères	nb oral énoncé n'écrit pas	ne salt pas	2 dés. corr.	2 ronds corrects	aucune inclusion	non identité collections en t. à t.	non cons. écart	part sans cpte	5 et 6 corrects	CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
NUMERATION		TRANSCODAGES		OPERATIONS		PROBLEMES		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT		CONSERVATIONS		INCLUSION		CONSERVATIONS		UTILISATION NBDENOMBREMENT				
CM2	nombres décimaux						problèmes à étapes					problèmes à étapes										
CM1	millions	nombres de 7 chiffres et plus	nombres de 7 chiffres et plus	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	division	
CE2	milliers	nombres de 4 à 6 chiffres	nombres de 4 à 6 chiffres	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	multiplication	
CE1	centaine	nombres à 3 chiffres	nombres à 3 chiffres	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	soustraction	
CP	dzaine	nombres à 2 chiffres	nombres à 2 chiffres	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	addition	
GSM	appariement nb u. / jetons	chiffres 0 à 9	chiffres 0 à 9																			
classes	NUMERATION	lecture nb	dictée nb	sens opérations	techniques op.	pb schématisés	pb énoncés															
		NOM	PRENOM	ÂGE	CLASSE	DATE																
			Irène	101	CM1	septembre 2012																

Légende :
 Acquis
 En cours d'acquisition
 Non acquis

NOM	
PRENOM	Irène
ÂGE	101 mois
CLASSE	CM1
DATE	septembre 2012

ANNEXE E : FICHE D'OBSERVATION

- ✓ Date d'obtention de votre Certificat de capacité d'orthophoniste :
- ✓ Avez-vous suivi une formation spécifique en rééducation logico-mathématique ? Si oui, merci d'en préciser l'organisme formateur et la durée.
- ✓ Depuis combien de temps prenez-vous en charge des patients avec des difficultés logico-mathématiques ?
- ✓ Au niveau hebdomadaire, quel est le nombre de vos prises en charge dans ce type de pathologie ?

Toutes vos remarques sont les bienvenues. Voici un tableau que vous pouvez compléter à votre convenance.

Intérêt du matériel	
Prise en main et jouabilité	
Attrait, aspect esthétique	
Thème du jeu	
Livret de jeu : présentation, clarté des remarques, des consignes, des objectifs et des compétences visées	
Progression théorique proposée, ordre des étapes du jeu, niveau de difficulté	
Points forts	
Limites	
Remarques et appréciations globales du matériel	
Remarques sur une étape du jeu en particulier	
Adaptabilité à la réalité clinique	
Suggestions d'amélioration	

MERCI !

ANNEXE F : PRE-TESTS

Annexe F.1 : Vanessa

I32	Ils sont en train de sauter par dessus le mur		2					
I41	L'éléphant les porte	1						
J12	Les chats regardent la balle		2					
J21	Le garçon se tient debout sur les chaises	1						
J33	Les garçons cueillent les pommes			3				
J43	La fille laisse tomber les tasses			3				
K11	La boîte est rouge mais pas la chaise	1						
K24	Le chat est grand mais pas noir				4			
K32	Le cheval est debout mais pas le garçon		2					
K42	Le garçon est assis mais ne mange pas		2					
L14	Elle est assise sur la chaise			3	1			X
L21	La dame le porte	1						
L33	Il est assis dans l'arbre			3				
L44	Le cheval la regarde				4			
M11	Ni le chien ni la balle ne sont marron	1						
M24	Le crayon n'est ni long ni rouge				4			
M32	Ni le garçon ni le cheval ne courent		2					
M42	Le garçon n'a ni chapeau ni chaussures		2					
N11	La tasse est devant la boîte	1						
N21	Le crayon est derrière la boîte	1						
N32	Le cercle est dans l'étoile		2					
N44	Le couteau est sur la chaussure				4			
O14	Le crayon est au-dessus de la fleur		2		1			X
O23	Le peigne est en-dessous de la cuiller			3				
O34	L'étoile est au-dessus du cercle				4			
O43	Le carré est sous l'étoile			3				
P12	Le crayon qui est sur le livre est jaune		2					
P22	La fille poursuit le chien qui saute	1	1					X
P33	Le carré qui est dans l'étoile est bleu			2	4			X
P41	Le chien poursuit le cheval qui se retourne	1						
Q14	Le couteau est plus long que le crayon				4			
Q21	La tasse est moins grande que la boîte	1						
Q34	La chaussure est la plus petite				4			
Q41	La pomme est la moins grande	1						
R11	La fille est poursuivie par le cheval	1						
R22	Le camion est poussé par le garçon		2					
R33	Le cheval est poursuivi par l'homme			3				
R42	Le landau est poussé par le monsieur		1					
S14	Le garçon poursuivant le cheval est gros				4			X
S21	Le crayon sur la chaussure est bleu	1						
S32	La vache poursuivant le chat est marron		2					
S43	Le cercle dans l'étoile est jaune			3				
T13	La pomme que mange le garçon est verte			3				
T21	La vache que le chien poursuit est marron	1						
T34	Le garçon mange les pommes que la fille cueille				4			
T42	Le monsieur regarde la vache que poursuit le chat		2					
U12	La fille pousse la chaise, pourtant elle est petite		2					X
U23	Le garçon regarde l'éléphant, parce qu'il est gros			2	4			X
U34	Le garçon ne voit pas le monsieur bien qu'il porte des lunettes		2		1			X
U44	Le monsieur appelle le chien, car il court				4			
V12	Le chien a fait tomber la deuxième quille		2					
V21	La fille a fait tomber la troisième tasse	1		3				X
V32	La dame est assise sur la dernière chaise bleue		2					
V43	Quelqu'un montre le troisième crayon bleu			3				
W13	Le livre sur lequel est posé le crayon est rouge			3				
W21	Le chat dont les yeux sont verts regarde la dame	1						
W34	Le cercle dans lequel il y a une étoile est rouge			3	1			X
W42	Le cheval poursuit un chien dont la queue est longue		2					
SEXE <input checked="" type="radio"/> M Code NOM								
PROFESSION PARENTS		CSP 1 2 3 4 5 6 7 8 Chôm						
DATE NAISSANCE		AGE EN MOIS 98 mois						
CLASSE CE2		LIEU						
ERR. Dénom								
ERR Désig.								
TOTAL ERREURS ECOS 9		Tot. Réponses Correctes 81						

Annexe F.2 : Barnabé

I32	Ils sont en train de sauter par dessus le mur		2						
I41	L'éléphant les porte	1							
J12	Les chats regardent la balle		2						
J21	Le garçon se tient debout sur les chaises	1							
J33	Les garçons cueillent les pommes			3					
J43	La fille laisse tomber les tasses			3					
K11	La boîte est rouge mais pas la chaise	1							
K24	Le chat est grand mais pas noir					4			
K32	Le cheval est debout mais pas le garçon		2						X
K42	Le garçon est assis mais ne mange pas		2						
L14	Elle est assise sur la chaise					4			
L21	La dame le porte	1							
L33	Il est assis dans l'arbre			3					
L44	Le cheval la regarde					4			
M11	Ni le chien ni la balle ne sont marron	1							
M24	Le crayon n'est ni long ni rouge					4			
M32	Ni le garçon ni le cheval ne courent		2						
M42	Le garçon n'a ni chapeau ni chaussures		2						
N11	La tasse est devant la boîte	1							
N21	Le crayon est derrière la boîte	1							
N32	Le cercle est dans l'étoile		2						
N44	Le couteau est sur la chaussure					4			
O14	Le crayon est au-dessus de la fleur					4			
O23	Le peigne est en-dessous de la cuiller			3					
O34	L'étoile est au-dessus du cercle					4			
O43	Le carré est sous l'étoile			3					
P12	Le crayon qui est sur le livre est jaune		2						
P22	La fille poursuit le chien qui saute		2						
P33	Le carré qui est dans l'étoile est bleu			3					
P41	Le chien poursuit le cheval qui se retourne	1							
Q14	Le couteau est plus long que le crayon					4			
Q21	La tasse est moins grande que la boîte	1							
Q34	La chaussure est la plus petite					4			
Q41	La pomme est la moins grande	1							
R11	La fille est poursuivie par le cheval	1							
R22	Le camion est poussé par le garçon		2						
R33	Le cheval est poursuivi par l'homme			3					
R42	Le landau est poussé par le monsieur		2						
S14	Le garçon poursuivant le cheval est gros					4			
S21	Le crayon sur la chaussure est bleu	1							
S32	La vache poursuivant le chat est marron		2						
S43	Le cercle dans l'étoile est jaune			3					
T13	La pomme que mange le garçon est verte			3					
T21	La vache que le chien poursuit est marron	1							
T34	Le garçon mange les pommes que la fille cueille					4			
T42	Le monsieur regarde la vache que poursuit le chat		2		3				X
U12	La fille pousse la chaise, pourtant elle est petite		2						
U23	Le garçon regarde l'éléphant, parce qu'il est gros			3					
U34	Le garçon ne voit pas le monsieur bien qu'il porte des lunettes					4			
U44	Le monsieur appelle le chien, car il court					4			
V12	Le chien a fait tomber la deuxième quille		2		3				X
V21	La fille a fait tomber la troisième tasse	1							
V32	La dame est assise sur la dernière chaise bleue		2						
V43	Quelqu'un montre le troisième crayon bleu			3					
W13	Le livre sur lequel est posé le crayon est rouge			3					
W21	Le chat dont les yeux sont verts regarde la dame	1							
W34	Le cercle dans lequel il y a une étoile est rouge					4			
W42	Le cheval poursuit un chien dont la queue est longue		2						
SEXE F (M) Code NOM									
PROFESSION PARENTS CSP 1 2 3 4 5 6 7 8 Chôm									
DATE NAISSANCE AGE EN MOIS 142 mois									
CLASSE C M2 LIEU									
ERR. Dénom									
ERR Désig.									
TOTAL ERREURS ECOS 3 Tot. Réponses Correctes 87									

Annexe F.3 : Irène

I32	Ils sont en train de sauter par dessus le mur		2						
I41	L'éléphant les porte	1							
J12	Les chats regardent la balle		2						
J21	Le garçon se tient debout sur les chaises	1							
J33	Les garçons cueillent les pommes			3	4				X
J43	La fille laisse tomber les tasses			3					
K11	La boîte est rouge mais pas la chaise	1							
K24	Le chat est grand mais pas noir				4				
K32	Le cheval est debout mais pas le garçon		2						
K42	Le garçon est assis mais ne mange pas		2						
L14	Elle est assise sur la chaise				4				
L21	La dame le porte	1	2						X
L33	Il est assis dans l'arbre			3					
L44	Le cheval la regarde				4				
M11	Ni le chien ni la balle ne sont marron	1							
M24	Le crayon n'est ni long ni rouge				4				
M32	Ni le garçon ni le cheval ne courent		2						
M42	Le garçon n'a ni chapeau ni chaussures		2						
N11	La tasse est devant la boîte	4							
N21	Le crayon est derrière la boîte	1							
N32	Le cercle est dans l'étoile		2						
N44	Le couteau est sur la chaussure				4				
O14	Le crayon est au-dessus de la fleur				4				
O23	Le peigne est en-dessous de la cuiller			3					
O34	L'étoile est au-dessus du cercle				4				
O43	Le carré est sous l'étoile			3					
P12	Le crayon qui est sur le livre est jaune		2						
P22	La fille poursuit le chien qui saute		2						
P33	Le carré qui est dans l'étoile est bleu			3					
P41	Le chien poursuit le cheval qui se retourne	1							
Q14	Le couteau est plus long que le crayon				4				
Q21	La tasse est moins grande que la boîte	1							
Q34	La chaussure est la plus petite				4				
Q41	La pomme est la moins grande	1							
R11	La fille est poursuivie par le cheval	1							
R22	Le camion est poussé par le garçon		2						
R33	Le cheval est poursuivi par l'homme			3					
R42	Le landau est poussé par le monsieur		2						
S14	Le garçon poursuivant le cheval est gros				4				
S21	Le crayon sur la chaussure est bleu	1							
S32	La vache poursuivant le chat est marron		2						
S43	Le cercle dans l'étoile est jaune			3					
T13	La pomme que mange le garçon est verte			3					
T21	La vache que le chien poursuit est marron	1			4				X
T34	Le garçon mange les pommes que la fille cueille				4				
T42	Le monsieur regarde la vache que poursuit le chat		2						
U12	La fille pousse la chaise, pourtant elle est petite		2						
U23	Le garçon regarde l'éléphant, parce qu'il est gros			3					
U34	Le garçon ne voit pas le monsieur bien qu'il porte des lunettes			3	4				X
U44	Le monsieur appelle le chien, car il court				4				
V12	Le chien a fait tomber la deuxième quille		2	3					X
V21	La fille a fait tomber la troisième tasse	1							
V32	La dame est assise sur la dernière chaise bleue		2						
V43	Quelqu'un montre le troisième crayon bleu			3					
W13	Le livre sur lequel est posé le crayon est rouge		2	3					X
W21	Le chat dont les yeux sont verts regarde la dame	1							
W34	Le cercle dans lequel il y a une étoile est rouge		2		4				X
W42	Le cheval poursuit un chien dont la queue est longue		2						
SEXE (F) M Code NOM									
PROFESSION PARENTS									
CSP 1 2 3 4 5 6 7 8 Chôm									
DATE NAISSANCE									
AGE EN MOIS 106									
CLASSE C14									
LIEU									
ERR. Dénom 0									
ERR Désig.									
TOTAL ERREURS ECOS 7									
Tot. Réponses Correctes 83									

ANNEXE G : ACTIVITE DE DENOMBREMENT

Annexe G.1 : Vanessa

Annexe 1

1) Feuille de présence

FICHE DE PRESENCE

Nom de l'orchestre : Les musiciens

Nom du chef :

Date : Lundi Mardi 2 avril

1. Dessine la rangée bleue et la rangée rose avec le bon nombre de chaises (tu peux faire des ronds).

2. Donne le bon nombre. Dans la salle de répétition :

Chaises : 9

Instruments : 11

Accessoires (partitions, pupitres, crayons) : 25

Musiciens : 11 et des chanteurs (2)

3. Sur cette photo, il y a beaucoup de personnes.

- Combien y a-t-il de musiciens avec un instrument ? $16 + 11 = 27$
- Combien y a-t-il de musiciens sans instrument ? 11
- Entoure tous les personnages que tu as placés dans la salle de répétition et qui sont présents sur cette photo. Combien en trouves-tu ? 27
- Y a-t-il plus de filles ou plus de garçons sur cette photo ?

11 fille 13 garçon

4. Remplis le tableau

3 pupitres	
25 personnes en tout	
4 pupitres	
10 crayons	
5 crayons	
Il y a 8 partitions en tout	
1 chef d'orchestre	
4 chanteurs	
Il faut 12 pupitres	

5. Chaque musicien doit avoir 1 pupitre, 1 crayon, 1 partition pour bien travailler. Dessine ce qu'il faut pour 1 musicien :

Dans la salle de répétition, y a-t-il ce qu'il faut pour chaque musicien ?

Il faut une chaise et puis un pupitre et un crayon et une partition et un musicien.

Ecris ce qu'il faut en plus ou en moins ?

6. -, + ou = ?

Dans la salle de répétition :

- Il y a $10 + 11$ de pupitres que de partitions.
- Il y a 9 de crayons et de pupitres.
- Il y a 9 de chaises et de musiciens avec un instrument.
- Il y a 2 de chanteurs que de musiciens avec un instrument.
- Il y a 25 de chaises que de partitions.
- Il y a 11 de musiciens roses que de musiciens bleus.



Annexe G.2 : Barnabé


Annexe 1

1) Feuille de présence

FICHE DE PRESENCE

Nom de l'orchestre : *Musimagicien*
Nom du chef :
Date : *26/03/2013 à 20h*

1. Dessine la rangée bleue et la rangée rose avec le bon nombre de chaises (tu peux faire des ronds).



2. Donne le bon nombre. Dans la salle de répétition :










Chaises : ~~12~~ *9*
Instruments : *12*
Accessoires (partitions, pupitres, crayons) : *11 rose et 24 et 2 rose le beau d'éc*
Musiciens : *12*

3. Sur cette photo, il y a beaucoup de personnes.

- Combien y a-t-il de musiciens avec un instrument ? *13*
- Combien y a-t-il de musiciens sans instrument ? *10*
- Entoure tous les personnages que tu as placés dans la salle de répétition et qui sont présents sur cette photo. Combien en trouves-tu ?
- Y a-t-il plus de filles ou plus de garçons sur cette photo ? *12*


#1

4. Remplis le tableau

3 pupitres	
<i>5 musicien</i>	
4 pupitres	
<i>10 crayon</i>	
5 crayons	
<i>8 BOOK</i>	
1 chef d'orchestre	
4 chanteurs	
<i>12</i>	

#2

5. Chaque musicien doit avoir 1 pupitre, 1 crayon, 1 partition pour bien travailler. Dessine ce qu'il faut pour 1 musicien :



Dans la salle de répétition, y a-t-il ce qu'il faut pour chaque musicien ? *NON*

4 pupitres 6 partitions 7 crayons 4 chaises


Ecris ce qu'il faut en plus ou en moins ? *8*

6. -, + ou = ?

Dans la salle de répétition :

- Il y a *plus* de pupitres que de partitions.
- Il y a *plus* de crayons et de pupitres.
- Il y a *plus* de chaises et de musiciens avec un instrument.
- Il y a *plus* de chanteurs que de musiciens avec un instrument.
- Il y a *plus* de chaises que de partitions.
- Il y a *plus* de musiciens roses que de musiciens bleus.

#3



11 filles
13 garçons

ANNEXE H : AVIS DES ORTHOPHONISTES

Annexe H.1 : Avis n°1

- ✓ Date d'obtention de votre Certificat de capacité d'orthophoniste : 2006
- ✓ Avez-vous suivi une formation spécifique en rééducation logico-mathématique ?
Si oui, merci d'en préciser l'organisme formateur et la durée : Rééducation logico-mathématique - Evoludys - 14 jours sur deux à trois ans
- ✓ Depuis combien de temps prenez-vous en charge des patients avec des difficultés logico-mathématiques ? depuis 5ans
- ✓ Au niveau hebdomadaire, quel est le nombre de vos prises en charge dans ce type de pathologie ? 5

Intérêt du matériel	Amener le patient à devenir conservant en utilisant un autre support que celui proposé en formation. Pouvoir retravailler certaines notions avec un patient sans réutiliser les mêmes supports.
Prise en main et jouabilité	Prise en main aisée et pratique (rangement, place...) Seul bémol: les petits éléments plastifiés parfois difficiles à attraper (pas seulement pour les enfants!)
Attrait, aspect esthétique	Les dessins, couleurs, matières sont splendides et très attrayants. Ils ont beaucoup plu à mon patient. Pour l'ortho aussi c'est très agréable de travailler avec du beau matériel.
Thème du jeu	Le thème est original et intéressant, celui de la magie a particulièrement plu à mon patient.
Livret de jeu : présentation, clarté des remarques, des consignes, des objectifs et des compétences visées	Il est très complet et détaillé... peut-être un peu trop à mon goût. Je m'y suis un peu perdue. Ce niveau de détail, ces explications de chacune des étapes par écrit, rendent une utilisation directe, sans expérimentation préalable fort difficile.
Progression théorique proposée, ordre des étapes du jeu, niveau de difficulté	La progression théorique me semble tenir compte de la chronologie des étapes de construction de la conservation. La progression "manipulation vers code" est bien respectée. Le niveau de difficulté me semble peut-être un peu réduit.
Points forts	Esthétique, Adaptabilité, Originalité, multiples étapes, précision, patient mis en activité (vs passivité)
Limites	Prise en main nécessitant selon moi une démonstration. Niveau de difficulté peut-être un peu trop restreint.
Remarques et appréciations globales du matériel	C'est un matériel qui me semble avoir toute sa place dans la pratique orthophonique en logico-mathématiques. Le patient est très actif dans ce jeu.
Remarques sur une étape du jeu en particulier	Je trouve l'étape de l'annexe à remplir par le patient très intéressante: elle permet un passage au code progressif, j'ai remarqué que beaucoup de choses se mettaient en place chez mon patient alors avec une confrontation de ses hypothèses à la réalité.

Adaptabilité à la réalité clinique	La réalisation du jeu m'a semblé assez assez longue, comme beaucoup d'activités logico-mathématiques. Il était parfois un peu difficile de reprendre après une semaine (où en étions-nous, quel matériel? quelle histoire?)
Suggestions d'amélioration	Clarifier, simplifier le livret de jeu. Pourquoi ne pas proposer une démonstration concrète (pratique ou vidéo) afin de ne garder dans le livret que les grands repères et consignes?

Annexe H.2 : Avis n°2

- ✓ Date d'obtention de votre Certificat de capacité d'orthophoniste : 1975
- ✓ Avez-vous suivi une formation spécifique en rééducation logico-mathématique ? Si oui, merci d'en préciser l'organisme formateur et la durée : Avec le GEPALM : j'ai fait pratiquement toutes les formations et les stages en école. Je ne peux dire exactement la durée (5-6 ans peut-être?)
- ✓ Depuis combien de temps prenez-vous en charge des patients avec des difficultés logico-mathématiques ? Depuis une bonne dizaine d'années
- ✓ Au niveau hebdomadaire, quel est le nombre de vos prises en charge dans ce type de pathologie ? environ 10 prises en charge par semaine

Intérêt du matériel	Matériel agréable, dont le thème est innovant. Les images sont gaies et tiennent compte des filles et des garçons ! Le vocabulaire des instruments est intéressant. Le rangement est bien étudié.
Prise en main et jouabilité	Les règles sont un peu lourdes car il faut tout le temps se référer au manuel.
Attrait, aspect esthétique	Attrait, aspect esthétique Le jeu est attrayant car il permet de manipuler les images et de se déplacer dans la pièce.
Thème du jeu	Le thème est intéressant car peu de jeux ont pour thème la musique.
Livret de jeu : présentation, clarté des remarques, des consignes, des objectifs et des compétences visées	Le livret est trop fouillé dans les consignes et cela laisse peu de place à la réflexion du patient car les réponses sont corrigées ou données. Dans le travail logico-math. C'est l'enfant qui doit trouver la solution ! Ainsi il peut se l'approprier.
Progression théorique proposée, ordre des étapes du jeu, niveau de difficulté	La progression est trop planifiée et les exercices qui se suivent se ressemblent souvent trop ce qui permet à l'enfant de faire une généralisation d'une réponse sans qu'il y ait pour autant la compréhension de ce qui est induit. La question « y-a-t-il le même nombre ? » est répétitive.
Points forts	Jeu avec un bon potentiel qu'il faudrait développer en débordant même de la notion de conservation.

Limites	Trop compliqué à manipuler car il faut tout le temps lire les consignes alors que le moment de la réponse est très court. La préparation est fastidieuse quand on débute dans le jeu. Mon patient s'est lassé très vite de toutes les manipulations à faire : le jeu n'était peut-être pas adapté à son âge (il a 9 ans !) Il serait bon de tester ce jeu avec des enfants plus jeunes.
Remarques et appréciations globales du matériel	Le jeu en lui-même est très plaisant et très bien présenté.
Remarques sur une étape du jeu en particulier	
Adaptabilité à la réalité clinique	Adaptabilité à la réalité clinique Jeu qui peut faire émerger la conservation si on laisse plus de latitude au patient.
Suggestions d'amélioration	Suggestions d'amélioration Il faudrait qu'il puisse lui aussi poser des questions après qu'il ait lui-même manipulé certains éléments.

Annexe H.3 : Avis n°3

- ✓ Date d'obtention de votre Certificat de capacité d'orthophoniste : 2006
- ✓ Avez-vous suivi une formation spécifique en rééducation logico-mathématique ? Si oui, merci d'en préciser l'organisme formateur et la durée : Oui, en 2006-2007, à Lyon, avec Cogi-Act
- ✓ Depuis combien de temps prenez-vous en charge des patients avec des difficultés logico-mathématiques ? 6 ans
- ✓ Au niveau hebdomadaire, quel est le nombre de vos prises en charge dans ce type de pathologie ? Cela dépend, ça peut aller de 1 à 10 par semaine

Intérêt du matériel	J'ai aimé la richesse du lexique, même s'il ne me semble pas adapté à tous les âges, et parfois difficilement accessible à certains milieux socio-culturels ; qu'importe, c'est toujours enrichissant !.
Prise en main et jouabilité	Prise en main et jouabilité A mon sens, il y a trop de cartes. La procédure est intéressante, mais la manipulation des cartes est parfois laborieuse : coûteuse en temps pour des enfants qui passent vite d'une étape à l'autre ; complexe pour ceux qui ont plus de difficultés. J'ai eu également des difficultés à gérer l'espace de jeu parfois
Attrait, aspect esthétique	Très beau matériel, très riche
Thème du jeu	Voir précédemment sur le lexique

Livret de jeu : présentation, clarté des remarques, des consignes, des objectifs et des compétences visées	des compétences visées Attention à certaines consignes qui induisent parfois le comptage « combien ?/ le même nombre/le bon nombre », que l'enfant n'aurait pas forcément fait spontanément.
Progression théorique proposée, ordre des étapes du jeu, niveau de difficulté	Intéressant, même si, lorsqu'on passe très vite d'une étape à l'autre, cela demande beaucoup de manipulations.
Points forts	Personnellement, j'ai beaucoup apprécié la procédure, le livret d'explications est très clair pour cela.
Limites	Limites Les limites sont liées au matériel. Pour permettre à l'enfant de construire sa pensée, il me semble plus approprié qu'il construise le jeu avec son orthophoniste. La construction permet un temps de latence dans la réflexion qui manque dans ce jeu.
Remarques et appréciations globales du matériel	
Remarques sur une étape du jeu en particulier	
Adaptabilité à la réalité clinique	Plus adapté sur des séances de 40-45 minutes que de 30 je pense.
Suggestions d'amélioration	Suggestions d'amélioration Il faudrait qu'il puisse lui aussi poser des questions après qu'il ait lui-même manipulé certains éléments.

Annexe H.4 : Avis n°4

- ✓ Date d'obtention de votre Certificat de capacité d'orthophoniste :
- ✓ Avez-vous suivi une formation spécifique en rééducation logico-mathématique ?
Si oui, merci d'en préciser l'organisme formateur et la durée : **GEPALM**
- ✓ Depuis combien de temps prenez-vous en charge des patients avec des difficultés logico-mathématiques ?
- ✓ Au niveau hebdomadaire, quel est le nombre de vos prises en charge dans ce type de pathologie ?

Intérêt du matériel	++ notion importante à travailler. Bonne idée à réexploiter.
Prise en main et jouabilité	Très long à mettre et remettre en place.
Attrait, aspect esthétique	Très beau, bien fait.
Thème du jeu	Très attrayant pour les initiés, plus difficile pour les autres.

Livret de jeu : présentation, clarté des remarques, des consignes, des objectifs et des compétences visées	++ mais trop long, trop redondant.
Progression théorique proposée, ordre des étapes du jeu, niveau de difficulté	Jeu à maîtriser pour sauter des étapes et aller dans le vif des difficultés.
Points forts	Le sujet (la conservation)
Limites	Vocabulaire : chacun d'eux ? chacun deux ?
Remarques et appréciations globales du matériel	Beau matériel mais difficile à utiliser pour moi.
Remarques sur une étape du jeu en particulier	Répétition générale très difficile. L'enfant décroche devant la longueur des phrases et les déplacements.
Adaptabilité à la réalité clinique	
Suggestions d'amélioration	