



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

FEUGNET Charlotte
Née le : 09/09/1986

Année universitaire : 2009/2010

**Création et expérimentation du jeu
« A L'ABORDAGE des notions de sériation,
classification et inclusion »**

Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste
Université Victor Segalen Bordeaux 2

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à Mme FAURE-VERMANDE pour ses conseils et pour le temps qu'elle a consacré à ce mémoire.

Egalement, un grand merci à toutes les orthophonistes qui ont participé à l'élaboration, ou à l'expérimentation de cet outil. Ainsi, merci Mme BAUGAS, Mme GUERRIER, Mme RIOU, Mme SAINT-GAL et Mme PRETOT.

Je tiens également à remercier Mme PREVOT et Mme AUDOIT pour m'avoir proposé des patients, que je n'ai pu, hélas, retenir pour cette étude.

Je remercie Tatyana et Aurélie qui furent mes premières patientes, ainsi que les autres enfants qui acceptèrent d'être testés.

Egalement, merci à Melle FAUVEL pour les illustrations des plateaux de jeu.

Je tiens aussi à remercier les jurys de lecture et de soutenance.

Enfin je dédie ce mémoire à trois personnes :

- Mr BOUTINEAU qui accepta de lire ce mémoire pour en vérifier la forme et l'orthographe.
- Mes parents qui m'ont soutenue durant ces études.

SOMMAIRE

INTRODUCTION _____ - 3 -

PARTIE I : LE NOMBRE _____ - 5 -

- 1. Historique** _____ - 5 -
 - a. Brève histoire du nombre _____ - 5 -
 - b. Les différentes épistémologies du nombre _____ - 6 -
- 2. Concept nombre** _____ - 7 -
 - a. Définition _____ - 7 -
 - b. Utilisation du nombre _____ - 8 -
 - c. Situations où interviennent les nombres _____ - 9 -
- 3. La construction du nombre** _____ - 13 -
 - a. Différents facteurs nécessaires au développement numérique _____ - 13 -
 - b. Genèse du nombre : synthèse ordre et classe _____ - 14 -
 - c. La correspondance terme à terme _____ - 16 -

PARTIE II : LA LOGIQUE ET SON DEVELOPPEMENT _____ - 18 -

- 1. Les connaissances** _____ - 18 -
 - a. Connaissances acquises ou transmises _____ - 18 -
 - b. L'adaptation et l'équilibration _____ - 19 -
 - c. L'abstraction _____ - 19 -
 - d. Notion de stades _____ - 20 -
- 2. La logique sensori-motrice (logique de l'action)** _____ - 21 -
 - a. La structuration progressive du réel _____ - 21 -
 - b. Les schèmes d'action _____ - 22 -
- 3. Le stade des opérations concrètes** _____ - 24 -
 - a. La logique pré-opératoire (de 2 ans à 7-8 ans) _____ - 24 -
 - b. La logique opératoire (7-8 ans à 11-12ans) _____ - 29 -
- 4. La logique des opérations formelles (stade des opérations formelles)** _____ - 38 -
- 5. Critique de la théorie piagétienne** _____ - 39 -

PARTIE III : LES TROUBLES DU RAISONNEMENT LOGICO-MATHEMATIQUE ET LEUR REEDUCATION _____ - 41 -

- 1. Troubles du raisonnement logico-mathématique** _____ - 41 -
 - a. Définitions _____ - 41 -
 - b. Prévalence et comorbidité _____ - 43 -
 - c. Nature des troubles _____ - 44 -
 - d. Les causes de la dyscalculie _____ - 44 -
 - e. Aspects du nombre et dyscalculies _____ - 45 -
 - f. Conséquences _____ - 47 -
- 2. Rééducation et matériel** _____ - 48 -
 - a. Sériation _____ - 49 -
 - b. Classification _____ - 50 -
 - c. Autre _____ - 53 -

PARTIE IV : CREATION DU JEU « A L'ABORDAGE : DES NOTIONS DE SERIATION, CLASSIFICATION ET INCLUSION » - 55 -

1. Elaboration du jeu	- 56 -
a. Supports théoriques utilisés	- 56 -
b. Quatre principes de base : adaptation/diversité/ludisme/manipulation	- 56 -
c. Alternatives de création	- 58 -
d. Remises en question	- 61 -
2. Présentation du jeu	- 62 -
a. Liste des éléments du jeu	- 63 -
b. Les règles du jeu	- 63 -
c. Le village des pirates : travail de sériation	- 65 -
d. L'île des pirates : travail de classification	- 68 -
e. L'océan des pirates : travail d'inclusion	- 71 -
f. Annexes du jeu	- 74 -
g. Attitude du thérapeute	- 75 -

PARTIE V : EXPERIMENTATION ET DISCUSSION - 76 -

1. Expérimentations du jeu	- 76 -
a. Témoignages d'orthophonistes ayant utilisé le jeu avec leurs patients	- 76 -
b. Expérimentations auprès d'enfants présentant des troubles logico-mathématiques	- 78 -
1) Choix de l'outil d'évaluation	- 78 -
2) La population	- 79 -
3) Explication de l'expérimentation	- 79 -
4) Etudes de cas	- 79 -
I. Tatyana	- 79 -
A. Anamnèse	- 79 -
B. Bilan initial	- 80 -
C. Prise en charge	- 81 -
D. Bilan final	- 86 -
E. Conclusion	- 89 -
II. Aurélie	- 89 -
A. Anamnèse	- 89 -
B. Bilan initial	- 90 -
C. Prise en charge	- 91 -
D. Bilan final	- 97 -
E. Conclusion	- 99 -
2. Discussion	- 99 -
a. Rappel des résultats observés	- 99 -
b. Critiques de l'expérimentation	- 100 -
I. L'outil d'évaluation	- 100 -
II. L'expérimentation auprès d'enfants dyscalculiques	- 101 -
III. Le jeu	- 101 -
c. Autres apports possibles du jeu	- 105 -

CONCLUSION - 106 -

BIBLIOGRAPHIE - 107 -

ANNEXES - 109 -

INTRODUCTION

Il n'existe pas (ou peu) de cabinets orthophoniques sans jeux ! Ces derniers peuvent être publiés par des éditeurs (spécialisés ou non), créés par l'orthophoniste, dérivés de leur forme originelle, transformés pour le besoin particulier d'un patient... Le support du jeu est un élément essentiel dans la pratique orthophonique.

La rééducation logico-mathématique s'adresse à un public jeune (6-18 ans) et doit donc être ludique. Cependant peu de matériel existe dans ce domaine. C'est ainsi que nous avons décidé de créer un jeu, dans le cadre de cette recherche de fin d'étude, travaillant les prémices du nombre.

La théorie piagétienne apparaît comme un support intéressant pour élaborer ce matériel car elle permet d'expliquer le développement progressif de la logique chez l'enfant. De plus, les travaux piagétiens ont inspiré les épreuves de l'UDN-II, outil d'évaluation utilisé dans cette étude.

Certaines formations permettent d'aborder la rééducation des troubles du raisonnement logico-mathématique et ainsi, de donner aux thérapeutes des outils pour la rééducation de ces pathologies. En outre, il existe du matériel pour travailler ces notions, mais il n'est pas assez développé, ne permettant pas le travail de tous les champs de la rééducation logico-mathématique. C'est ainsi que nous avons décidé de créer un jeu travaillant la sériation, la classification et l'inclusion.

Ce matériel, élaboré à partir de travaux constructivistes et de l'expérience professionnelle, sera-t-il suffisamment pertinent pour confronter le sujet dyscalculique à ses difficultés et lui permettre de les dépasser?

Notre intention initiale était d'estimer la pertinence du matériel en le soumettant à une population minimale de 3 sujets avec des troubles logico-mathématiques. Finalement, seuls deux enfants auront pu participer à cette étude car cette population s'avère restreinte en comparaison à d'autres pathologies (dyslexie par exemple). Cette expérimentation a permis une analyse plus poussée de ce matériel quant à sa pertinence, son aspect pratique, ludique ainsi que sa sensibilité.

Nous expliquons donc, en première partie, notre cheminement issu de la théorie piagétienne et de nos connaissances sur les troubles logico-mathématiques pour aboutir à un matériel pertinent permettant le travail de notions telles que la sériation, la classification et l'inclusion.

La seconde partie décrit les choix de création ainsi que la composition de ce matériel.

Enfin, la dernière partie présente les expérimentations et leurs résultats ainsi qu'une discussion clôturant cette étude.

PARTIE I : LE NOMBRE

« *Le nombre est une des plus grandes inventions humaines* » (F.Jaulin-Mannoni, 1999)

Notre étude s'intéresse aux structures logiques élémentaires que sont la sériation et la classification (multiplicative et inclusive). D'après J. Piaget et A. Szeminska dans l'avant-propos de *La genèse du nombre chez l'enfant* en 1941 : « *La construction du nombre est corrélative du développement de la logique elle-même* ». Ainsi, l'étude de structures logiques va nous amener à réfléchir à la notion de nombre et à ce qu'elle engendre.

C'est pour cela que nous nous appliquerons à décrire le nombre et son utilisation avant d'aborder la logique et son développement chez l'enfant. Nous achèverons cette partie par une description des troubles logico-mathématiques ainsi qu'un bref aperçu des différents types de rééducations pouvant être envisagés.

1. Historique

a. Brève histoire du nombre

« *L'histoire des mathématiques, c'est l'histoire d'un certain mode de pensée* » (F. Jaulin-Mannoni, 1999).

Les idées de quantité et de cotation visuelle sont apparemment antérieures à l'émergence de l'écriture. L'homme développa, au cours des âges, différents procédés pour gérer ses troupeaux ou encore suivre un calendrier.

Les premiers nombres apparus sont ceux qui faisaient référence au réel c'est-à-dire les nombres entiers (1, 2, 3, ...) représentés de manière figurale comme par exemple une encoche sur un morceau de bois. Grâce à l'émergence du langage, l'homme a pu nommer ces nombres. L'écriture a permis, quant à elle, de tracer ces nombres et de créer un code spécifique.

Avec le progrès des sciences, les nombres se sont complexifiés (ex : les nombres fractionnaires).

b. Les différentes épistémologies du nombre

L'origine du nombre soulève encore aujourd'hui des débats. Selon A. Chalon-Blanc en 2005, quatre courants scientifiques tentent de répondre à cette grande interrogation : « D'où vient le nombre ? ». Bien que la théorie constructiviste, représentée par la théorie piagétienne, soit la plus souvent présentée, il paraît important de jeter un coup d'œil sur d'autres travaux, d'autres visions de la genèse de ce concept.

Le réalisme.

Pour les réalistes, les idées existent en dehors de l'homme, dans le monde réel. Pour clarifier ce propos A. Chalon-Blanc cite l'exemple, en 2005, de la découverte de l'Amérique. Ce continent existait avant que Christophe Colomb ne le découvre. L'homme doit ainsi parvenir à se mettre en adéquation avec des notions présentes dans le monde.

L'innéisme

Cette théorie fut nommée théorie aprioriste, vitaliste ou encore maturationniste au cours des âges. Elle postule qu'il existe des propriétés innées ou génétiquement programmées qui constituent le noyau des connaissances de l'adulte. Quelques grands noms fréquemment cités représentent ce courant : Gelman, Wynn, Spelke,...

Ce courant a permis entre autre de démontrer des capacités innées des bébés : discrimination des quantités, appariement de collection selon leur taille et manipulation de quantité.

L'empirisme

Dans la théorie de l'empirisme, le développement du sujet se réalise grâce à l'expérience. Ce qui différencie l'empirisme du constructivisme, c'est que, dans la première, les connaissances acquises sont essentiellement déterminées par la nature des objets sur lesquels se porte l'action. Ainsi, l'apprentissage est activé par les besoins et les intérêts du sujet. Ce courant a permis de mettre en évidence l'influence de l'environnement sur l'individu pour expliquer les différences de vitesse, de qualité, mais aussi la nature des apprentissages.

Le constructivisme

Pour le constructiviste, les connaissances résultent des activités du sujet. La nature des objets ne porte pas les concepts de nombre et ses diverses propriétés. : celles-ci sont tirées de l'activité même du sujet.

Ce dernier courant de pensée est celui que nous approfondirons tout à l'heure, car il crée une épistémologie scientifique à la construction du nombre.

Tout au long de ce mémoire, nous nous baserons principalement sur la théorie piagétienne. Cependant, certaines découvertes post-piagésiennes comme les compétences numériques précoces chez le bébé ou l'importance du dénombrement dans le développement numérique ne sont pas à ignorer.

Maintenant, intéressons nous au nombre et à sa genèse.

2. Concept nombre

a. Définition

« *Le nombre est une construction mentale, une création de la pensée humaine qui organise regroupe et assemble. Il est généralement défini par le chiffre qui est un signe indécomposable, désignant un nombre* » (G. Van Hout et coll., 2005). Il existe trois types de représentations du nombre : analogiques, langagières et mentales.

a. Les représentations analogiques (concrètes ou figurées)

Ce sont des représentations concrètes où chaque objet représente un objet de la collection. Ces représentations peuvent être strictement concrètes ou peuvent être figurées (cailloux, entailles dans un bâton pour symboliser un troupeau).

b. Les représentations langagières

Les représentations langagières du nombre sont numérales (en mots : un, deux,...) ou numériques (en chiffres : 1, 2, ...). Celles-ci seront approfondies plus loin dans le paragraphe traitant de la numération.

c. Les représentations mentales

L'intelligence travaille sur les représentations mentales créées par l'activité cérébrale. Dehaene et Cohen en 2000, cités par E. Roditi (2005), ont décrit un modèle reposant sur trois représentations mentales du nombre :

- *La forme visuelle des numéraux arabes*, ex : 32 est représenté par la succession de 3 et 2

- *La forme verbale des numéraux*, ex : 32 sera représenté par une série de deux mots « dizaines (3) unité (2) »

- *La représentation analogique des quantités numériques* : cette représentation donne une connaissance du nombre et de ses relations avec d'autres. Ex : 32 est inférieur à 40 mais est à peu près la moitié de 60.

(E. Roditi., 2005)

b. Utilisation du nombre

1) La numération

Définition

Le nombre est un concept qui se construit peu à peu contrairement à la numération qui est un système enseigné à l'enfant.

Dans nos cultures, la numération est un système décimal, c'est-à-dire en base dix qui se construit sur l'incrément (1+1). Ainsi, les éléments sont regroupés par dix : quand il y a dix unités, un paquet (dizaine) est créé, puis quand dix paquets se regroupent, la centaine apparaît, et ainsi de suite.

Il existe vingt-six mots pour énoncer tous les nombres possibles et imaginables : zéro, un, deux, trois, quatre, cinq, six, sept, huit, neuf, dix, onze, douze, treize, quatorze, quinze, seize, vingt, trente, quarante, cinquante, soixante, cent, mille, million, milliard.

Il est possible de rajouter à cette liste « billion, trillion, quadrillion, quintillion » ainsi que le « et » (de vingt et un), et la « puissance » utilisée pour des nombres importants comme 7×10^{22} (sept dix puissance vingt-deux). (M. Bacquet, B. Guéritte-Hess, 2003)

Systeme de designation oral ou écrit (représentations langagières)

Ce système peut se traduire par :

- **L'écriture numérique** : ce système constant ne nécessite que la connaissance des chiffres. En effet, grâce au positionnement spatial de ces chiffres et la place du zéro, il est possible d'écrire une quantité astronomique de nombres.

- **La langue ou chaîne numérale** : Elle désigne les chiffres par leur nom oral (/trwa/) ou écrit (trois). Le nom des chiffres est lié à l'histoire et l'évolution linguistique du système numérique. En français, la chaîne numérale est remplie de pièges et d'illogismes. « *La*

numération porte en elle certains illogismes et ce n'est pas par hasard qu'on retrouve toujours les mêmes erreurs chez nos jeunes élèves » d'après M. Bacquet et B. Guéritte-Hess (2003). Ces auteurs référencent ces illogismes dans l'ouvrage *Le nombre et la numération : pratique de rééducation*.

En effet, prenons, seulement, l'exemple des dizaines. Tout d'abord on a « dix » puis « onze, douze, treize, quatorze, quinze » et « seize » ou le suffixe *-ze* indique la dizaine. Puis on revient à un système plus classique avec « dix-sept dix-huit, dix-neuf ». Egalement, contrairement à « trente, quarante, cinquante » ou encore « soixante » qui évoquent la construction linguistique du chiffre, « dix » ou « vingt » n'évoquent pas la dizaine.

2) *Le système numérique*

Le système numérique est « *un ensemble d'unités choisies de manière à pouvoir exprimer les mesures de grandeurs physiques rationnellement et simplement* » (J. Rey-Debove et coll., 2006).

En effet, avec dix chiffres il est possible de créer une infinité de nombres en réalisant « systématiquement » le même type de regroupements. Ainsi, le système décimal « *n'est qu'un cas particulier de ce qu'on appelle : les systèmes de numération de base(a) où (a) appartient à l'ensemble des nombres naturels N et est au moins égal à deux.* ». (M. Bacquet et B. Guéritte-Hess, 2003) Ainsi en base cinq, nous utiliserons les chiffres 0, 1, 2, 3, 4 pour écrire les nombres.

c. Situations où interviennent les nombres

Le nombre intervient dans quatre situations différentes (E. Roditi, 2005): la désignation, le rangement, la quantification et le calcul.

A. La désignation

La désignation utilise le nombre comme une étiquette ou un nom. Par exemple, un indicatif téléphonique, un numéro de train,... Dans ces cas, les nombres n'indiquent aucune quantité.

B. Le rangement

Le nombre permet de désigner des objets et permet de les ranger les uns par rapport aux autres. Par exemple, si nous devons prendre la deuxième à gauche, nous savons que nous devons passer une rue puis tourner. Ce même principe permet le repérage des bâtiments d'une rue : un côté pair et un autre impair avec un accroissement des numéros (ou l'inverse) en parcourant la rue.

C. La quantification

La quantification permet de répondre à la question « combien ? ». Pour Halford (1993) cité par P. Barouillet en 2006, le concept du nombre ne pourrait se développer sans les processus de quantification. En effet, ceux-ci permettent d'associer une valeur numérique à une collection, d'explorer les relations de taille entre collections et enfin de déterminer les relations complexes entre les nombres.

L'existence de divers processus de quantification est là encore controversée. Cependant, nous nous attacherons à décrire les trois processus de quantification le plus souvent cités. Il en existe trois: l'estimation, la subitisation et le dénombrement.

Estimation

L'estimation permet d'évaluer, d'une manière approximative, la quantité d'éléments d'un ensemble, de taille arbitraire. Les recherches ont démontré qu'un adulte non entraîné peut estimer rapidement et efficacement un nombre, même important, d'éléments. Cette procédure est utilisée « *lorsque la taille de la collection à quantifier est trop importante et/ou que le temps disponible est insuffisant pour réaliser la quantification par dénombrement* » (M. Pesenti & L. Rousselle, 2005).

La subitisation ou « subitizing »

« *Le subitizing est un processus perceptif rapide et sûr d'appréhension immédiate de la numérosité* » (P. Barouillet et coll., 2006). Ce processus permet ainsi une reconnaissance quasi-instantanée de la numérosité de petites quantités.

Les hypothèses sur le subitizing sont nombreuses mais deux postulats ont attiré notre attention.

Le premier postule que le subitizing ne serait qu'un dénombrement rapide ou une forme primitive de dénombrement qui se retrouve chez l'espèce animale. En effet, de

nombreuses études ont démontré que les animaux peuvent discriminer différentes numérosités, dénombrer ou encore effectuer certains calculs arithmétiques. Par exemple, d'après une étude de Davis en 1984 cité par V.Camos dans *la cognition mathématique chez l'enfant* en 2006, un raton laveur peut sélectionner une boîte contenant un nombre d'objets prédéfinis. Ce même auteur présente également l'expérience de Matsuwa, en 1985, qui démontre qu'un chimpanzé peut associer des chiffres arabes de 1 à 9, à une collection contenant la même quantité d'éléments.

Le second, postule que le subitizing reposerait sur la reconnaissance de figures géométriques. En effet, pour les petites numérosités, l'œil reconnaîtrait les configurations spatiales dessinées par les différents éléments: 1= un point, 2= une ligne, 3 = un triangle.

Ainsi, notre système visuel pourrait reconnaître la configuration spatiale des éléments quelle que soit la nature de ceux-ci. Pour finir, l'accroissement du nombre d'éléments augmenterait le nombre de configurations spatiales possibles : un autre processus de quantification serait donc nécessaire pour les numérosités plus importantes (estimation ou dénombrement).

Dénombrement

Ce processus de quantification est souvent considéré comme la base de tous les autres apprentissages arithmétiques. En effet, ce processus permet de vérifier la validité d'un raisonnement, comme par exemple, dans les tâches de conservation ou dans la résolution d'opérations arithmétiques.

L'émergence du dénombrement dans l'enfance oppose deux courants théoriques : la théorie des « principes-en-premier » et celle des « principes-après ».

Pour les premiers, les principes guidant l'émergence du dénombrement seraient innés. L'enfant pourrait ainsi « reconnaître les activités de dénombrement comme relevant du dénombrement et non d'activités dépourvues de sens, et d'acquérir et de contrôler ses propres procédures de dénombrement. Les enfants auraient donc une connaissance implicite du dénombrement, similaire à la connaissance implicite de la grammaire d'une langue (Chomsky, 1957) » (P. Barouillet et coll., 2006).

Gelman et Gallistel, cités par M.Pesenti & L.Rousselle en 2005, ont défini, en 1978, cinq principes gouvernant le dénombrement :

1. Le principe de mise en correspondance terme à terme: chaque élément de la collection est lié à une et une seule étiquette ;
2. Le principe d'ordre stable : la suite des étiquettes constitue une séquence ordonnée, fixe ;
3. Le principe de la cardinalité : le cardinal de la collection est représenté par la dernière étiquette utilisée;
4. Le principe d'abstraction : le caractère homogène ou hétérogène d'une collection n'a aucune incidence sur le dénombrement ;
5. Le principe de non-pertinence de l'ordre : l'amorçage du dénombrement à un endroit ou à un autre de la collection n'a pas d'incidence sur le cardinal de la collection.

Pour ces chercheurs, les enfants disposeraient à 3 ans d'une connaissance implicite de ces principes.

A cette théorie, s'oppose la théorie « des principes après » pour qui, par opposition, les principes sont progressivement abstraits d'une répétition des pratiques de dénombrement, acquises par imitation.

Tout d'abord l'activité de dénombrement serait exercée sans but, puis dans un deuxième temps, l'enfant découvrirait un lien avec la cardinalité. L'enfant aurait donc une sensibilité au nombre. Ici, le subitizing, procédure de dénombrement primitive, permettrait à l'enfant d'acquérir le principe de cardinalité : l'enfant associerait le dernier chiffre de la chaîne verbale prononcé avec le cardinal obtenu grâce au subitizing.

Ainsi « *la connaissance conceptuelle du dénombrement proviendrait des régularités que les enfants pourraient extraire de leur activité de dénombrement* » Briars & Siegler, 1984 cités par V. Camos en 2006.

D. Le calcul

Le calcul et les opérations permettent de répondre à trois fonctions : comparer, évaluer la variation ou encore déterminer le bilan d'une composition de plusieurs grandeurs ou variations. Par exemple, cette situation permet de répondre à certains problèmes, comme la différence de hauteur de deux tours, une évolution de poids d'un personnage,...

3. La construction du nombre

a. Différents facteurs nécessaires au développement numérique

Nous pouvons, grâce aux différentes lectures parcourues, regrouper les différents facteurs nécessaires au développement numérique :

- Les compétences mnésiques sont indispensables pour acquérir les différents savoirs qui concernent le nombre. Elles mettent en œuvre la mémoire à long terme et la mémoire de travail. Les connaissances stockées en mémoire sont de deux sortes : procédurales, pour les techniques opératoires, et déclaratives, pour toute connaissance apprise par cœur (M. Mazeau, 1999).

- Les fonctions exécutives et frontales permettent, entre autres, de hiérarchiser et organiser les opérations mentales (M. Mazeau, 1999). En outre, toute tâche numérique requiert un contrôle attentionnel. Enfin, les fonctions exécutives opèrent dans les opérations logico-mathématiques où il faut anticiper et planifier un résultat dans un but de classification, sériation et dénombrement.

- Le langage intervient pour énoncer le nom d'un nombre dans la chaîne numérique verbale. « *Le langage est une condition nécessaire de l'invention du nombre. Il permet l'évocation et il en décuple la puissance.* » (A. Chalon-Blanc, 2005). Cependant, ce n'est pas la condition suffisante à l'émergence du nombre car le nombre est né avant la numération parlée (Cro-Magnon en 35000 avant J-C maniait la correspondance) et la comptine numérique peut être sue par l'enfant sans qu'il ait pour autant accès au signifié du nombre.

- La fonction symbolique est une condition indispensable à la création du nombre. Elle permet à l'enfant de pouvoir évoquer des objets ou des situations, absents, par l'utilisation de signes et symboles tels que le langage et les chiffres (M. Mazeau, 1999).

- La maturité affective est requise pour l'ensemble des apprentissages. Les mathématiques et la logique naissent de l'expérimentation de l'enfant. Celui-ci doit être dans un contexte psychologique favorable pour pouvoir raisonner.

b. Genèse du nombre : synthèse ordre et classe

« Piaget suggérait donc que le nombre procède de la coordination d'une classification et d'une sériation permettant à l'enfant d'appréhender simultanément les aspects ordinal et cardinal des entiers naturels. [...] De ce fait la conservation du nombre serait solidaire des structures de groupement et relèverait d'une logique » (P. Barouillet et V. Camos, 2006).

Selon la théorie piagétienne, le nombre serait la résultante de la synthèse de deux composantes : la classe et l'ordre.

1) La classe

Une classe est la réunion d'éléments ayant au moins une propriété commune « x ». Ces éléments sont équivalents et substituables et ce par leur propriété « x » qui est le critère de réunion.

La classe est nécessaire dans la genèse du nombre car :

- La classe est une réunion d'éléments formant un tout.
- Les unités composant la classe sont équivalentes et donc deviennent des unités égales.
- La classe n'assigne aucune position dans le temps et l'espace : les éléments sont donc substituables les uns aux autres (A. Chalon-Blanc, 2005).

Cependant la classe n'est pas suffisante à la construction du nombre. En effet la déqualification des objets entraîne leur confusion.

Ex : hommes+hommes=hommes

Des hommes ajoutés ou soustraits à une classe ne changent rien à la classe des hommes. En outre, la réunion de deux classes distinctes ne donne pas deux unités mais une seule classe plus générale.

Ex : hommes+femmes=êtres humains.

Ainsi pour pouvoir établir une correspondance terme à terme, il est impératif de ne pas confondre les éléments : l'ordre de positionnement s'impose afin d'éviter la répétition ou l'omission d'éléments.

2) L'ordre

« L'ordre assigne temporairement une place et une seule dans l'espace et le temps aux divers éléments d'une classe » (A. Chalon-Blanc, 2005). Il permet ainsi, en les ordonnant, de requalifier les éléments déqualifiés par la classe.

L'application de l'ordre est nécessaire pour trois raisons :

- Il élimine la confusion des éléments déqualifiés d'une classe : un élément a toujours au moins soit un élément avant lui soit après lui, selon la succession.
- Par la non-confusion des éléments, lors d'une comparaison terme à terme, la classe s'épuisera sans répétition ni omission.
- L'ordre de positionnement n'est que temporaire et dure le temps d'une correspondance terme à terme ou d'un dénombrement. Ainsi l'ordre devient vicariant et permet d'affranchir le nombre de toute dépendance à l'égard d'un ordre stable

(A. Chalon-Blanc, 2005)

Cependant, là encore, l'ordre ne peut être la condition suffisante à l'apparition du nombre. En effet, l'ordre doit s'appliquer sur une classe d'éléments. On ne pourrait pas imaginer de sérier des éléments non déqualifiés.

Exemple : carotte + chou = ?

Ainsi, l'ordre doit s'appliquer sur la classe pour conserver l'équivalence des éléments, mais aussi celle des intervalles qui les séparent.

Si par exemple, un berger fait une encoche par mouton possédé, les différents éléments « moutons » et « encoches » seront substituables les uns aux autres. De plus on conservera un intervalle puisque la distance entre chaque mouton et celui qui le suit, ainsi que la distance entre chaque encoche et celle qui la suit, est toujours de +1.

(A. Chalon-Blanc, 2005)

3) Synthèse

La construction de la classe et l'ordre ont permis la construction simultanée de deux systèmes :

- Un système cardinal résultant du groupement logique des classes. « *Un nombre cardinal est l'expression de la quantité d'objets contenue dans un ensemble (c'est son extension)* » (B. Troadec, 1998). Ce système repose sur la notion d'inclusion des classes où l'enfant comprend que 1 est inclus dans 2, 2 dans 3...
- Un système ordinal résultant du groupement logique des relations entre objets. Ce système permettant d'indiquer la place occupée par chaque élément d'une suite sériée, repose sur les notions de sériation et de relations asymétriques ($1 < 2 < 3 \dots$).

Selon J. Piaget, la synthèse de ces deux systèmes constitue une nouvelle « *structure opératoire* », c'est-à-dire le nombre « *achevé* » (B. Troadec, 1998).

L'enfant devra cependant accéder à la conservation de la quantité pour acquérir le concept de nombre. En effet, il devra être capable de comparer, mais aussi, d'affirmer l'égalité de deux collections malgré les différentes transformations. La correspondance terme à terme est donc un pilier de la construction du nombre en permettant la conservation du nombre, nécessaire à la pensée arithmétique.

c. La correspondance terme à terme

« *La pensée arithmétique implique la conservation du nombre. C'est-à-dire que le nombre doit demeurer identique quelle que soit la disposition spatiale des objets qui le composent* » (B. Troadec, 1998).

« *Pour réfléchir et opérer sur une quantité, il faut qu'elle constitue un tout permanent* » (B. Gueritte-Hess et coll., 2005). En effet, comment l'enfant pourrait comprendre le concept nombre si celui-ci varie avec chaque transformation.

Nous avons vu précédemment que le nombre résulte de la synthèse de l'ordre et de la classe. Maintenant nous allons voir le développement de la correspondance terme à terme qui aboutit à une conservation du nombre et donc à celle de la quantité, marque de l'acquisition du nombre par l'enfant.

D'après A. Chalon-Blanc, la construction de la conservation du nombre s'effectue en quatre étapes :

- Absence de correspondance, estimation qualitative et globale (4-5ans) :

L'enfant présente une « *sorte d'indifférenciation entre le discret et le continu* » (A. Chalon-Blanc, 2005). En effet, l'enfant aborde une collection d'éléments comme une forme globale, non constituée d'éléments distincts. Il n'a aucune conscience de la quantité : l'enfant est confiné au perceptif, il ajoute, retire des éléments, mais ne se base que sur la longueur et la densité. Ainsi deux collections, ayant le même nombre d'éléments mais dont l'une aura des éléments plus serrés, seront dites inégales. La pensée est ici, irréversible sans rétroaction ou anticipation. L'abstraction empirique est effectuée sur les propriétés que sont la forme, la couleur et la longueur. La correspondance terme à terme n'est donc pas possible.

- La correspondance optique qualitative sans conservation de l'équivalence (5-6 ans) :

A ce stade, l'enfant différencie le discret du continu. Les éléments d'une collection sont ainsi différenciés. L'enfant est capable de construire une correspondance mais en tâtonnant, en vérifiant et en pointant chaque élément durant la vérification. Cependant, la quantité n'est toujours pas acquise à ce niveau : elle est intuitive. En effet, l'enfant n'a pas encore acquis la classe : les éléments ne sont pas substituables entre eux. L'enfant peut réaliser des collections qui sont exactement les mêmes que celles du modèle. La pensée devient un peu plus mobile grâce à une réversibilité (par réciprocity et inversion) rudimentaire.

A ce niveau, l'enfant est capable de construire une correspondance terme à terme d'objets qualifiés.

- La quotité sans la quantité : égalité numérique sans conservation quantitative (5-6 ans) :

« A ce niveau, les enfants présentent des conduites intermédiaires, c'est-à-dire qu'ils « oscillent » entre la non-conservation et la conservation » (B. Troadec, 1998). On voit ici, un conflit cognitif entre le perceptif « ce qui est vu » et la conservation du nombre « ce que je sais ».

- La correspondance opératoire (6-7 ans) :

Une correspondance opératoire est possible grâce à des opérations (groupement d'opérations exécutées mentalement). A ce niveau l'enfant a acquis la conservation du nombre. Il use ainsi de différents arguments pour la justifier :

- identité quantitative : « on n'a rien enlevé ni ajouté ».
- réversibilité par inversion « on peut remettre comme avant ».
- compensation des relations : « là c'est plus long, mais là c'est plus court ».

L'enfant a acquis la quantité. Elle est effective au stade des opérations concrètes.

Comme nous l'avons déjà vu, le nombre, résultant de la synthèse classe et ordre, est un concept abstrait qui n'est pas inné chez l'enfant. Sa construction s'effectue petit à petit dans l'enfance. Nous allons maintenant aborder le développement de la logique et donc la construction du concept de nombre chez l'enfant.

PARTIE II : LA LOGIQUE ET SON DEVELOPPEMENT

Notre étude s'intéresse aux structures logiques élémentaires sous-jacentes à la construction du nombre. Nous allons donc nous pencher sur la logique et son développement chez l'enfant. Cette description s'appuiera sur les travaux effectués par J. Piaget. En effet, cet auteur a décrit un développement de l'intelligence logico-mathématique, par stades. De plus, le test utilisé pour cette étude est principalement basé sur les recherches de J. Piaget.

Nous commencerons par l'explication de la terminologie usitée par Piaget, puis nous décrirons en détail les différents stades de l'évolution de la logique chez l'enfant.

1. Les connaissances

La théorie piagétienne, du développement de l'intelligence de l'enfant, se base sur un modèle biologique, où vivre signifie s'adapter à des contraintes environnementales instables, changeantes. En effet, les règnes animal et végétal durent s'adapter au cours des âges à de nouveaux écosystèmes pour survivre (ère glaciaire, réchauffement climatique,...). J. Piaget part de cette observation et définit l'intelligence comme l'adaptation de l'homme à son milieu. Il crée, ainsi, l'épistémologie de l'interaction sujet-milieu qui signifie que « *toute connaissance étant le produit d'itération entre un sujet et son milieu, la connaissance provient de l'activité du sujet et, particulièrement, de sa capacité à extraire de l'élément du milieu ou objet ses propriétés.* » (J.-M. Dolle, 2005).

Ainsi, durant son cheminement l'enfant acquiert diverses connaissances. Ces dernières possèdent différents aspects qui vont être explicités.

a. Connaissances acquises ou transmises

Il est impératif de différencier les connaissances acquises des connaissances transmises. Les premières sont édifiées par le sujet lui-même au cours de ses diverses expérimentations. Les secondes lui sont enseignées et transmises par ses pairs. Ainsi, la chaîne numérique est une connaissance transmise mais la compréhension du nombre est une connaissance acquise par l'enfant.

b. L'adaptation et l'équilibration

L'adaptation permet à l'homme d'acquérir des connaissances, de trouver des moyens pour en élaborer de nouvelles, et ce, dans un processus sans fin. (J.-M. Dolle, 2005). Cette adaptation est un équilibre entre assimilation et accommodation :

- Assimilation : absorption pure et simple de l'objet par les structures de l'activité du sujet. L'enfant peut par exemple, faire tourner un objet, le classer dans une catégorie qu'il connaît,... Ainsi, il assimile l'objet à ses conduites.
- Accommodation : modification des structures de l'activité du sujet pour parvenir à assimiler l'objet. En effet, si l'objet résiste, l'enfant devra modifier ses conduites pour les appliquer à l'objet. Par exemple, si l'on reprend l'exemple de faire tourner un objet. L'enfant ne pourra pas faire tourner une feuille de papier. Il va donc la froisser, la plier pour pouvoir la faire tourner. Ces manipulations lui permettront de découvrir d'autres propriétés de la feuille de papier (être froissée par exemple).

Ainsi, quand un objet résiste, l'enfant ne parvient pas à l'assimiler et cela crée un déséquilibre. L'accommodation lui permet de s'adapter et donc d'établir un nouvel équilibre. Cette structure acquise sera ensuite intégrée comme une composante de construction plus complexe pour atteindre un équilibre plus riche. Ainsi, l'enfant évolue de constructions en constructions, ce qui lui permet d'acquérir des équilibres cognitifs de plus en plus riches et complexes pour une adaptation performante à l'environnement. Ainsi, l'adaptation du sujet au milieu est une continuelle activité d'équilibration où le sujet possède un rôle actif. Le déséquilibre s'avère ainsi être source de progrès. (J.-M. Dolle, 2005).

c. L'abstraction

« *Abstraire c'est isoler une propriété commune à des objets distincts* » (A. Chalon-Blanc, 2005).

La connaissance est issue de ce que le sujet tire de l'objet, des qualités propres saisissables par l'activité perceptive (ex : couleur, texture d'une pierre) et ce que le sujet y introduit en le transformant ou en exerçant des actions sur l'objet lui-même (ex : lancer la pierre et découvrir le poids, la dureté ou encore la capacité même du sujet à soulever, tourner,...).

Ceci s'appelle l'abstraction. Il en existe 2 principales :

- simple ou empirique : lecture simple des propriétés de l'objet (couleur, volume,...).

- réfléchissante : découverte par le sujet des propriétés mêmes de l'action sur l'objet et de ses régularités (pouvoir se tordre, rebondir,...) c'est-à-dire « *extraire une propriété commune à des actions qu'il exécute intérieurement et qu'il coordonne* » (A. Chalon-blanc, 2005).

« *L'activité du sujet met donc en œuvre des propriétés qui sont de lui-même et qui sont le fruit des interactions antérieures qu'il a pu établir avec le monde environnant* » (J.-M. Dolle, 2005)

L'abstraction évolue tout au long du développement de la logique. Elle s'avère tout d'abord empirique : l'enfant extrait les propriétés présentes dans l'objet même, en l'assimilant. Ensuite, l'abstraction devient réfléchissante. Elle s'opère sur les actions et les résultats de celles-ci sur l'objet et permet à l'enfant d'introduire de nouvelles propriétés dans l'objet.

d. Notion de stades

Les stades de Piaget sont un ensemble d'étapes, de paliers franchis par l'enfant et soldés par la construction d'une structure (équilibration).

Ces stades possèdent quatre caractéristiques communes :

- Un stade se définit par une structure d'ensemble, qui déterminera toutes les opérations possibles.
- Un stade possède un niveau de préparation (apogée du déséquilibre cognitif) et un stade d'achèvement (point d'équilibration).
- Les stades ont un caractère intégratif : les structures construites à un âge donné deviennent partie intégrante des structures de l'âge suivant.
- Les stades sont constants dans leur ordre de succession. De plus, les acquisitions de chaque stade sont aussi ordonnées dans une suite irréversible.

(B. Golse, 2008; V. Laval, 2007; J.-M. Dolle, 2005)

Selon J. Piaget cité par J.-M. Dolle en 2005, il existe trois stades du développement de l'intelligence de l'enfant :

- stade de l'intelligence sensori-motrice (jusqu'à 2 ans).
- stade des opérations concrètes (2 à 11-12 ans).
 - o le sous-stade de l'intelligence préopératoire (2 à 6-7 ans).
 - o le sous-stade de l'intelligence opératoire concrète (6-7 ans à 11-12ans).

- le stade des opérations formelles (11-12 ans à 16 ans, avec palier d'équilibre vers 15-16 ans).

2. La logique sensori-motrice (logique de l'action)

C'est la première logique du développement de l'enfant. Elle se construit en situation, en présence d'objets et de personne. Elle s'appuie sur la perception du sujet. *« Les résolutions de problèmes d'action auxquelles elle parvient (atteindre des objets éloignés ou cachés par exemple) sont réalisées grâce à la construction d'un système schèmes assez complexe et à l'organisation du réel selon un ensemble de structures spatio-temporelles et causales »* (J.-M. Dolle, 2005).

a. La structuration progressive du réel

« Parti d'un égocentrisme initial, état de confusion radical, entre le moi et le non-moi, le sujet et l'objet, où il n'y a ni sujet ni objet, l'enfant, en constituant l'univers, se constitue lui-même et parvient vers la fin du stade sensori-moteur à établir des rapports d'objectivité avec le monde extérieur » (J.-M. Dolle, 2005). Parallèlement à cette double construction de soi et du monde s'établissent les grandes catégories de l'action : schème de l'objet permanent, causalité, espace, temps et prémisses des futures notions de correspondance.

1) La permanence de l'objet

L'enfant naît sans la permanence de l'objet, *« ce n'est qu'à partir du moment où l'enfant, s'apercevant de la disparition des objets qu'il désire, se met à les rechercher que le problème de la permanence de l'objet se pose »* mais *« le rechercher ne signifie pas d'emblée qu'il est constitué »* (J.-M. Dolle, 2005). La permanence de l'objet se construit petit à petit durant le stade sensori-moteur. Tout d'abord l'enfant ne présente aucune conduite vis-à-vis des objets absents, puis il les recherche : tout d'abord, sans tenir compte des déplacements visibles de cet objet, puis il prend en compte les déplacements successifs de l'objet pour aboutir à une représentation des déplacements invisibles de l'objet. Selon J. Piaget, cité par J.-M. Dolle en 2005, la conservation de l'objet constitue la première forme de conservation. L'enfant l'atteint quand il est *« capable de concevoir l'existence d'un objet en dehors de toute information sensorielle (par exemple, regarder, toucher, sucer...) c'est-à-dire lorsqu'il est absent du champ perceptif de l'enfant »* (V. Laval, 2007).

2) Causalité

La causalité est réellement effective vers 11-12 mois. L'enfant parvient ainsi à comprendre l'existence de relations de cause à effet entre les objets eux-mêmes : il ne se situe donc plus uniquement du seul point de vue de son action. Par exemple si l'objet convoité est sur un tapis, l'enfant tentera dans un premier temps de l'obtenir en s'étirant puis il pourra tirer sur le tapis pour atteindre ce qu'il désire.

3) L'organisation spatio-temporelle

« *La constitution de l'objet est solidaire de l'organisation du champ spatial* » (J.-M. Dolle, 2005). Tout d'abord, l'espace est limité aux champs sensoriels définissant un espace pratique. Il est constitué des objets permanents et de leurs déplacements ainsi que des déplacements et des actions du sujet lui-même. Petit à petit, l'enfant va construire cet espace et structurer les déplacements en « groupes de déplacement » (structure du stade sensori-moteur). Ce groupe peut être décrit par quatre aspects :

- La composition : des déplacements AB et BC peuvent se coordonner en un déplacement AC
- La réversibilité : un trajet AB a son inverse BA par conduite de retour
- L'identité : des déplacements AB et BA donnent un déplacement nul
- L'associativité : dans une suite de déplacement ABCD on peut aller de A à C en empruntant différents chemins (AB+ BC ou AD+ DC,...)

La permanence de l'objet, la causalité, l'espace et le temps permettent la construction du réel. Cette structuration a permis à l'enfant d'accéder à la première structure d'intelligence (groupe des déplacements) et le schème de l'objet permanent.

b. Les schèmes d'action

1) Définition

Un schème est une coordination de mouvements qui pourront s'appliquer et se généraliser à des situations semblables. C'est « *ce qu'il y a de plus généralisable et transposable comme tel d'une action à une autre* » (J.-M. Dolle, 2005). Une activité réalise une multitude d'actions, où les schèmes impliqués forment un système coordonné, un cadre dans lequel se déroule l'action.

Ces schèmes sont « *des équivalents fonctionnels des concepts, mais sans pensée ou sans représentation* » (J.-M. Dolle, 2005). Selon J. Piaget, cité par J.-M. Dolle, « *le rôle du schème est essentiellement d'assurer l'incorporation ou l'assimilation de nouveaux objets à l'action elle-même ; et celle-ci, par sa répétition en des conditions renouvelées et généralisées, acquiert de ce seul fait un caractère schématique [...] Le schème est en outre susceptible d'accommodation et ces accommodations successives donnent effectivement naissance à des connaissances sommaires, sujettes à constante révision* ».

Ainsi, si l'enfant effectue une action comme faire tomber un objet, il met en œuvre le schème d'action « pousser ». Il va pouvoir réitérer cette action (assimilation reproductive) avec d'autres objets et enrichir la catégorie des objets qu'il peut pousser, et ainsi, consolider ce schème. L'enfant pourra aussi, discriminer en contexte, des objets à pouvoir pousser (assimilation cognitive). En outre, en rencontrant un objet lourd l'enfant devra accommoder pour s'adapter et donc différencier les objets qu'il pourra ou ne pourra pas pousser (assimilation généralisatrice). L'accommodation permettra ainsi, à l'enfant, de différencier les schèmes d'action pour s'adapter mais aussi en créer de nouveaux (ex : tirer le tapis pour faire tomber l'objet)

2) Conduites de classification

Les classifications sont sous une forme pratique : par exemple, l'enfant va réunir tous les objets qu'il peut faire tomber dans une même catégorie en s'appuyant sur le schème d'action qu'il a construit. Il assimile alors les objets de cette catégorie et utilise l'accommodation pour ceux qui résistent (ex : objets trop lourds).

Comme nous l'avons vu précédemment, le schème est l'analogue d'un concept mais sans pensée, sans représentation : c'est « *un concept pratique* » (J.-M. Dolle, 2005). Il peut ainsi être pris en extension et en compréhension à l'instar du concept :

- La compréhension d'un schème : constitue l'ensemble des propriétés communes aux situations, individus similaires. Par exemple, prendre quelque chose est possible avec tout élément saisissable. Tous les objets seront reliés au schème par des relations internes (ici : prendre).
- L'extension d'un schème : constitue l'ensemble des situations, individus auxquels le schème peut s'appliquer. Par exemple, l'enfant utilisant le schème de prendre l'utilisera différemment avec des objets différents en forme, taille, volume,...

Selon J. Piaget, cité par A. Chalon-Blanc en 2005, une classe n'existe que s'il existe des réglages souples entre l'extension et la compréhension.

3) Conduites de sériation

A ce stade, les sériations sont réalisées sous forme d'empilements, emboîtements et encastremets, en s'appuyant sur la perception visuelle (J. Piaget et B. Inhelder, 1959 ; J.-M. Dolle, 2005). Tout d'abord l'enfant assimile les objets par abstraction empirique. Si l'objet résiste (par exemple, l'élément utilisé ne peut rentrer dans le précédent) l'enfant utilise l'accommodation : des tâtonnements apparaissent.

Conclusion

A la fin de ce stade, l'enfant a acquis la permanence de l'objet et découvert les connaissances physiques des objets. Il a procédé par assimilation et accommodation pour construire les schèmes et s'adapter à son environnement.

L'enfant va maintenant devoir construire au niveau de la représentation ce qu'il a pu construire sur le plan pratique.

L'imitation commence à apparaître et avec elle, se construisent les premières représentations mentales, qui marquent la transition avec la logique pré-opératoire.

3. Le stade des opérations concrètes

a. La logique pré-opératoire (de 2 ans à 7-8 ans)

Le passage de la logique sensori-motrice au stade des opérations concrètes s'effectue par un stade qui permet la transition entre une intelligence sans langage, sans représentation,...à une intelligence représentative. Il va y avoir des transformations lentes et successives que nous allons détailler.

Ce stade est caractérisé par le développement de la fonction symbolique qui permet à l'enfant d'accéder à la représentation mentale et au langage.

1) Pensée représentative et fonction symbolique

La période pré-opératoire va permettre à l'enfant de passer de l'action sensorimotrice à la représentation de cette action grâce au développement de la fonction symbolique. La fonction symbolique est une capacité à évoquer des objets ou des situations non présentes dans le champ de la perception, par l'utilisation de signes ou symboles. L'enfant va progressivement apprendre à différencier le signifiant (signe/symbole) du signifié (concept). Lorsque cette différenciation est effective la pensée représentative s'élabore. L'ensemble de ces acquisitions sera possible grâce à l'imitation.

La fonction symbolique regroupe cinq conduites permettant à l'enfant d'évoquer un objet représenté en pensée :

- L'imitation différée : cette imitation s'effectue en l'absence du modèle : les actes et actions de l'individu sont ainsi détachés du référent. Les signifiants sont les gestes symboliques reproduits par l'enfant.
- Le jeu symbolique : L'enfant utilise les objets comme des symboles pour imiter mais aussi transformer le réel. Par exemple, une poupée pourra s'assimiler à une petite fille.
- Le dessin : cette activité symbolique se situe à mi-chemin entre le jeu symbolique et l'image mentale : l'enfant en retire un plaisir fonctionnel analogue à celui procuré par un jeu symbolique, mais, il essaie aussi de copier le réel à l'instar de l'image mentale.
- L'image mentale : c'est la représentation mentale d'un objet ou d'un évènement absent du champ de perception. Le signifiant est ainsi totalement différencié du signifié. Il existe deux catégories d'images mentales : les images mentales reproductrices représentant des images connues (image statique) ; les images mentales anticipatrices qui imaginent des mouvements ou des transformations (images cinétiques et images de transformation).
- Le langage : conventionné et arbitraire, il permet l'évocation d'éléments absents du champ de perception par l'utilisation de signes ayant une signification collective.

Pour reprendre ces différentes activités nous utiliserons l'exemple d'un chat. L'enfant connaît cet animal, il en a côtoyé durant son enfance et s'en est construit une image mentale. Il pourra ainsi l'imiter par un miaulement ou un lapement de lait, il pourra aussi le dessiner, se l'imaginer, jouer à « faire semblant d'avoir un chat » ou encore nommer l'animal.

2) Modification des conduites

a) Conduites de classification

Grâce aux schèmes sensori-moteurs, l'enfant construira des collections figurales puis des collections non-figurales qui lui permettront d'accéder à la classe, au sous-stade opératoire (A. Chalon Blanc, 2005).

1) *Collections figurales (2 ans à 4 ans ½ - 5 ans)*

« Les collections figurales résultent d'un groupement d'éléments concrets divers selon une disposition spatiale de ces éléments qui « produit » la signification de la collection » (B.Troadec, 1998). Les collections figurales constituent ainsi une figure où les relations spatiales unissent des différents éléments. Par exemple, l'enfant qui place un carré spécifique sous un triangle particulier pourra attribuer la signification de « maison » à la configuration obtenue. Le triangle et le carré appartiendront ainsi à la même collection figurale.

La pensée de l'enfant est ici caractérisée par l'importance de la perception dans la réalisation de collection ainsi que par la discontinuité (l'enfant procède par tâtonnements, sans continuité entre les différentes réalisations). (A.Chalon-Blanc, 2005).

A partir de la même consigne « mettre ensemble ce qui est pareil », l'enfant réalise trois types de collections figurales, qui se succèdent dans le temps : les alignements partiels ou continus, les objets collectifs et les objets complexes.

- Les alignements (2-3 ans)

- *Petits alignements partiels* : Ce sont des réactions primitives où l'enfant juxtapose des éléments et établit des relations de ressemblance de proche en proche. Par exemple, l'enfant place différents cercles, puis à côté d'un cercle bleu il mettra un carré bleu puis un triangle (figure à angle)...L'enfant construit différentes collections sans rapport entre elles.
- *Alignements continus* : L'enfant généralise l'alignement à tous les éléments, ce qui aboutit à un alignement total avec changement de critère. Comme précédemment, l'enfant construit sa collection en ne se préoccupant que de l'élément précédant celui qu'il ajoute.

- Les objets collectifs (3-4 ans) : composés d'objets homogènes

L'enfant parvient à conserver le critère de départ et forme une collection de carrés par exemple sur le plan horizontal et vertical. Cependant, ces relations de ressemblance vont rapidement se modifier en relations de convenance avec création d'objets complexes. Par exemple, l'enfant attrape un carré et cela lui fait penser à une maison, il attrape donc un triangle et l'objet collectif se termine par un objet complexe.

- Les objets complexes (4-5 ans) : composés d'objets hétérogènes

Ils sont géométriques (forme géométrique) ou empiriques (création d'une maison). Ici, les critères psychologiques (l'ennui, faire joli) priment sur les critères logiques (tous les carrés, tous les ronds)

(A.Chalon-Blanc, 2005)

2) Collections non-figurales (5 ans à 7-8 ans)

Ces collections sont dites non-figurales car, contrairement aux précédentes qui avaient pour but la création d'une figure d'ensemble, les éléments sont réunis sur le principe de ressemblance et différence. Cependant, on parle encore de collection et non de classe car il n'existe pas de hiérarchie inclusive des ensembles d'objets (B.Troade, 1998). L'enfant réalise de petits tas d'objets juxtaposés les uns aux autres par ressemblance, mais non inclus dans une classe plus générale (J.-M. Dolle, 2005).

Les ressemblances caractérisant ce stade ne sont pas absentes du stade précédent, mais on observe une « libération » vis-à-vis des facteurs figuraux. On observe un début d'ajustement entre compréhension et extension.

Ce stade voit apparaître les processus de rétroaction et anticipation. Lorsque l'enfant construit une classe, il va procéder par tâtonnements, rectifier par des corrections successives et rétroactives de sa production. Par ces tâtonnements, l'enfant parvient à une certaine anticipation. Celle-ci lui permet de dégager un critère unique ou encore de subdiviser une collection. (J.-M. Dolle, 2005). Ces processus caractérisent des méthodes « ascendante » et « descendante » de construction de collections par l'enfant.

- Méthode descendante : l'enfant réalise de grandes collections puis les divise. Par exemple il réalise la collection des animaux qu'il peut ensuite subdiviser en deux : chiens et chats.

- Méthode ascendante : l'enfant réalise diverse petites collections qu'il introduira dans des plus grandes. Par exemple, il réalise deux collections (chien et chat) qu'il peut par la suite, réunir en une seule : les animaux.

L'enfant ne parvient pas à coordonner ces deux méthodes et donc l'appartenance partitive.

Si l'enfant subdivise le groupe des animaux en deux (chat et chien), il ne comprend pas que ces deux collections fassent toujours partie de la classe des animaux. Ainsi à la question « est-ce que tous les animaux sont des chats ? » il répondra non, car il y a aussi des chiens représentés. Mais à la question « est-ce que tous les chats sont des animaux ? » il répondra non aussi, car « *Il pense à la partie A, le tout B cesse de se conserver comme unité* » (B.Troadec, 1998).

Ainsi, l'enfant commence à donner une signification au quantifieur « tous » mais son sens est absolu. L'enfant ne peut conserver le tout (animaux) quand il raisonne sur la partie (chat).

Il compare ainsi les parties entre elles (chien aux chats) et non la partie au tout. (A. Chalon-Blanc, 2005). L'anticipation s'avère nécessaire dans l'acquisition de l'inclusion (passage de l'opération directe à son inverse) mais elle l'est aussi pour régler le « tout » et la « partie ».

« *Les sujets, faute d'anticiper suffisamment, ne parviennent pas à dominer l'inclusion des classes* » (J.-M. Dolle, 2005).

L'inclusion n'étant pas acquise, l'enfant ne pourra pas quantifier des éléments de la classe et de la sous-classe. Dans notre exemple, il lui sera impossible de dire s'il y a plus de chats ou d'animaux, et inversement.

Les classifications multiplicatives ne seront quant à elles pas possibles car un même objet ne pourra pas appartenir à deux collections distinctes : l'intersection des classes est donc impossible. Par exemple, un chat bleu appartiendra soit à la collection des chats, soit à celle des animaux bleus. Finalement, à la fin de cette période, l'enfant pourra après de nombreux tâtonnements accéder à l'intersection des classes.

La pensée de l'enfant est, à ce stade, encore statique, irréversible : il lui est impossible de passer de la classe à la sous-classe sans manipulation. « *Mais les collections figurales sont les premières marques d'une différenciation nette entre l'infralogique et le logique, entre le continu et le discret* » (A. Chalon-Blanc, 2005).

b) Conduites de sériation

Nous avons vu précédemment qu'il existait des conduites de sériation au niveau sensori-moteur. Au cours du stade pré-opératoire, ces conduites vont évoluer vers une sériation effective. La sériation peut porter sur différents objets (poids, longueur,...) mais elle n'est réellement acquise que vers 7-8 ans. Nous ne parlerons ici que de la sériation des longueurs.

1) *Absence de sériation*

Jusqu'à environ cinq ans, le jeune enfant procède par abstraction empirique et assimilation. Il arrange les objets par couples ou groupes de trois ou quatre éléments qu'il ne pourra pas par la suite coordonner. Il n'y a donc pas de sériation.

(J. Piaget et B. Inhelder, 1959 ; J.-M. Dolle, 2005)

2) *Début de sériation*

A partir de cinq ans, l'enfant pourra comparer les éléments entre eux et établir une relation d'ordre grâce à l'abstraction réfléchissante. L'enfant va ainsi réussir la sériation par tâtonnements, comparaisons des éléments. Il ne parvient à insérer des éléments dans une suite ordonnée qu'après d'autres tâtonnements ou une nouvelle sériation. (J.-M. Dolle, 2005)

Conclusion

La pensée préopératoire, caractérisée par son égocentrisme initial, deviendra intuitive c'est-à-dire une forme de pensée pré-logique encore sous le joug de la perception. Elle permettra à l'enfant de se décentrer progressivement. Il existe deux types de pensées intuitives : simple et articulée. La première étant subordonnée à la perception et la seconde qui tend à s'en libérer (cf. : *constitution des invariants et conservations*).

La période préopératoire permet donc à la pensée égocentrique et figurative de l'enfant d'accéder à des représentations dynamiques, de plus en plus conceptuelles.

b. La logique opératoire (7-8 ans à 11-12 ans)

La logique des opérations concrètes apparaît vers 7-8 ans. Les structures opératoires construites vont permettre à l'enfant d'appréhender le monde de manière pertinente, non déformé par l'égocentrisme du stade préopératoire.

Piaget subdivise cette période en deux sous-périodes :

- 7-9 ans : opérations logico-mathématiques simples
- 9-11 ans : opérations infra-logiques et logico-mathématiques complexes.

Durant la deuxième sous période, l'enfant raisonne sur des concepts, des notions.

La pensée de l'enfant évolue ici d'une pensée pré-logique, intuitive, à une pensée logique portant sur des opérations.

« *Ce qui distingue fondamentalement l'opération et l'intuition, c'est que l'opération se rapporte aux transformations et non plus à une configuration d'ensemble* » (V. Laval, 2007).

Les transformations sont liées à un invariant et donc sont réversibles. La conservation est l'invariant du groupement des opérations concrètes c'est-à-dire la deuxième structure d'intelligence du développement de l'enfant.

1) Structures d'opération

Les actions deviennent des opérations. Ces dernières peuvent être intériorisées, pensées, et doivent être réversibles (F. Brin et col. 2004). L'enfant peut ainsi penser à une action et à son inverse. Ces opérations sont regroupées en structures. Il existe deux modalités de structures d'opérations : les premières sont dites infralogiques et les secondes, logico-mathématiques.

I. Opérations infralogiques

Les opérations à caractère infralogique sont formatrices de la notion d'objet (J.-M. Dolle, 2005). Elles permettent de structurer l'objet à partir de données spatiales (volume) et physiques (substance par exemple) extraites par abstraction réfléchissante. Elles concernent la composition interne des objets, contrairement aux opérations logico-mathématiques qui réunissent et/ou ordonnent les éléments. Elles sont ainsi fondées sur les voisinages et les séparations (V. Laval, 2007).

Ainsi les opérations infralogiques regroupent la conservation des quantités continues, dont nous parlerons ci-après, et les conservations de volume (physique et spatial), poids et surface.

II. Opérations logico-mathématiques

Les opérations concrètes de caractère logico-mathématique portent « *exclusivement sur les ressemblances (classes et relations symétriques), les différences (relations asymétriques) ou les deux à la fois (nombre), entre objets discrets, réunis en ensembles discontinus et indépendants de leur configuration spatio-temporelle* » (J.-M. Dolle, 2005).

Autrement dit, les opérations logico-mathématiques portent sur des éléments discontinus, distincts les uns des autres, que l'enfant va réunir, ordonner et ainsi pouvoir dénombrer.

Les actions de l'enfant sont indépendantes de l'espace. En effet, ce n'est pas parce qu'une poupée est à côté ou au-dessus d'une balle qu'elles vont créer une classe. Ces objets peuvent être réunis parce qu'ils font partie de la classe des jouets ou des objets blancs par exemple.

La classification, la sériation et le nombre se constituent vers 7-8 ans, c'est-à-dire au début du stade des opérations concrètes.

Avant 7 ans, ces modalités de structures d'opérations sont confondues. Au stade opératoire concret, l'enfant distingue les opérations infralogiques des opérations logico-mathématiques. Finalement ces deux types d'opérations seront réunis dans un ensemble appelé les connaissances logico-mathématiques.

Nous allons tout d'abord faire un lien entre la pensée de l'enfant et la constitution des invariants (conservation), base nécessaire aux structures logiques. Nous aborderons ensuite les opérations logico-mathématiques : classification, sériation et le nombre (conservation des quantités discontinues).

2) Pensée réversible

I. Définition

La réversibilité « caractérise ce qui peut revenir en arrière, ce qui peut se produire en sens inverse » (F. Brin et coll., 2004). L'acquisition de la réversibilité va modifier la pensée de l'enfant en la rendant plus mobile. En effet, « la réversibilité de la pensée est liée à la capacité de pensée à se décentrer pour envisager mentalement un retour en arrière et annuler la transformation perçue dans le monde physique (en revenant à l'état initial) » (F. Brin et coll., 2004). Elle résulte de la coordination entre les deux processus, anticipation et rétroaction, décrits au stade précédent.

Selon A. Chalon-Blanc, il existe deux types de réversibilités propres aux groupements :

- La réversibilité par inversion où une opération directe peut être associée à son inverse.

Par exemple si $A < B$ alors $B > A$

- La réversibilité par réciprocity où pour chaque opération directe A, existe une opération B qui la compense. Par exemple, plus la boule s'aplatit (A) plus elle s'étale (B).

La réversibilité s'opère sur les actions de l'enfant (réunir, ordonner) ou sur les transformations (décalage de baguettes, écrasement d'une substance,...).

Cependant, même si la pensée de l'enfant est mobile, « *l'enfant pense à l'action inverse puis à l'action réciproque ou inversement mais il ne peut penser les deux simultanément.* » (J.-M. Dolle, 2005).

II. Constitution des invariants et conservations

« *Si l'activité cognitive de l'enfant devient opératoire, cela veut dire qu'elle est réversible d'une part, mais qu'elle repose sur des invariants d'autre part* » (J.-M. Dolle, 2005). En effet, la réversibilité repose sur des notions de conservation, des invariants (opérations infralogiques) permettant de revenir à un état initial même après transformation. Il ne serait pas possible de concevoir la réversibilité s'il n'était possible de revenir à un état initial. Ainsi, la notion de conservation est étroitement liée à celle de la réversibilité.

Les conservations s'acquièrent au cours du temps. Au stade des opérations concrètes, l'enfant se constitue un ensemble de schèmes de conservation (ou notion de conservation) en lien avec une structuration logico-mathématique.

Il existe trois étapes pour acquérir une conservation (J.-M. Dolle, 2005 ; B.Gueritte-Hess et coll., 2005) :

- Absence de conservation (intuition simple): l'enfant est centré sur une seule dimension et reste dans le domaine de la perception. Par exemple, il restera centré sur la longueur « c'est plus long parce que ça dépasse ».
- Semi-conservation (intuition articulée): c'est une période de transition où l'enfant affirme la conservation dans les cas les plus simples et la nie dans les cas plus complexes. L'enfant ne se fie plus seulement à sa perception mais hésite encore quant à l'invariance de la quantité totale.
- Conservation : La conservation s'impose ici comme une évidence. Il peut utiliser trois arguments pour justifier ses réponses :
 - o Argument d'identité : « on en n'a pas ajouté, pas enlevé ».

- Argument de réversibilité par inversion : « on peut remettre comme avant ».
- Argument de réversibilité par compensation : par exemple pour l'épreuve de la conservation de la substance où l'on aplatit une boule de pâte à modeler « c'est moins haut, mais c'est plus étalé sur la table ».

Selon V. Laval en 2007, ces arguments sont en faveur d'un système d'opérations comprenant : l'opération directe (la transformation), l'opération inverse (conduite retour), l'opération identique (coordination des deux premières : retour à l'état initial et de nouveau, transformation) qui assurent la réversibilité.

III. Les conservations

Les conservations s'appliquent sur deux types de quantités : discontinues et continues.

- Conservations des quantités discontinues : elles portent sur des objets distincts les uns des autres que l'enfant pourra dénombrer. Cette conservation évolue en parallèle de la correspondance terme à terme précédemment décrite.
- Conservations des quantités continues : elles concernent les objets qui ne se dénombrent pas mais qui se mesurent à l'aide d'unités artificielles segmentant le continu en discontinu (F.Brin et coll., 2004). Les quantités continues sont physiques (substance, poids, volume) et spatiales (longueur, aire,...).

Les notions de conservations ne s'établissent pas toutes à la même vitesse. « *En général, la conservation des quantités discontinues précède légèrement celle des quantités continues* » (B.Gueritte-Hess et coll., 2005)

« *Les schèmes de conservation, essentiels à l'élaboration de la pensée réversible, s'élaborent en même temps que les structures logico-mathématiques de classification, relation et nombre* » (F. Brin et coll., 2004).

Notre objet d'étude étant le développement de la logique, nous ne décrirons pas l'acquisition des différentes conservations des quantités continues pour nous centrer sur la sériation, la classification et le nombre.

3) Les opérations logico-mathématiques

Grâce à l'abstraction réfléchissante, l'enfant est capable de raisonner sur des transformations. Cette abstraction et la réversibilité lui permettent de passer de conduites pré-opératoires de sériation et de classification, à des opérations logico-mathématiques. En outre, il passe de la non-conservation à la conservation de quantités discontinues.

a. Sériation

Les opérations de sériation regroupent les objets selon leurs différences ordonnées (J.-M. Dolle, 2005). Au stade sensori-moteur, nous avons vu qu'il existait des conduites de sériation (emboîtement, encastrement). Au stade des opérations concrètes, on assiste à une reconstruction de la sériation sur le plan de la représentation.

En effet, l'anticipation et la réversibilité permettent à la sériation d'être opératoire c'est-à-dire « *mobile et souple : chaque terme est considéré en lui-même et dans ses rapports avec les autres et cela dans n'importe quel ordre donné* » (B.Gueritte-Hess et coll., 2005). L'enfant parvient à la « *conjonction de deux relations* » (F.Jaulin-Mannoni, 1974), c'est-à-dire que l'enfant arrive à considérer qu'un objet soit à la fois *plus grand et plus petit* qu'un autre. La réversibilité prend ici la forme de la réciprocité et non de la négation comme ce sera le cas pour les classifications (V. Laval, 2007). L'enfant sera aussi capable d'intercaler un élément dans une suite sériée sans avoir besoin de remettre en ordre tous les bâtons.

Les opérations de sériation peuvent s'appliquer à différents domaines (longueur, poids,...) mais il ne s'agit que d'une seule opération.

D'après B.Gueritte-Hess et coll., la sériation est en premier lieu une relation d'ordre présentant deux caractéristiques de transitivité et d'antisymétrie:

- Transitivité : dans un ensemble d'éléments, si A est en lien avec B et B est en lien avec C alors A sera en lien avec C. Par exemple, dans une relation d'ordre, si $A < B$ et $B < C$ alors $A < C$
- Antisymétrie : la relation d'ordre ne peut être symétrique. Dans l'exemple précédent, si $A < B$ alors, la relation symétrique, $B < A$ est impossible.

A ce stade, l'enfant est capable de sérier une collection.

b. Classification

I. Des collections non-figurales aux classes

A ce stade, l'enfant accède à la classe grâce à l'acquisition de la réversibilité. On note une « *coordination souple entre la compréhension et les extensions des classes* » (A. Chalon-Blanc, 2005). Avec une méthode de classement plutôt descendante, l'enfant prévoit son classement (par couleur) et le réalise dans un second temps avec rectification si nécessaire. La pensée gagne ainsi en anticipation et rétroaction : l'enfant peut modifier une classification (ajout et retrait) mais aussi extraire plusieurs critères sans perturber sa classification. La classification s'avère ainsi stable et équilibrée.

La relation de ressemblance devient ici, relation d'équivalence où les éléments appartiennent à une même classe. Ces éléments deviennent, grâce à l'inclusion, des unités équivalentes et substituables entre-elles ; les différences sont ignorées au profit de la seule propriété commune (A. Chalon-Blanc, 2005). Par exemple, dans une classe d'animaux, tout chien est substituable à un autre : un boxer vaut un berger allemand ou un briard.

Ainsi, la collection s'est libérée de toute assignation figurale. « *Les éléments discrets qui composent la collection devenue une classe sont des unités totalement substituables occupant des places quelconques* » (A. Chalon-Blanc, 2005). Grâce à l'abstraction réfléchissante l'enfant peut extraire des propriétés de l'objet, non inscrites sur l'objet même, et ainsi, s'abstraire du perceptif pour réaliser des classes d'objets visuellement différents. Par exemple, il classera ensemble une balle et une poupée car ce sont des jeux pour enfants. La balle est ici équivalente à la poupée : au sein de cette classe, elle peut lui être substituée.

II. Définition de la classe

1. Besoin de catégoriser

« *Classer est une activité purement humaine* » (B. Gueritte-Hess et coll., 2005). Selon J. Bideau et O. Houdé cités par A. Chalon-Blanc en 2005, la catégorisation est une conduite adaptative qui permet à l'homme d'organiser son environnement pour en réduire la complexité. Catégoriser est donc une conduite nécessaire à l'homme dans son environnement.

Selon A. Chalon-Blanc, en 2005, il existe deux types de catégorisations :

- La première consiste en un découpage de l'espace en scripts, schémas ou classes collectives. Ainsi, les divers éléments composent un objet total réel ou figuré (dessin, photo, film). On assiste ainsi, à un emboîtement partitif des différents éléments à l'objet total. Pour illustrer ce propos, prenons l'exemple du corps humain. La main est solidaire du bras, qui est lui-même solidaire de la poitrine et ainsi de suite. Tout ceci nous permet de reconstituer le schéma corporel. Ces catégories permettent la fixation du temps et de l'espace.
- La seconde est la classification (indépendante du temps et de l'espace)

2. Classification

« Une classe n'existe jamais isolément. Elle appartient à un système de classification » (A. Chalon-Blanc, 2005). On peut ainsi se poser la question : Qu'est-ce qu'un système de classification ?

C'est un système permettant de classer, de réunir ensemble des objets vérifiant au moins une propriété commune.

La classe est définie par sa compréhension (la propriété commune et les différences) et son extension (nombre d'objets vérifiant cette propriété). L'extension permet l'appartenance inclusive d'un élément à la classe. Cette appartenance permet ainsi une seconde relation : celle de la partie et du tout.

En résumé, les classes logiques sont caractérisées par ce qu'elles sont et ne sont pas (compréhension) ainsi que par les relations d'appartenance des différents éléments à la classe (extension). « Une classe est alors définie par la coordination exacte de la compréhension et de l'extension » (B. Troadec, 1998).

III. Inclusion des classes et classification multiplicative

L'acquisition de l'inclusion signe l'achèvement de la classification opératoire dans le stade des opérations concrètes. A ce stade, l'inclusion ne porte encore que sur des collections concrètes (J.-M. Dolle, 2005).

a. Inclusion

La relation d'inclusion, dont le symbole est \subseteq , est la relation d'appartenance liant deux classes différentes. Par exemple, l'inclusion de A dans B est telle que tous les éléments de A appartiennent à la classe B, mais, tous les éléments de B n'appartiennent pas nécessairement à la classe A.

Ainsi, les relations d'inclusion peuvent être de trois types :

- Relation réflexive : $A \subset A$
- Relation antisymétrique. Si $A \subset B$ et $B \subset A$ alors $A=B$
- Relation transitive : si $A \subset C$ et $B \subset C$ alors $A \subset C$

En outre, l'inclusion peut permettre d'établir un ordre, une hiérarchie entre les classes.

Par exemple, si $A \subset B$ alors $A \leq B$.

L'inclusion est l'aboutissement de la classe dans la théorie piagétienne. En effet, à ce stade, l'enfant est capable de coordonner compréhension et extension pour rassembler plusieurs classes en une seule, diviser une classe en plusieurs sous-classes. L'enfant parvient, contrairement au stade précédent, à penser le « tout » et la « partie ».

Finalement, à la question précédente « est-ce que tous les animaux sont des chats ? », l'enfant peut répondre non car il a compris que les chats sont une sous-classe des animaux (classe principale). De plus, l'enfant peut quantifier l'inclusion en se libérant de sa perception, et ainsi, répondre qu'il existe plus d'animaux que de chats.

b. Les classes multiplicatives

La classification multiplicative consiste à classer selon différents critères. Par exemple, il est demandé à l'enfant de classer des ronds et des carrés qui peuvent être bleus ou rouges. Ainsi, il est possible de classer par couleur ou par forme. Les classes multiplicatives amènent ainsi à la constitution de tableaux à double entrée.

Ces classifications apparaissent plus tardivement au stade opératoire car elles s'avèrent plus complexes qu'une classification additive (consistant à ne classer que selon un seul critère). D'après J. Piaget, cité par J.-M. Dolle en 2005, elles constituent à la fois l'achèvement de la logique des classes et le départ des proportions et des ensembles.

Ainsi, selon J.-M. Dolle, « *le groupement multiplicatif des classes (et des sériations) constitue une sorte de synthèse qui prépare aux opérations formelles ultérieures.* »

4) Nombre : conservation des quantités discontinues

A ce stade, la sériation et classification fusionnent pour construire le nombre. « *Pour apprendre à compter avec sens, il est nécessaire de comprendre que le nombre reste le même quelle que soit la disposition des unités qui le composent de façon matérielle [...] le nombre qui présente cette quantité n'est intelligible que s'il demeure identique à lui-même* » (B. Gueritte-Hess et coll., 2005).

Comme nous l'avons vu dans la partie I, la correspondance terme à terme solde l'acquisition du nombre. C'est à cette époque que l'enfant acquiert une correspondance opératoire. Le nombre, invariant malgré les diverses transformations, est désormais la somme de ses parties : la quantité est donc construite.

Conclusion

A la fin de ce stade, l'enfant a différencié les opérations logico-mathématiques des opérations infralogiques. Il va ainsi se créer des invariants mais aussi pouvoir introduire de nouvelles propriétés dans l'objet (grâce à l'abstraction réfléchissante). Ainsi un objet pourra être sérié, classifié, dénombré...Le concept nombre est construit.

4. La logique des opérations formelles (stade des opérations formelles)

« *L'adolescence est l'âge des grands idéaux et des projets d'avenir* » (B.Golse, 2008). A la base de cet essor affectif et social se trouve une mutation de la pensée de l'enfant. En effet, « *vers 11-12 ans, l'enfant parvient à se libérer du concret, à penser le possible et à raisonner abstraitement, sans avoir besoin de s'appuyer sur des manipulations comme ce qui s'est passé au cours du stade précédent.* » (Tran-Thong, 1992). Ce stade est donc défini par l'apparition de la pensée formelle et du raisonnement hypothético-déductif.

Ces deux concepts sont à définir

- La pensée formelle s'opère sur du matériel symbolique, sur des systèmes de signes tels que le langage ou les signes mathématiques.

- Le raisonnement formel, quant à lui, procède par hypothèses et déductions. On le nomme « hypothético-déductif » car il permet à l'enfant de réaliser des déductions à partir de pures hypothèses. L'enfant ne se base donc plus seulement sur ses observations réelles.

L'adolescent va avoir accès à une conscience réflexive où il ne s'agit non plus seulement d'appliquer des opérations à des objets (c'est-à-dire d'exécuter en pensée des actions possibles sur ces objets), mais de « réfléchir » ces opérations indépendamment des objets : ceux-ci seront remplacés par de simples propositions.

Les opérations infralogiques et logico-mathématiques, différenciées au stade précédent, vont se grouper en connaissances logico-mathématiques.

Le passage entre le stade des opérations concrètes (reposant sur des structures élémentaires que sont la classification, sériation) et le stade de la pensée formelle s'effectue grâce à la mise en place des opérations combinatoires.

La mise en place de la pensée formelle s'accompagne de l'établissement de nouveaux schèmes opératoires : les proportions, notions de probabilités, les opérations combinatoires,...

Conclusion

La pensée de l'adolescent est maintenant libérée du concret, il est parvenu au raisonnement hypothético-déductif, aboutissement de la logique. Il peut maintenant avoir accès à l'abstraction et « *entrer dans le monde de la spéculation* » (B.Golse, 2008).

5. Critique de la théorie piagétienne

Nous avons décrit ici, le développement de la logique comme J. Piaget l'a analysé. Cependant il ne faut pas oublier que le nombre est aussi un « *objet culturel* » (J. Bideaud, 1997 citée par B. Troadec, 1998). En effet, l'enfant vit et se développe dans un environnement numérique, régi par des pratiques sociales, qui guident sa conquête du nombre. Par ailleurs, les travaux de O. Houdé, cités par A. Chalon-Blanc en 2005, ont montré des capacités numériques précoces chez le bébé et donc des capacités numériques innées non-explorées par la théorie piagétienne.

De plus, les nouvelles théories du développement de l'enfant sont en faveur d'un développement non-linéaire. Entre autres, O. Houdé postule que se développer consiste non seulement à construire et activer des stratégies cognitives, mais aussi, à apprendre à inhiber des stratégies. Une autre théorie modélise le développement de l'enfant comme un système dynamique où l'apprentissage est irrégulier avec des explosions et des effondrements.

Finalement, le nombre posséderait une part d'acquis mais aussi d'inné. Il contient des composantes logiques (classifications, relations) mais reste un objet culturel, qui se développe durant l'enfance dans des environnements sociaux et scolaires, régis par des pratiques sociales, qui façonnent son développement.

Nous avons ainsi décrit notre objet d'étude, le nombre, et vu le développement cognitif de l'enfant à travers le modèle piagétien. Ces connaissances vont nous permettre de mieux appréhender la description des troubles logico-mathématiques.

PARTIE III : LES TROUBLES DU RAISONNEMENT LOGICO-MATHEMATIQUE ET LEUR REEDUCATION

Nous commencerons par une description non exhaustive des troubles du raisonnement logico-mathématique. Puis, nous aborderons très brièvement les formations habituellement proposées aux orthophonistes pour rééduquer ces troubles. Enfin, nous ferons un tour d'horizon des différents supports permettant de développer la sériation et la classification (multiplicative et inclusive).

1. Troubles du raisonnement logico-mathématique

La dyscalculie ou trouble du raisonnement logico-mathématique, ou encore trouble des apprentissages en mathématiques...est un trouble complexe qui n'est pas encore réellement défini. Bien des auteurs se sont penchés sur la question sans pour autant arriver à un consensus d'une définition ou d'une classification de ces troubles

Cette partie présentera un éventail des données actuelles à ce sujet. Tout d'abord nous définirons ce qu'est la dyscalculie, puis nous verrons ses diverses caractéristiques (prévalence, comorbidité, hérédité). Ensuite, nous explorerons la nature et les causes des troubles du raisonnement logico-mathématique. Enfin, nous présenterons une classification des dyscalculies ainsi que leurs conséquences.

a. Définitions

1) Le trouble

Les difficultés scolaires de l'enfant nécessitent un diagnostic différentiel entre les enfants dont le trouble est secondaire, c'est-à-dire dérivé d'une cause directement repérable, et ceux où aucune cause évidente n'est décelée.

Pour les premiers, l'origine des troubles peut être de deux natures :

- **Extrinsèque** : origine liée à une stimulation psycho-sociale pauvre, à un environnement familial néfaste, à un enseignement irrégulier ou inadapté.
- **Intrinsèque** : trouble sensoriel (vue ou ouïe), retard mental, troubles neurologiques importants ou graves psychoses.

Pour les seconds, n'ayant pas de causes connues, il s'agit de troubles d'apprentissages. Ceux-ci peuvent être de deux types :

- **Troubles transitoires** (assimilable au retard simple) où le retard moins important, est plus homogène. En outre, les erreurs se retrouvent chez un enfant plus jeune.
- **Trouble durable où le retard est plus marqué** (retard d'au-moins 2 ans par rapport à l'âge ou le niveau scolaire) avec une hétérogénéité plus importante des réussites et échecs aux épreuves. De plus, les erreurs sont dites pathologiques ne se trouvant qu'exceptionnellement ou pas dans le développement normal d'un enfant.

(A. Van Hout et coll., 2005)

2) La dyscalculie

Les auteurs définissent communément la dyscalculie comme des troubles sévères des apprentissages numériques sans atteinte organique ou déficience mentale identifiée.

Les recherches concernant ce trouble n'en sont qu'à leur début. Ainsi il n'y a pas de réel consensus à ce débat. Cependant deux définitions semblent importantes à retenir : celle de Kosciuszko en 1974, qui définit la dyscalculie comme un «*trouble structurel des habiletés mathématiques dont l'origine est génétique ou liée à un problème congénital affectant les aires cérébrales qui sont le substrat anatomophysiologique direct de la maturation des habiletés mathématiques sans trouble simultané des fonctions mentales plus générales.*» et celle de Temple en 1992 pour qui il s'agit «*d'un trouble des compétences numériques des habiletés en arithmétiques qui se manifeste chez des enfants d'intelligence normale qui ne présentent pas de déficits neurologiques acquis.*» (Expertise collective, 2007).

Les troubles de l'acquisition des mathématiques définis par le DSM IV (F. Lussier et coll., 2005):

- Les aptitudes en mathématiques, évaluées par des tests sont nettement en-dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel (mesuré par des tests) et d'un enseignement approprié pour son âge.
- La perturbation décrite dans le premier critère interfère de façon significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante faisant appel aux mathématiques.
- S'il existe un déficit sensoriel, les difficultés en mathématiques dépassent celles habituellement associées à celui-ci.

Les troubles spécifiques de l'acquisition de l'arithmétique définis par les critères de la CIM-10 (F. Lussier et coll., 2005):

- A. La note obtenue à un test standardisé de calcul se situe à au-moins deux écarts-types en dessous du niveau escompté, compte tenu de l'âge chronologique et de l'intelligence générale de l'enfant.
- B. Les notes obtenues à des épreuves d'exactitude et de compréhension de la lecture, ainsi que d'orthographe se situe dans les limites de la normale (+/- deux écarts-types de la moyenne)
- C. Absence d'antécédents de difficultés significatives en lecture ou en orthographe
- D. Scolarité dans les normes habituelles (c'est-à-dire absence d'insuffisances majeures dans les conditions de la scolarité suivie par l'enfant)
- E. Présence de difficultés en arithmétique dès les premiers stades de l'apprentissage du calcul
- F. La perturbation décrite en A interfère de façon significative avec les performances scolaires ou avec les activités de la vie courante qui font appel à l'arithmétique
- G. Critère d'exclusion le plus couramment utilisé : le QI, évalué par un test standardisé passé de façon individuelle, est supérieur à 70

b. Prévalence et comorbidité

Prévalence

La prévalence de la dyscalculie développementale varie 3,6 à 7,7% avec un sexe ratio de 1. La variabilité des critères diagnostiques peut expliquer cet écart.

Souvent, dyslexie et dyscalculie sont deux troubles que l'on considère comme équivalents pour la prévalence. Cependant, la dyscalculie pure se rencontrerait plus rarement que la dyslexie isolée.

Comorbidité

La dyscalculie présente une comorbidité importante avec d'autres difficultés d'apprentissages (langage oral et écrit). En effet, « *Sauf exception, elles 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* » (A. Van Hout, 2005).

En outre, certains syndromes génétiques comme les syndromes de l’X fragile, de Turner et de William Beuren ont été associés à des troubles prédominants pour le calcul.

c. Nature des troubles

Les enfants dyscalculiques souffrent de troubles qui affectent les aspects procéduraux, mais aussi, conceptuels des activités de calcul et de comptage, ainsi que, la mémorisation des faits numériques qui résulte habituellement de ces activités (P. Barrouillet, 2006).

Ainsi, différentes études ont montré que les enfants dyscalculiques continuent à utiliser tardivement des stratégies de résolution de comptage primitives (comptage sur les doigts, comptage verbal) et ce avec moins de précision que les enfants non-dyscalculiques. Ceci pourrait s’expliquer par des difficultés dans les activités numériques élémentaires comme le dénombrement, la comparaison de petites quantités ou encore l’identification de chiffres. Enfin, les difficultés de récupération directe des résultats sont unanimement reconnues avec davantage d’erreurs et une variabilité atypique des temps de récupération.

d. Les causes de la dyscalculie

Une contribution génétique peut être à l’origine de l’apparition de ces troubles. En effet, certaines études ont démontré que « *le taux de problèmes d’apprentissage en mathématiques parmi les parents au premier degré d’un enfant dyscalculique est beaucoup plus élevé que le taux observé dans la population générale (Shalev, Manor Kerem, Ayali, Badichi, Friedlander & Gross- Tsur, 2001)* » (P. Noël, 2007). En outre, d’autres études ont montré que la probabilité d’être dyscalculique, si son jumeau l’est aussi, est plus importante chez les jumeaux homozygotes que chez les jumeaux hétérozygotes. Enfin, de nombreux syndromes génétiques, cités plus hauts, sont associés à d’importantes difficultés dans le domaine du numérique.

Cependant, la dyscalculie développementale n’a pas de cause identifiée.

Différentes hypothèses sont avancées :

- Faiblesse de la mémoire de travail et de l’administrateur central qui expliquerait les erreurs de comptage et l’utilisation des doigts pour contrôler le comptage. En outre, ce déficit empêcherait la constitution d’un réseau de faits arithmétiques dans la mémoire à long terme.
- Déficit d’accès à la représentation du nombre à partir de codes symboliques

- Causes anatomiques :

- Aujourd'hui, la majorité des scientifiques pensent que « *la dyscalculie serait liée à un trouble primaire de la perception des nombres, en rapport avec une désorganisation du lobe pariétal et en particulier de la région intrapariétale* » (Expertise collective, 2007).

- D'autres études cherchent des anomalies cérébrales dans la dyscalculie. Ces anomalies microscopiques affecteraient la densité neuronale, le degré de myélinisation des axones ou encore les connections neuronales.

e. Aspects du nombre et dyscalculies

Aspects du nombre

M. Mazeau distingue en 1999 trois versants du nombre:

- **Versant logique**, où, selon les travaux de J. Piaget, le nombre résulte de la synthèse entre l'ordre et la classe.

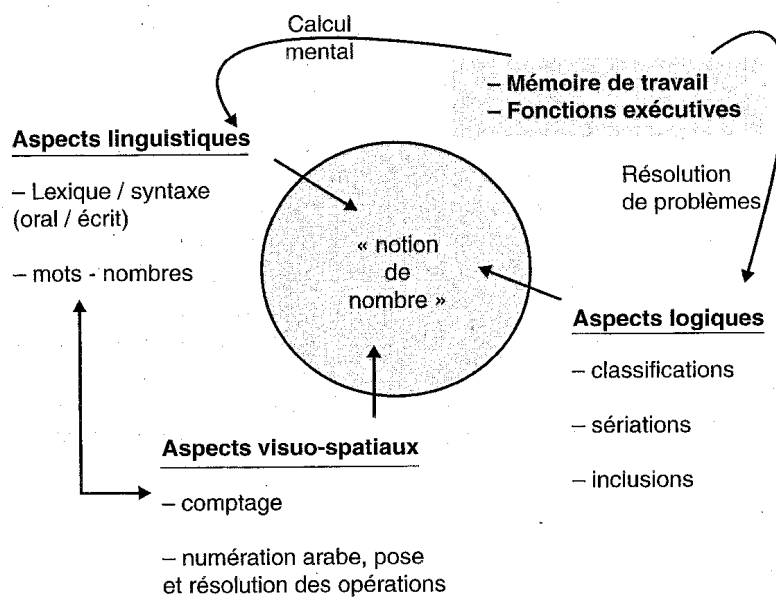
- **Versant linguistique**, où, d'après des travaux de G. Deloche et Seron, cité par A. Mirassou en 2003, le calcul est un sous-ensemble du domaine linguistique. En effet, le nombre s'élabore à partir de la chaîne numérique et donc du langage : les aspects verbaux ont ainsi une grande incidence sur la constitution du nombre.

- **Versant spatial** qui intervient dans deux aspects du nombre et de la numération :

1. Perception de collections, de grandeurs, réalisations d'actions (transformation de collection par ajout, retrait, permutation,...et comparaison) et comptage d'éléments de collection.
2. Numération arabe qui repose sur une numération de position, en base 10, et techniques opératoires engagées (respect de l'alignement vertical, procédure de droite à gauche pour l'addition, soustraction et multiplication,...) (M. Mazeau, 1999).

De plus, le calcul nécessite l'intervention des compétences mnésiques (mémoire des faits numériques, mémoire de travail,...) et les fonctions exécutives (organisation des opérations mentales, inhibition de schèmes automatiques non pertinents,...).

Un schéma extrait de *Neuropsychologie et troubles des apprentissages : du symptôme à la rééducation* de M. Mazeau publié en 2005 résume cette partie :



Principales fonctions cognitives engagées dans les activités arithmétiques

Ainsi, il existe différents aspects des nombres. Ces différents versants peuvent être touchés séparément. Ainsi, « *il existe cliniquement plusieurs sortes de dyscalculies, dont les symptômes, les mécanismes et les prises en charges seront donc très différentes* » (M. Mazeau, 1999).

Dyscalculies

Comme nous l'avons vu plus haut, il existe trois versants du nombre, et donc, différents types de dyscalculies. A. Mirassou (2003) reprend le point de vue de M. Mazeau et décrit les difficultés pour chaque type de dyscalculie :

- **Dyscalculie et troubles visuo-practo-moteurs** : la symptomatologie s'exprime d'une part, par des troubles de la coordination motrice qui entraînent des difficultés de pointage (nécessaires au dénombrement) ainsi que des difficultés de correspondance terme à terme ; d'autre part, des troubles des praxies constructives (dans la production de chiffres et tracés) ainsi que des troubles visuo-spatiaux influant sur le dénombrement, erreurs d'écritures, pose et résolution d'opérations...

- Dyscalculie et compétences linguistiques : la récitation de la comptine numérique est altérée et surtout en ce qui concerne les mots irréguliers, les noms des dizaines (par exemple : 50=quarante-dix) et à fortiori pour les dizaines syntaxiques (70/90). Il existe aussi des erreurs syntaxiques liées à l'aspect verbal (du type 220=20020). En outre, des difficultés de mémorisation, évocation, concrétisation de certains mots spécifiques au vocabulaire mathématique peuvent exister.
- Dyscalculie et trouble de la logique : « *les difficultés touchent globalement la structuration de la pensée logico-mathématique* » (A. Mirassou, 2003). En effet, A. Mirassou précise qu'il existe des « *lacunes importantes en logique élémentaire (classifications, sériations) avec persistance de défauts de décentration et de régulation des données opératoires* ». Les conservations, notamment celles des quantités discontinues, ne sont pas présentes. L'enfant reste sensible au leurre perceptif. Il existe des difficultés de transcodage (mauvaise compréhension de la notion de rang, de la base 10,...). En bref, des difficultés peuvent apparaître dans toute opération faisant appel au raisonnement (comparaison, rangement en ordre croissant ou décroissant par exemple).

f. Conséquences

L'importance du nombre dans les activités quotidiennes est souvent sous-estimée. En effet, celui-ci intervient dans diverses situations quotidiennes. Par exemple, l'achat d'un vêtement soldé, un virement bancaire, le choix d'un cadre pour un tableau de telle dimension, prévoyance d'une heure particulière pour partir et ne pas être en retard...

C'est pour cela que la dyscalculie peut avoir des conséquences à trois niveaux de la vie de l'individu : vie scolaire, quotidienne, affective et sociale.

L'apprentissage scolaire pose de grandes difficultés car la mauvaise acquisition de bases entrave les acquisitions ultérieures. Les enfants dyscalculiques mettent en place des stratégies pour pallier leurs difficultés. Cependant, celles-ci ne durent qu'un temps et ne peuvent remplacer l'acquisition adéquate de la notion. En grandissant d'autres stratégies leur permettront de s'organiser au quotidien (utilisation d'un tiers pour les comptes,...).

Enfin, au niveau de l'affectivité, la dyscalculie peut engendrer un sentiment d'échec et de perte d'estime de soi.

CONCLUSION

Ainsi, la dyscalculie est un trouble important qui a de grandes répercussions sur l'enfant qui en est atteint. Si nos connaissances sont encore limitées à ce sujet, la recherche continue d'avancer.

Il est nécessaire d'aider ces enfants. Mais quels moyens sont à notre disposition ? Nous allons essayer de répondre à cette interrogation en présentant les différentes formations et le matériel disponible aidant à la rééducation de ce trouble. Ceci nous permettra ensuite de présenter le matériel « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion ».

2. Rééducation et matériel

La formation de base n'est pas suffisante pour appréhender la réelle complexité des troubles logico-mathématiques. C'est pour cela qu'il existe des formations complémentaires participant à la formation continue des orthophonistes. Nous n'en citerons que trois : GEPALM, COGI'ACT et Emmanuelle Métral formations.

Ces diverses formations visent, entre autres :

- *La connaissance des structures du raisonnement logico-mathématique et leur développement.* Cette connaissance permet de mieux appréhender l'origine des difficultés et ainsi de mieux comprendre comment les résoudre.
- *L'enseignement de techniques de rééducation.* Ceci permet l'adaptation du thérapeute à son patient par la création d'une infinité de supports pour la prise en charge de patients dyscalculiques (B. Gueritte-Hess et coll., 2005).





Bien souvent, le support papier-crayon est privilégié car l'enfant doit faire, expérimenter, pour mieux s'approprier les concepts. Cependant, le support du jeu, outil orthophonique, peut s'avérer pratique et intéressant pour explorer différemment les mêmes notions et permettre à l'enfant de généraliser ses acquisitions.


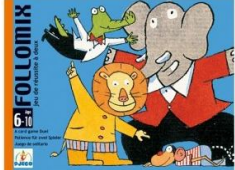
De nombreux jeux existent pour travailler le domaine des mathématiques. Cependant, nous nous appliquerons, ici, à dresser une liste non exhaustive du matériel manipulable existant pour travailler spécifiquement la sériation et la classification (sujets de notre étude). La recherche de matériel s'est faite auprès de différents éditeurs (spécifiques ou non au

domaine de l'orthophonie) : Ortho édition, Mot à mot, Hop Toys, Fnac éveil et jeux et Nathan.




Cette liste peut sembler ténue mais nombre de jeux sont développés pour travailler le transcodage, le raisonnement, les problèmes,...et font ainsi intervenir la chaîne numérique. Il nous a semblé important d'inventorier des jeux analogues au matériel de cette étude, c'est-à-dire des jeux manipulables travaillant la sériation et la classification sans intervention de la numération.



a. Sériation



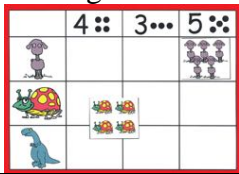


NOM / PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
<p><u>10 carrés de couleur</u></p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce matériel se compose de dix carrés de tailles et couleurs différentes. Il permet entre autres l'ordonnance des carrés, leur comparaison par superposition ainsi qu'un codage de couleur. Il permet aussi d'appréhender les relations de sériation.</p>
<p><u>Les vers à mesurer</u></p> 	<p><i>Hop toys</i></p>	<p>Ce matériel contient 80 vers de terre et un guide pédagogique permettant un travail de mesure, comparaison et sériation de longueurs. Le travail de concepts géométriques (ex : perpendicularité,...) peut être envisagé.</p>
<p><u>1-10 Maths</u></p> 	<p><i>Hop toys</i></p>	<p>Le but du jeu est de sortir d'un labyrinthe. Pour cela, les joueurs disposent de réglettes qu'ils vont poser sur le plateau de jeu. Attention, la réglette ne doit pas sortir du chemin tracé.</p> <p>Le joueur possédant la plus petite réglette à sa sortie du labyrinthe gagne la partie. Ce jeu permet ainsi le travail des ordres de grandeur, la représentation visuelle des chiffres et la logique.</p>
<p><u>Bata-waf</u></p> 	<p><i>Hop toys Fnac éveil et jeux</i></p>	<p>Ce jeu de carte est un jeu de bataille où sont représentés des chiens de tailles différentes. A chaque tour, les joueurs tournent une carte et celui qui possède le chien le plus grand remporte le pli.</p>





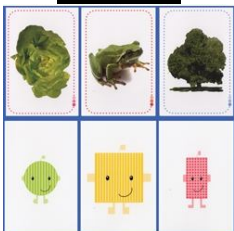
NOM/PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
<p><u>Les animaux gigognes</u></p> 	<i>Fnac éveil et jeux</i>	Les personnages gigognes permettent de familiariser l'enfant avec les formes et les tailles. De nombreuses activités peuvent être inventées : ordonnance croissante ou décroissante, recherche d'une cible d'après des indices, recherche des animaux pouvant se cacher dans un autre,...
<p><u>Follomix</u></p> 	<i>Fnac éveil et jeux</i>	Inspiré du jeu de la crapette, les joueurs doivent enchaîner les séries croissantes et décroissantes au fil de la partie

b. Classification


NOM / PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
Activité de tri		
<p><u>L'aquarium à compter</u></p> 	<i>Hop toys</i>	Ce matériel met en place une activité de tri et de classement de poissons (100) selon leurs formes ou leurs couleurs et les placer dans l'aquarium associé. Une activité de dénombrement peut ensuite être mise en place.
<p><u>Logique des étangs</u></p> 	<i>Hop toys</i>	Ce matériel permet tout d'abord une activité de tri et de rangement des diverses espèces animales (grenouille, ver,...). En outre, il permet à l'enfant d'effectuer ses premiers pas dans le raisonnement logique avec un cahier de suites logiques à compléter. Enfin il permet d'aborder les relations de sériation de taille.
<p><u>Super kit de classement</u></p> 	<i>Hop toys</i>	Ce kit contient 632 pièces et un guide permettant de cibler certaines activités. L'enfant pourra classer par forme, couleur et nombre. En outre, il pourra se familiariser aux modes opératoires de base (addition, soustraction,...).

NOM/PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
<p><u>Objets à trier</u></p> 	<p><i>Nathan</i> <i>Mot à mot</i></p>	<p>Ces éditeurs proposent différents objets à trier : bonshommes, animaux, ours, perles et véhicules.</p> 
<p><u>Blocs logique</u></p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce matériel est constitué d'éléments en plastique (5 formes, 3 couleurs, 2 tailles, 2 épaisseurs) permettant des activités de tri.</p>
<p><u>Atelier Triolo</u></p> 	<p><i>Nathan</i></p>	<p>Ce matériel prépare l'activité de tri par la manipulation de pièces de 4 formes et 3 couleurs. Ce matériel comporte 20 fiches de difficultés progressives qui enseignent aux enfants la lecture et la recomposition de modèle</p>
<p><u>Atelier de tris</u></p> 	<p><i>Nathan</i></p>	<p>Ce matériel initie l'enfant aux premières activités de tri et de correspondance terme à terme. L'enfant doit reconstituer un modèle (choisi parmi 34) en plaçant les éléments dans les cases appropriées.</p>
<p><u>Images de classification</u> Galibert G.</p> 	<p><i>Ortho édition</i> <i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce matériel se compose de 6 jeux de cartes, de 24 éléments (en double exemplaire), divisés en deux niveaux. Le premier niveau s'adresse aux enfants à partir de 3 ans (visages, sorcières et square) et le second vise une population plus âgée (maison, manteaux et courses).</p>
<p><u>Combicolor</u> Lacomblez A.</p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce matériel se compose de 9 familles de 10 éléments (9 cartes à classer et 1 carte récapitulative). Chaque élément comporte deux caractéristiques dont la couleur varie.</p>

NOM/PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
Multiplication des classes		
<p><u>Bonhommes de pain d'épices</u></p> 	<i>Hop toys</i>	<p>Cet outil se compose de 12 personnages pouvant être classés selon différents critères (chapeau, chaussure,...). Ce matériel permet de créer de multiples situations de classement/catégorisation : tri avec détermination d'un critère, constitution de familles multiplicatives,...</p>
<p><u>De deux choses l'une</u> Ménissier A.</p> 	<i>Mot à mot Ortho-édition</i>	<p>Cet outil contient deux jeux permettant de travailler la logique des états de relation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>le jeu des lutins</i> : l'enfant doit trouver différentes possibilités d'habillage des lutins, catégoriser, travailler le vocabulaire (chaque, sans,...) - <i>le jeu des pommiers</i> : ce jeu travaille les problèmes de type combinaison, changement ou comparaison du nombre de pommes de chaque pommier.
Tableaux à double entrée		
<p><u>Sais-tu compter</u> Daignault T.</p> 	<i>Mot à mot</i>	<p>Cet outil comprend 8 tableaux à double entrée (animaux et chiffres) que l'enfant doit compléter (autocorrection possible) avec les éléments correspondants.</p>
<p><u>Repérage logique 1</u></p> 	<i>Nathan</i>	<p>Ce jeu permet à l'enfant d'aborder différents aspects de la classification : reconnaissance et tri des éléments d'une même classe, tableaux à double entrée. Le jeu se compose de 24 planches avec différents tableaux de tri (horizontal, vertical ou double entrée) que l'enfant doit compléter.</p>
La filière inclusive		
<p><u>Le grand jeu du jardinier</u> Vanham C.</p> 	<i>Mot à mot</i>	<p>Ce jeu travaille le principe de numération et la construction de la pensée logique et mathématique. A chaque lancé de dé, le joueur reçoit un nombre de trèfles ; 10 trèfles peuvent s'échanger contre une jonquille ; 5 jonquilles... Savoir ce que l'on a acquis dans les diverses formes (2 jonquilles= ? trèfles) permet le travail de l'inclusion.</p>

NOM/PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
<p><u>Troc chez le chef indien</u> Boukobza L.</p> 	<p><i>Mot à mot</i> <i>Fnac éveil et jeu</i></p>	<p>Ce matériel est basé sur un principe de « troc ». Deux niveaux de jeu sont possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - reconnaissance des objets présents sur les cartes-monnaie et échange de la carte cadeau correspondante - travail avec les cartes chiffrées
<p><u>RapidCroco</u> Fraga R.</p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce jeu se compose de 32 cartes crocos et 10 cartes « critères ». Après sélection de 5 critères les joueurs doivent retrouver au plus vite le crocodile correspondant.</p>
<p><u>La photo de classe</u> Gagné N.</p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce jeu consiste à rechercher un élève mystère dans une photo de classe grâce à divers indices (je suis un garçon, mes cheveux ne sont pas bruns,...)</p>
<p><u>Farandole</u></p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Le but du jeu est d'offrir le bon livre à Olivier. Les critères (couleur, taille et épaisseur) sont donnés par un lancé de dé.</p>
<p><u>Duologik</u></p> 	<p><i>Mot à mot</i></p>	<p>Ce matériel se compose de deux jeux de cartes. Le premier, travaille la catégorisation et l'inclusion par la recherche d'un item cible donné par une loterie-consigne. Le second, consiste à associer des couples de cartes par famille, forme et couleur.</p>

c. Autre

NOM / PHOTO	EDITEUR	DESCRIPTIF
<p><u>Parler des mathématiques</u></p> 	<p><i>Hop toys</i></p>	<p>Ce matériel se compose de cartes représentant de nombreuses situations et concepts fondamentaux mathématiques : dénombrement, classement, addition et soustraction, travail des grandeurs et des formes géométriques,...</p> <p>Cet outil contient 48 cartes et un guide d'utilisation</p>

De nombreux jeux peuvent encore être détournés pour travailler ces notions mathématiques. Pour achever cette partie, il est important de citer qu'il existe de nombreux fascicules d'exercices travaillant le raisonnement mathématique.

Une analyse rapide des tableaux ci-dessus ne montre aucun support susceptible de travailler simultanément la sériation, la classification et l'inclusion.

En outre, les supports et activités proposés par un même jeu, sont loin d'être aussi variés que ceux proposés par le matériel créé pour cette étude.

Voyons maintenant le descriptif d'un nouvel outil : « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion ».

PARTIE IV : CREATION DU JEU « A L'ABORDAGE : DES NOTIONS DE SERIATION, CLASSIFICATION ET INCLUSION »

« Le jeu est le « travail » naturel de l'enfant, il est essentiel à son évolution, à sa santé. Le processus d'évolution du jeu et celui des facultés motrices, affectives et cognitives de l'être humain sont étroitement liés entre eux et se renforcent l'un l'autre » (J. Lacombe, 2006).

Ainsi, le jeu se révèle être un élément indispensable dans l'évolution de l'enfant. Il exerce diverses fonctions :

- **La fonction fonctionnelle** : Les premiers jeux de l'enfant sont de simples exercices réflexes, des manipulations répétées et involontaires. Ceux-ci entraînent et développent les fonctions sensorielles, motrices et psychiques ainsi que l'activité intentionnelle.

Ex : les jeux sensori-moteurs (ex : le hochet) et les jeux moteurs (ex : le toboggan).

- **La fonction intellectuelle** : Le jeu va permettre à l'enfant de développer ses capacités cognitives qui lui ouvriront la voie de l'intelligence abstraite.

Ex : puzzles, jeux de construction.

- **La fonction symbolique** : Le jeu permet de donner vie à des affects, à des émotions, en les transférant sur des supports comme des objets ou des personnes.

Ex : le jeu de jeter, le jeu d'imitation.

- **La fonction de socialisation** : Le jeu amène l'enfant vers l'intégration sociale par des jeux de groupe régis par des lois (règles communes au groupe).

- **La fonction de création** : Le jeu stimule l'imagination, la fantaisie de l'enfant ou encore sa créativité.

Ex : jeu de peinture, jeux de rôles.

(J. Lacombe, 2006)

Le matériel créé dans cette étude portera essentiellement sur la fonction intellectuelle du jeu. Il permettra à l'enfant de développer les bases de la logique mathématique en travaillant la sériation, la classification et l'inclusion.

Tout d'abord, nous verrons les réflexions sous-jacentes à l'élaboration de ce matériel. Ensuite, nous décrirons en détail les différents plateaux et éléments composants le jeu. Finalement, nous porterons un regard critique sur ce travail grâce aux témoignages d'orthophonistes et à des prises en charge d'enfants dyscalculiques.

1. Elaboration du jeu

Durant la construction de ce matériel, divers choix se sont présentés : sélection des supports et des concepts à travailler, préférence de matériaux et alternatives de construction.

a. Supports théoriques utilisés

Avant la création, une phase de conception est nécessaire. Cependant, celle-ci doit reposer sur un savoir. Ce jeu est élaboré à l'aide de deux supports théoriques principaux :

- Les pistes de rééducation de Mme Jaulin Mannoni et des épreuves piagésiennes du nombre décrites dans *La genèse du nombre* de J. Piaget et A. Sweminska publié en 1964. Ces supports ont permis l'élaboration de la structure même du jeu : sélection des questions et des caractéristiques travaillées (ex : hauteur, volume, ...).
- L'expérience d'orthophonistes confirmées dans ce domaine. En effet, l'expérience professionnelle est riche en savoir-faire. Divers entretiens avec des orthophonistes ont permis de peaufiner certains détails, d'ajouter de la complexité ou encore de répondre à nombre d'interrogations survenues lors de l'élaboration de la structure même du jeu.

b. Quatre principes de base : adaptation/diversité/ludisme/manipulation

Ce matériel fut construit en respectant quatre principes de base :

Adaptation

Ce matériel a pour but premier de s'adapter à la rééducation et aux besoins de l'enfant.

Tout d'abord, il s'agit de proposer, à l'enfant, un matériel ludique, agréable à manipuler, adapté à son niveau d'acquisition. Deux niveaux de difficultés ont ainsi été créés.

L'orthophoniste, quant à lui, pourra sélectionner la ou les notions à travailler et par quelle modalité (la manipulation simple du matériel ou travail avec le support du jeu). De plus, le travail simultané des notions pourra être envisagé. Ceci permettra de s'assurer de l'acquisition des notions ciblées ainsi que de permettre un travail de flexibilité mentale. Cependant, ce type de travail nécessite que l'enfant ait une bonne maîtrise d'un ou plusieurs concepts travaillés pour éviter l'abandon et le désintéressement.

Diversité

Ce matériel se veut diversifié pour offrir aux patients de nombreuses mises en situations. En effet, l'acquisition d'un concept doit se généraliser à différentes situations. Ainsi, la sériation est travaillée sur la base de six caractéristiques (hauteur, longueur, grosseur, âge, volume, taille réelle/taille sur la carte), la classification sur sept caractéristiques (forme, couleur, nombre, localisation dans la carte, personnage de la famille, taille, détail), et l'inclusion sur quatre familles d'éléments (animaux, pirates, coffres, drapeaux).

En outre, la diversité s'exprime par les nombreuses approches des différentes notions. Par exemple, la classification est abordée selon différents angles : trouver le point commun, l'intrus d'une liste, et extraction de critères par la manipulation des cartes « Jeu ». Cela s'observe aussi pour la notion d'inclusion qui s'aborde par la manipulation de cartes « Jeu », mais aussi, par une fiche où seule la mentalisation est possible. Tout ceci contribue à la généralisation des concepts.

Manipulation

La manipulation permet à l'enfant d'acquérir la compréhension des notions mathématiques. Il nous a donc paru nécessaire de la mettre en avant dans cet outil. C'est pourquoi les différents concepts sont manipulables par le biais de cartes, de personnages ou encore de Maisons 3D (pour la sériation).

Seule une partie de l'inclusion reste fixe. Ceci permet à l'enfant de mentaliser la manipulation qu'il effectue sur les différents concepts (taille,...) et ainsi, de commencer à aborder le raisonnement inclusif sans possibilité de manipulation.

Ludisme

Ce dernier aspect est essentiel. En effet, ce matériel est avant tout un jeu et donc un médiateur intéressant pour aider l'enfant dans l'acquisition de notions. Ce côté ludique permettra de maintenir l'intérêt, l'attention de l'enfant et d'éveiller sa curiosité.

c. Alternatives de création

1) Choix du support

Le support écrit est une pierre angulaire de ce jeu car il permet la formulation des différentes questions. Ce choix se justifie par le simple fait que le questionnement écrit est le support privilégié des jeux de société. En outre, il permet le travail de la lecture en plus de celui des notions logico-mathématiques. Cependant, il est important que l'enfant ne se fatigue pas dans le déchiffrement de la question et se réserve pour la résolution du problème posé. L'orthophoniste doit ainsi juger du poids de cet exercice de lecture dans l'activité de jeu.

2) Choix des concepts

Ce jeu permet le travail de notions telles que la classification, la sériation et l'inclusion mais aussi de concepts comme la hauteur, la grosseur,...

Nous allons justifier ces choix pour les diverses notions.

Sériation

Pour le niveau facile, les concepts de hauteur, longueur et grosseur furent sélectionnés. En effet, ceux-ci font appel à la perception visuelle et permettent une ordonnance des différents éléments dans l'espace par différents processus : perception visuelle seule, comparaison d'une dimension (longueur par exemple) ou encore par recouvrement.

Des concepts plus abstraits furent sélectionnés pour le niveau difficile. En effet, le concept de volume est l'un des derniers à être acquis par l'enfant. Les deux autres sériations (âge et taille réelle) font appel à des représentations mentales. En effet, l'enfant ne peut pas se servir uniquement de sa perception visuelle pour ordonner ces séries. Tendre vers de la manipulation mentale d'éléments est indispensable pour le futur mathématique de l'enfant.

Classification

Ici, le choix des concepts travaillés n'est pas réellement essentiel. Le plus important est que l'enfant parvienne à isoler un critère et puisse, par la suite, réitérer cette action avec un autre. Cependant, le choix des critères n'est pas non plus dû au hasard.

Le niveau facile contient trois critères : forme, couleur et nombre. Il était important que ces critères soient prégnants visuellement et qu'ils diffèrent de ceux de l'UDN-II pour éviter un biais dans le post-test.

Le niveau difficile est représenté par un nombre supérieur de critères plus complexes : taille, localisation dans la carte, couleur du tee-shirt et personnalité de la famille (père, mère et enfant).

En effet, le critère de la taille n'est pas toujours perçu et la localisation dans l'espace n'est pas un critère habituel de classification. Pour les deux autres critères, ils s'apparentent à ceux de la forme et de la couleur (rencontrés dans le mode facile) mais avec quelques modifications : la couleur est celle d'un accessoire d'un personnage et non de l'objet en entier ; la forme est similaire car appartenant à une même catégorie (les humains) contrairement au niveau facile où tous les objets sont de formes variées (coffres, perroquets, bateaux).

Inclusion

Le niveau facile se compose d'animaux et de pirates. Chaque famille se divise en trois sous-catégories qui peuvent elles-mêmes se décomposer.

Par exemple, la famille des animaux se divise en trois : les animaux marins, aériens et terrestres. Ces derniers se divisent en quatre : les fourmis, les escargots, les éléphants et les rhinocéros, qui peuvent, ou non, porter un accessoire.

Tous les éléments de ces familles diffèrent par la forme. De plus, une famille se divise rapidement en trois ce qui facilite l'exploration et la découverte des différents éléments.

Le niveau difficile contient deux familles : les drapeaux et les coffres. La forme globale d'une même famille est similaire : un drapeau rouge ou noir ressemble toujours à un drapeau (ce qui diffère de la famille des animaux, par exemple). De plus, les familles ne se divisent tout d'abord que par deux, ce qui ne réduit que légèrement l'exploration des éléments. L'enfant devra ainsi mettre en œuvre une réelle stratégie s'il veut résoudre la question qui lui a été posée.

3) Choix des modalités de travail

Ce matériel permet une résolution des questions par différentes modalités.

Résolution

La modalité de la manipulation est largement exploitée pour résoudre les questions. L'enfant peut, ainsi, trier les cartes ou les ordonner. Cependant, la manipulation n'est pas toujours possible. Par exemple, les fiches d'inclusion nécessitent l'utilisation d'une mentalisation des manipulations à effectuer.

Expression de la réponse

Celle-ci peut s'exprimer selon trois modalités : réponse orale, manipulation et dessin. Une grande partie des réponses se donne à l'oral (ex : « c'est le chien ») même si c'est par la manipulation que l'enfant parvient à la réponse. La manipulation n'exprime la solution que dans le cas des maisons 3D car c'est en soulevant la maison que l'on découvre la pièce cachée. Enfin, la réponse en dessin n'est possible que dans le travail de la notion de classification, où, il est demandé à l'enfant de compléter une série de dessins.

4) Choix du matériel

Les pirates sont des personnages qui stimulent les enfants. L'aventure, la recherche de trésors, les individus et autres, captent leur attention. C'est pour tout cela que ce matériel s'inspire du thème de la piraterie.

Pour ce jeu, tous les dessins ont été réalisés manuellement et coloriés sur ordinateur. Seuls deux ou trois animaux sont des copies de dessins préexistants trouvés sur Internet en libre accès. Les dessins sont très simples et représentatifs pour permettre un accès direct aux concepts qu'ils sont censés représenter. Ex : le concept « éléphant » doit être repéré rapidement parmi les autres animaux.

Le jeu fut globalement créé en feuilles cartonnées. Toutes les cartes « Jeu » à manipuler sont plastifiées contrairement aux cartes « Question » et « Récompense », qui risquent peu de s'user.

Autre choix important, celui de la réalisation de Maisons 3D pour la sériation. Initialement, seule la manipulation de cartes « Jeu » était intégrée au projet. Cependant, la création de Maisons 3D apporte un plus dans la rééducation de la sériation. En effet, cela permet une approche différente et ludique de la sériation: les objets cachés à retrouver sont

très stimulants pour les enfants. Pour exemple, nous citerons les incontournables « coucou-caché », le jeu « cache-cache », ou encore « la chasse au trésor ».

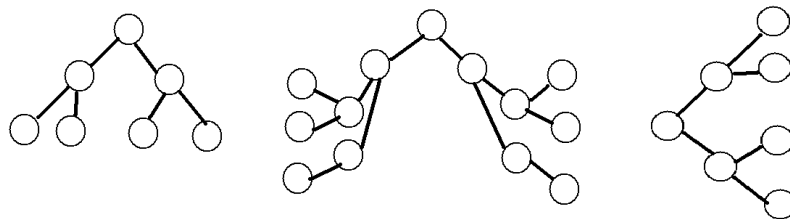
Enfin, l'utilisation de couleurs permet à l'enfant et à son thérapeute de se repérer dans le jeu (notion travaillée, niveau de difficulté). De plus, cela maintient l'attention et éveille l'intérêt.

d. Remises en question

Durant la création de ce jeu, nombre de choses ont été pensées, remaniées, ou encore abandonnées. Trois grandes remises en question sont intéressantes à explorer.

- ***Utilisation d'arbres d'inclusion***

L'idée première était de créer des arbres d'inclusion à faire manipuler à l'enfant. Ainsi, différents arbres auraient été construits pour permettre diverses mises en situation afin d'aider à la généralisation des concepts.



Quelques exemples d'arbres

Cependant, pour un enfant en voie d'acquisition de l'inclusion cet exercice aurait été trop complexe. En effet, le patient aurait été noyé dans un amas de cartes à ordonner de manière formelle. Ainsi naquit une nouvelle façon de travailler l'inclusion (développée plus bas). Ce travail fut possible par la rencontre d'orthophonistes qui ont aiguillé cette remise en question.

- ***La validation de la réponse donnée par l'enfant***

La rééducation logico-mathématique amène l'enfant à acquérir seul des notions par diverses mises en situation. Jamais une «mauvaise» réponse n'est donnée. En cela, la remise

de cartes «Récompense » pose problème car le praticien doit juger de la validité de la réponse de l'enfant pour lui donner la carte escomptée.

Il faut donc éluder ce problème par la seule vérification mutuelle de la pertinence de la réponse donnée. Ainsi, toute réponse sera vérifiée, corrigée par l'enfant et son thérapeute. Cette vérification amènera, ou non, à la remise d'une carte « Récompense ».

▪ *Ajout d'éléments*

L'expérimentation du jeu a mis en avant la nécessité de simplifier le niveau facile de la sériation. En effet, celle-ci était travaillée par l'ordonnance de huit éléments au minimum et travaillait directement les relations d'ordre.

Nous avons ainsi créé une annexe de dix maisons et onze personnages, de taille croissante. Chaque personnage est associé à une maison (sauf le plus grand). Cette partie ne comporte pas de carte « Question ». Le thérapeute peut ainsi travailler les bases de cette notion. Différentes activités peuvent être engagées : ordonnance des éléments (de deux à onze éléments), comparaison d'éléments (un/tous et tous/un), association d'éléments de même taille, insertion d'un élément dans une série, recherche d'intrus dans une série,... Cette annexe, moins stricte que le cadre du jeu, permet d'aborder la sériation de manière simplifiée. Des séances de rééducation avec le jeu peuvent s'engager en suivant.

2. Présentation du jeu



a. Liste des éléments du jeu

- 3 plateaux.
- 2 ponts et 4 accroches plateaux.
- 4 pions.
- 8 Maisons 3D.
- 6 coffres en 3D.
- 2 bateaux.
- 25 louis d'or.
- 180 cartes « Question » (60 pour chaque notion).
- 58 cartes à sérier.
- 108 cartes à classer.
- 83 cartes « Jeu » inclusion.
- 2 fiches d'inclusion (Fiche 0 et Fiche 1).
- 1 dé.
- 15 parchemins à reconstruire (soit 75 cartes "Récompense").

Lors d'une partie, les joueurs sont plongés dans le monde de Sam le pirate. Les trois notions sont travaillées par le biais de plateaux individuels représentant chacun une partie du monde de Sam.

Ainsi, pour la notion de sériation, les joueurs arpentent le village des pirates ; pour la classification, ils partent à la recherche d'un trésor ; enfin pour l'inclusion ils explorent la côte de l'île aux pirates. De plus, à chaque partie du monde correspond une couleur (marron pour la sériation, jaune pour la classification et bleu pour l'inclusion) ; ceci permet de repérer les cartes à piocher et la case sur laquelle le joueur se trouve.

b. Les règles du jeu

Avant de commencer une partie, le thérapeute dispose cinq cartes « Récompense » d'une même famille (ex : A1, A2, A3, A4, et A5), faces cachées, devant chaque joueur.

A chaque tour, le joueur avance son pion d'un nombre de cases égales au nombre de points donnés par le dé et pioche une carte « Question ». S'il répond correctement, il retourne

une carte « Récompense ». Au bout de cinq cartes « Récompense » le joueur résout l'énigme et gagne la partie.

Il est important que les cartes « Récompense » soient retournées dans l'ordre croissant pour une résolution efficace de l'énigme.

Les règles varient légèrement selon le mode de jeu sélectionné (à un, deux ou trois plateaux).

- **Travail sur une notion**

L'orthophoniste peut choisir de ne travailler qu'une seule notion. Dans ce cas, il sélectionne le plateau et les cartes correspondant à la notion désirée (avec choix du niveau : facile ou difficile selon l'enfant). Ainsi, quelle que soit la couleur de la case où le pion se trouve, seule la notion sélectionnée sera travaillée.

- **Travail sur deux notions**

L'orthophoniste peut décider de travailler deux notions. Il doit ainsi sélectionner les plateaux concernés, et les cartes correspondantes (avec choix du niveau).

Le joueur répond à la question correspondant à la couleur de la case sur laquelle il se trouve.

Exemple : case bleu : inclusion, jaune : classification.

Dans ce type de jeu, une case reste vacante (dans cet exemple : le marron pour la sériation). Il suffit de convenir d'une règle avec l'enfant en ce qui concerne cette case.

Exemple : Sur la case marron :

- Le joueur rejoue.
- Le joueur choisit la notion qu'il préfère travailler.
- Le joueur attend le prochain tour ...

- **Travail sur trois notions**

Il faut alors disposer les trois plateaux du jeu. L'orthophoniste décide du niveau de chaque notion à travailler avec l'enfant.

Le joueur répond à la question correspondant à la couleur de la case sur laquelle il est tombé.

c. Le village des pirates : travail de sériation

1) Présentation du plateau



Le plateau représente le village des pirates où sont représentées des huttes, encerclées d'une route pavée, sur laquelle déambulent les pions. Quelques cases « Piège » sont présentes :

- **Le serpent** : recule d'une case.
- **La marmite** : passe ton tour.

Ces cases permettent de maintenir une part de challenge dans le jeu. En effet, un joueur peut être immobilisé durant un tour et ne recevra donc pas de carte « Récompense ».

2) Présentation des cartes « Jeu »

⊗ Niveau facile

Ce niveau repose sur la perception visuelle de l'enfant avec le travail de trois notions :

- **Hauteur** : les palmiers.
- **Longueur** : les radeaux.
- **Grosseur** : les bagues.

⊗ Niveau difficile

- **Âge** : sériation chronologique.
- **Volume** : les bouteilles.
- **Taille réelle / taille sur carte** : les animaux.

Ce niveau fait appel à la perception, mais aussi, aux représentations mentales de l'enfant. En effet, il devra manipuler des concepts qui lui sont moins familiers et plus abstraits.

Par exemple, les animaux sont de grosseurs équivalentes sur les cartes « Jeu », mais il faut les sérier par rapport à leur taille réelle.

Le concept de volume fait, quant à lui, uniquement appel à la perception visuelle. Cependant, c'est un concept plus abstrait pour l'enfant et donc acquis plus tardivement.

✿ Maisons 3D

La notion de sériation sera, en outre, travaillée grâce à la manipulation de pièces et de Maisons 3D. Pour chaque niveau, un des joueurs doit cacher une pièce (définie par la carte « Question ») sous l'une des maisons et donner des indices pour que son adversaire la retrouve. Cette activité permet différents travaux :

- Comparaison de la pièce cible à une série de pièce : le joueur doit tout d'abord retrouver la pièce à cacher parmi d'autres de tailles différentes.
- Choix d'une maison pour l'adversaire : selon la pièce sélectionnée certaines maisons ne pourront pas être des hôtes possibles. En effet, si la pièce fait Xcm de diamètre, elle ne pourra pas se trouver sous une maison de diamètre inférieur.
- Comparaison des diverses maisons : les deux joueurs doivent comparer les maisons entre elles : une maison par rapport aux autres et des maisons par rapport à une autre. Le joueur doit effectuer cette tâche pour pouvoir indiquer son adversaire « plus gros » et « moins gros ».
- Conjonction de plusieurs relations : lorsque le meneur a donné deux indices « plus grand que A » et « plus petit que C ». L'adversaire doit coordonner ces informations, les intégrer et ainsi sélectionner une nouvelle maison en rapport avec les indices donnés par le joueur.

Les pièces du niveau facile sont d'un diamètre supérieur à celles du niveau difficile. Cela permet d'éliminer plus rapidement certaines maisons. Le raisonnement est donc moins important pour le niveau facile, avec un nombre inférieur de comparaisons, de maisons, possibles.

3) Présentation des cartes « Question »

Pour acquérir cette notion, l'enfant est invité à comparer les différents éléments à ordonner d'une façon spécifique. De plus, le rôle de la compréhension du langage (écrit ou oral selon l'enfant) n'est pas à négliger. Dans un énoncé comme « je suis plus grand qu'Henri et Benjamin est plus grand que moi » il faut bien sûr avoir pu ordonner cette classe de personnes, mais aussi comprendre « plus grand que » et « plus petit que ». L'enfant doit organiser sa recherche mais aussi avoir une certaine flexibilité mentale.

La transitivité est aussi explorée dans cette question car, si Benjamin est plus grand que moi, ceux qui sont plus grands que Benjamin sont aussi plus grands que moi et ne peuvent donc pas être moi.

Maintenant que les notions mises en jeu dans la rééducation de la sériation sont explicitées, voyons en détail les questions présentées aux joueurs.

Les cartes « Question » sont sensiblement les mêmes pour les différents niveaux. Seule la difficulté du concept abordé diffère (hauteur, longueur, chronologie, volume,...).

Il existe trois types de questions :

- Village : manipulation des pièces et des maisons (cf. : Maisons 3D)

- Ex : Ton adversaire cache cette pièce sous une maison du village. Tu dois trouver où elle est en trois coups pour avoir ta récompense.



- Devine qui je suis : dans un petit texte, une carte est décrite. Le joueur doit retrouver à quelle carte « Jeu » correspond la définition. Il faut ainsi, tout d'abord, sérier la bonne collection puis comparer les différentes cartes entre elles pour trouver la solution.

- Ex : Je suis un palmier plus haut que le vert mais plus petit que le orange.
- Ex : Je ne suis pas le plus long des radeaux ni le plus petit. Mais je suis plus long que le radeau vert.

- Histoire de Sam : C'est le même principe que la carte décrite précédemment. Cependant, la description est englobée dans une histoire de la vie de Sam.

- Ex : Une sirène promet de te relâcher, toi et ton équipage, si tu lui donnes tes trois plus grosses bagues. Lesquelles vas-tu lui donner ?

4) Présentation des cartes « Récompense »

Le but est de rassembler les cinq bouts de son parchemin et répondre à l'énigme : qui suis-je ? Grâce aux cinq indications le joueur pourra découvrir la carte mystère.

Ex : A 1 : il est plus grand que...

A 2 : il est plus petit que...

Et ainsi de suite.

d. L'île des pirates : travail de classification

1) Présentation du plateau



Ce plateau représente l'île de Sam le pirate. Les dessins rappellent une carte au trésor avec différents lieux mythiques : la montagne noire, l'arbre mort ou encore la croix rouge marquant l'emplacement d'un trésor. Il y a aussi des cases «Piège » :

- **Embuscade** : passe ton tour.

- **L'arbre mort** : recule d'une case.

Les joueurs arpentent ce paysage en suivant les traces de pirates laissées lors d'une précédente chasse au trésor.

2) Présentation des cartes « Jeu »

✿ Niveau facile

Les cartes créées possèdent trois caractéristiques différentes :

- **Forme** : perroquet/ bateau/ coffre
- **Couleur** : rouge /marron /bleu
- **Nombre** : 1 /2 /3

Il n'y a pas de travail du nombre dans cette partie étant donné que les quantités sont automatiquement reconnues par le subitizing.

Il nous a semblé important de ne pas constituer des cartes avec les mêmes critères que ceux de L'UDN II (couleur, taille, forme) afin de ne pas entraîner l'enfant à reconnaître ces trois critères ensemble, dans une même tâche.

✿ Niveau difficile

Les cartes créées possèdent quatre caractéristiques différentes :

- **Forme** : femme /homme /enfant
- **Taille** : petit /moyen /grand
- **Couleur** : tee-shirt gris /vert /rouge
- **Localisation dans la carte** : haut /centre /bas

3) Présentation des cartes «Question »

Cette notion peut être abordée de manières différentes. Tout d'abord, l'enfant doit pouvoir être capable de créer une classe. Ainsi, deux types d'exercices peuvent lui être proposés : retrouver le point commun d'une liste d'objets ou sélection d'un intrus parmi une liste d'objets. Cette dernière tâche nécessite d'avoir préalablement catégorisé une classe pour choisir un objet dérogeant à son critère.

D'autre part, l'enfant doit pouvoir avoir une flexibilité mentale pour dégager différents classements pour une même liste d'objets. Souvent les enfants arrivent à sélectionner un classement possible, mais, il leur est difficile d'en élaborer d'autres pour une même liste d'objets, autrement dit, il leur est complexe de changer de point de vue. Ce jeu se devait donc d'explorer cet autre versant du travail de classification.

Les cartes « Question » sont sensiblement les mêmes pour les différents niveaux. Seules les cartes manipulées ou le nombre de réponses demandées diffèrent. En effet, par exemple, pour la question « Point commun » au niveau facile, l'enfant doit trouver un autre objet pouvant aller dans la classe ; le niveau difficile, quant à lui, en demande deux. Ceci permet de travailler l'évocation mais aussi de vérifier que l'enfant ait bien assimilé de quelle classe il s'agit.

Cette notion comporte quatre types de cartes « Question »

- Intrus : dans une liste de mots écrits, le joueur doit débusquer l'intrus.

- Ex : Trouve l'intrus : rhinocéros / éléphant / fourmi / hippopotame / taureau.

- Point commun : le joueur doit trouver le point commun d'une liste de mots écrits et trouver un élément ou plus à ajouter à la série.

- Qu'ont-ils en commun ?

- Tour Eiffel

- Statue de la Liberté

- Tour de Pise

- Big Ben

- Les pyramides d'Egypte

- Dessine : le joueur dispose d'une série de trois dessins. Il doit dessiner un autre élément (ou plus) à ajouter à la série. Le travail est sensiblement le même que pour la question « Point commun » mais le travail passe par une autre modalité : le dessin.

- Dessine un objet qui va dans cette série :



- Histoire de Sam : après avoir lu l'histoire de Sam, le joueur effectue un tri parmi les cartes «Jeu » sélectionnées et réalise l'histoire. De plus, pour répondre au deuxième versant de la classification, il lui est demandé de dire quelles cartes lui restent en main : cela oblige le joueur à extraire les caractéristiques communes aux cartes restantes.

- Tous les perroquets rouges sont invités à la fête de Sam le pirate. Amène-les à sa cabane.

Qui ne va pas à la fête ?

4) Présentation des cartes «Récompense »

L'objectif est de rassembler les cinq bouts de son parchemin pour trouver le trésor. Ce n'est qu'après avoir rassemblé les cinq indices qu'il sera possible de le découvrir.

Ex : A1 : L'aventure commence à l'arbre mort.

A2 : Avance de deux cases.

Et ainsi de suite.

e. L'océan des pirates : travail d'inclusion

1) Présentation du plateau



Ce plateau représente la côte de l'île des pirates où les joueurs sillonnent le plateau de jeu en marchant sur des radeaux disséminés sur l'océan, mais aussi, en arpentant des falaises abruptes. Il existe quelques cases « Piège » :

- La **pieuvre** : passe ton tour.
- Les **requins** : recule d'une case.

2) Présentation des cartes « Jeu »

⊗ Niveau facile

Le joueur manipule deux types de cartes :

- **Les animaux** : 3 critères : animaux marins, aériens et terrestres (soit 20 personnages)
- **Les pirates** : 3 critères : homme, femme et enfant. (soit 17 personnages)

En outre, le jeu contient une Fiche 0 qui permet le travail de la notion d'inclusion sans permettre la manipulation des différents items. Le joueur doit s'organiser mentalement pour trouver la réponse.

✿ Niveau difficile

Le joueur manipule deux types de cartes :

- **Les drapeaux** : 2 critères basaux : rouge et noir. (soit 23 objets)
- **Les coffres** : 2 critères basaux : petit et grand. (soit 22 objets)

Comme précédemment, il y a une carte avec des éléments non-manipulables, nommée Fiche1.

Ce niveau s'avère plus complexe car tous les items d'une même « famille » d'objets se ressemblent. Ainsi, trouver le bon élément nécessite une organisation efficace des items par le joueur.

Le niveau facile permet, donc, la mise en place des prémices de l'inclusion et le niveau difficile consolide les acquis (planification, organisation).

3) Présentation des cartes « Question »

Comme nous l'avons expliqué précédemment, l'inclusion est le niveau supérieur de la classification. Cependant le travail à effectuer diffère de celui de la classification. C'est pour cette raison que le jeu sépare ces notions.

L'enfant doit arriver à catégoriser les informations en classes mais aussi en sous-classes. En outre, il doit organiser sa pensée pour prendre en compte les différentes informations qui lui sont données.

Ex : « Si on enlève les rouges et ceux qui ont un collier, est-ce qu'il reste des animaux marins ? ». Il est possible de parvenir à la réponse par différents raisonnements :

- Retenir toutes les informations et éliminer un par un tous les éléments
- Remarquer que la question ne porte que sur les animaux marins, et non sur les animaux en général. Ainsi, si tous les animaux marins ne sont pas rouges ou avec des colliers, il en restera forcément.

Ainsi, cette notion sera abordée par trois types de questions :

- Trouve : le joueur doit rassembler une liste de X items.

Ex : 6 animaux menacent de te dévorer.

- 2 oiseaux, 2 animaux marins, 2 animaux à quatre pattes

- 3 animaux rouges

- 1 animal avec un sac à main

- 1 oiseau avec un grand bec

- 1 rhinocéros

- 1 poisson avec un cache-œil

- 1 animal multicolore

Va au bateau et ramène à manger pour les nourrir

La difficulté est, ici, de ne pas réaliser d'addition des différents éléments (2+2+2+3+1+1+1+1+1) mais bien de comprendre le principe d'inclusion (ex : un rhinocéros est aussi un animal à quatre pattes, et donc, n'est compté qu'une fois).

- Enigme : le joueur doit répondre à une énigme qui lui est posée. La réponse est de type « Oui/Non » mais le thérapeute doit demander une justification orale de la réponse. Les éléments sont manipulables. Le thérapeute peut choisir de laisser l'enfant manipuler ou, au contraire, de garder en mémoire les informations fournies par l'énoncé.

- Ex : Si j'enlève les animaux à quatre pattes sauf ceux qui ont un collier, est-ce que j'ai pris un éléphant ? Est-ce qu'il reste un éléphant ? Est-ce qu'il reste une fourmi ?

- Instant fiche : Ces questions requièrent l'utilisation de fiches (Fiche 0 ou Fiche1). L'enfant doit répondre à une question par un « Oui » ou un « Non ». Mais le thérapeute doit, là encore, demander une justification. Il s'agit du même travail que pour les questions « Enigme » sauf que les items ne sont pas manipulables.

- Ex : Si j'enlève tous les animaux bleus et tous les animaux avec un collier, est-ce qu'il reste un oiseau ? Un éléphant ? Une pieuvre ?

4) Présentation des cartes « Récompense »

Le but est de rassembler les cinq bouts de son parchemin et répondre à l'énigme : qui se cache derrière le parchemin ? Grâce aux cinq indications le joueur pourra découvrir la carte mystère.

Ex : A 1 : C'est un pirate.
A 2 : Il a une moustache.
Et ainsi de suite.

f. Annexes du jeu

1) Construction de listes inclusives

En plus du matériel fourni, ce jeu contient tous les éléments nécessaires pour construire la liste inclusive des « familles » drapeaux et coffres. L'orthophoniste et l'enfant peuvent ainsi travailler la construction d'un arbre inclusif.

2) Sériation temporelle

La sériation temporelle est abordée dans le niveau difficile. Le travail peut également se poursuivre avec la sériation de la pousse d'une plante, fournie en annexe. Si l'enfant montre de nombreuses difficultés, le travail pourra se poursuivre en séance avec des histoires séquentielles ou autres.

3) Travail des prémices de la construction du nombre

En dernier lieu, lorsque l'enfant maîtrise à peu près tous les concepts, l'orthophoniste peut travailler les trois concepts simultanément. A chaque bonne réponse l'enfant reçoit une pièce. Quand il a trois pièces, il les met dans un coffre. Lorsqu'il a trois coffres, il les met dans un bateau. Le premier joueur à avoir son bateau gagne la partie. Ceci permet à l'enfant de commencer à construire notre système décimal.

4) Cabanes de pirates



Ce matériel se compose de dix maisons et onze personnages de tailles différentes. Chaque personnage est associé à une maison particulière sauf un (le plus grand).

Avec ce matériel, différents jeux peuvent être inventés pour travailler la sériation :

- Sérier les personnages et les maisons.
- Trouver les couples « maison-personnage ».
- Trouver les différentes invitations possibles : si l'on ne peut pas rentrer, on n'est pas invité.
- Trouver qui peut aller chez tout le monde ou encore quel personnage ne peut pas aller chez les autres.

Sur la base de ce matériel, nombre d'histoires et de manipulations peuvent être inventées.

g. Attitude du thérapeute

Ce dernier paragraphe est important car insérer la notion de jeu à deux dans ce type de rééducation peut être compliqué à aborder. Le thérapeute doit impérativement être attentif à ce qu'il fait, montre à l'enfant. En effet, dans ce type de rééducation comme nous l'avons dit précédemment, l'enfant acquiert des notions par l'expérience de diverses mises en situation. Le thérapeute est là pour le mettre dans différentes situations et le guider dans l'acquisition de la notion ciblée. Il est donc nécessaire de ne pas essayer « d'enseigner » à l'enfant notre manière de faire. Il doit pouvoir se construire sa méthode en ayant, ou pas, pris appui sur celle du thérapeute.

PARTIE V : EXPERIMENTATION ET DISCUSSION

1. Expérimentations du jeu

a. Témoignages d'orthophonistes ayant utilisé le jeu avec leurs patients

Il nous a semblé nécessaire, pour plus d'impartialité, de soumettre ce matériel à des professionnelles. Celles-ci ont conservé et expérimenté ce matériel durant deux semaines. Elles ont reçu le jeu ainsi qu'un « Journal de bord », manuel présentant cet outil.

Leur avis sur les différents aspects du jeu est donné sous forme de témoignages afin d'éviter de réécrire leurs pensées et de risquer de déformer leurs propos. Nous leur avons également adressé une lettre (cf. : Annexe 2, p.113) contenant les points à intégrer dans leurs écrits.

Voici donc, leur témoignage.

Témoignage 1 :

C'est avec un grand plaisir partagé par mes jeunes patients, que j'ai découvert ce jeu.

J'ai pensé que les plateaux faisaient perdre du temps, ce qui manque cruellement dans nos prises en charge, mais plus encore dans la rééducation logico-mathématique.

Je ne les ai donc que peu utilisés et ils ne me semblent pas nécessaire, l'attention des enfants étant très occupée à résoudre les énigmes.

J'ai utilisé les jeux de sériation et d'inclusion, mais je n'ai pas réussi à m'approprier celui sur la classification.

Les énigmes sur l'inclusion ont mis les enfants en difficulté mais leur ont permis de bien travailler cette notion. Ils s'accrochent et le jeu est bien pensé car ils répondent à l'énigme sans se décourager. Même si les coffres et les drapeaux sont difficiles, ils veulent trouver. Je les ai laissés se tromper et s'auto corriger. Ils ont fait un cheminement mental très intéressant.

Les épreuves travaillant la sériation sont également passionnantes:

Celle sur les animaux oblige l'enfant à imaginer mentalement l'animal pour juger de sa taille, en oubliant l'image qu'il a entre les mains.

Celle avec des personnages m'a parue un peu maladroitement construite, les bébés étant difficilement identifiables par des enfants, mais la notion de sériation est activement travaillée.

Quelques formulations de cartes sont à retravailler en les simplifiant.

Les enfants ont réclamé ce jeu et l'ont beaucoup apprécié.

Témoignage 2 :

INTERET DU MATERIEL :

Matériel très ludique qui a fait l'unanimité des patients même des plus grands. Il n'est pas jugé puéril par les plus âgés et c'est un atout (même à 17 ans !). Il est vrai qu'avec les plus grands, je n'ai pas utilisé les plateaux, privilégiant directement les questions et les récompenses, ce qui ne leur a pas déplu : donc une utilisation sur une population assez large sur le plan de l'âge. Les dessins sont simples sans être simplistes.

SES POINTS FORTS ET SES LIMITES :

Je ne l'utiliserai pas en première intention, car créer le matériel avec le patient, le laisser tâtonner, trouver ses stratégies, s'organiser pour construire toutes les cartes et travailler ainsi la combinatoire dans les classifications par exemple me paraissent indispensables pour que le sujet construise ses représentations.

J'ai aimé le concept et il est un bon complément et un support pour revoir les notions, vérifier leur transfert sur d'autres matériels. Il a l'avantage de nous offrir, à nous praticiens, une base conséquente de questions utiles lorsque nous avons des baisses d'imagination ou de régime !!!!

VOS SUGGESTIONS POUR UNE AMELIORATION POSSIBLE :

- *Remarques des patients qui en grande majorité ont trouvé la pieuvre orange et non rouge ce qui posait problème pour pouvoir répondre à certaines questions, notamment je crois dans l'inclusion.*
- *La couleur des rubis est rouge : parler de pierres précieuses.*
- *Les bandanas n'ont pas été bien reconnus.*
- *Le sens interdit est en fait une interdiction de stationner.*
- *Dans la sériation des maisons, certains ont cherché la hauteur et ne se basait pas sur le diamètre de ces maisons. Qu'elles soient de la même hauteur et plombées pour les stabiliser, ou avec un support permettant cependant d'y cacher les pièces*
- *Augmenter peut-être la taille des drapeaux pour une meilleure visibilité : la discrimination n'étant pas le but recherché, on peut les agrandir et trancher un peu plus les couleurs.*
- *Quelques fautes d'orthographe et peut-être des maladresses dans certaines questions qui peuvent troubler ou désorienter les patients (par exemple, et si mes souvenirs sont bons, mettre en rang, ranger dans les classifications). C'est peut-être pinailler sur le vocabulaire mais c'est un verbe qui s'applique aussi aux sériations et qui peuvent gêner nos patients qui eux n'ont pas la même « logique » et qui sont en recherche de sens. Ce n'est que mon opinion.
*J'aurais aimé avoir le temps de reprendre toutes les cartes pour être plus précise. Mais je reste à votre disposition.**
- *Dans le carnet de bord explicatif, il me semble opportun de préciser si le serpent ou le buisson (par exemple) sont des cases. La couleur des cases et l'orientation des empreintes de pas ont-elles une importance ? Dans quel sens avance-t-on ?
*Préciser aussi toutes les formulations à travailler (ce tous des ..., ce sont des non ...)**

En fait ces suggestions sont du détail dans un matériel où tout le logico mathématique tel qu'enseigné dans nos formations a été repris intelligemment, malgré quelques maladresses minimes de débutante.

b. Expérimentations auprès d'enfants présentant des troubles logico-mathématiques

Ce jeu a pu être expérimenté auprès de deux enfants. Tout d'abord, nous verrons le cas de Tatyana, 7 ans, qui présente de grandes difficultés en sériation. Puis, nous étudierons le cas d'Aurélie, 11ans 4 mois, qui présente des difficultés en classification et inclusion.

Grâce à ces deux enfants, nous pourrons explorer en détail les applications de ce matériel.

1) Choix de l'outil d'évaluation

Nous avons choisi de sélectionner les épreuves de conservation, logique, utilisation du nombre et orientation spatiale de l'UDNII. Cet outil, largement inspiré de la théorie piagétienne, permet de situer l'enfant dans son développement numérique par rapport à la norme.

Les résultats sont reportés sur une grille où sont marqués les âges d'acquisition des différentes notions et les différents paliers de développement :

E : échec majoritaire > 50%.

I : intermédiaire majoritaire >50%.

R : réussite majoritaire > 50%.

X : zone d'indétermination (aucune conduite n'est majoritaire).

* : échec <10%.

AC : âges-clés : réussite >75% et échec <10%.

L'UDN-II sera notre outil principal. Cependant, les épreuves de sériation ne sont pas assez complètes pour notre étude. En effet, l'enfant doit simplement classer les baguettes de la plus petite à la plus grande. Cette épreuve peut être réussie sans pour autant que l'enfant ait compris les relations de sériation. C'est pourquoi nous avons créé une épreuve sur la notion de relation de sériation (cf. : Annexe 3, p. 114-115), pour avoir un aperçu clinique des acquisitions des enfants, en ce qui concerne ces notions.

De plus, les épreuves d'inclusion de l'UDN II seront complétées par celles de la B-LM II pour une analyse plus approfondie.

2) La population

La population de cette étude est composée d'enfants présentant des troubles du raisonnement logico-mathématique en sériation et en inclusion. Nous aurions préféré pouvoir expérimenter le jeu, de façon approfondie, sur ses trois aspects : sériation, classification, inclusion. Cependant il fut assez complexe de recruter cette population.

En effet, ces enfants sont en nombre moins important que d'autres (dyslexiques par exemple) en cabinet orthophonique. En outre, ce ne sont pas toujours les notions de sériation, classification et inclusion qui font défaut aux enfants dyscalculiques (difficultés de compréhension de problèmes, d'extraction de données, de technique opératoire,...). De plus, un aspect de l'expérimentation pouvait gêner certaines familles : n'ayant pas de bureau, les rééducations s'effectuaient à domicile. Enfin, certains enfants proposés par les orthophonistes ont eu de bons résultats à l'UDNII et n'ont donc pas pu entrer dans l'étude.

3) Explication de l'expérimentation

Nous avons vu deux patientes durant 15 séances de rééducation avec le support du jeu, en plus de leur séance orthophonique hebdomadaire. Ainsi, cette expérimentation n'a pu être qu'un plus dans leur rééducation.

Ces deux enfants ont été testées avec l'UDN II (et la B-LM II pour Aurélie) avant de commencer la prise en charge et à la fin des 15 séances de rééducation.

Les notions travaillées avec le jeu ne l'ont pas été directement en séance avec l'orthophoniste afin de minimiser l'impact de la rééducation en libéral sur l'acquisition de ces notions.

4) Etudes de cas

1. *Tatyana*

A. Anamnèse

Tatyana est une enfant de 7 ans scolarisée en CE1. Elle a été adoptée en Lettonie à l'âge de 3ans. Elle ne présente pas de réelles difficultés avec le langage oral. Ses phrases sont bien construites et son vocabulaire paraît riche. Quelques difficultés persistent comme par

exemple, la décision du genre des mots. L'apprentissage de la lecture semble s'être déroulé sans encombre.

Nous ne possédons pas d'éléments concernant les développements psychomoteur et langagier de Tatyana, vu qu'à cette époque, elle était en Lettonie.

Tatyana présente un retard de développement de croissance avec un âge osseux inférieur de 2 ans à son âge réel.

La maîtresse de CP est la première à signaler des difficultés dans le domaine logico-mathématique en ce qui concerne la réalisation de groupements. Sa mère relate également des difficultés pour ordonner des éléments. La prise en charge orthophonique a débuté en septembre de cette année.

L'acquisition du repérage temporel est en cours d'acquisition depuis cette année. Le repérage spatial est quant à lui acquis.

Tatyana est décrite comme très sociable. Son comportement durant l'anamnèse le confirme: elle est très souriante, agréable, très présente et très bavarde. Certains points de l'anamnèse seront objectivés par le bilan pour justifier sa prise en charge dans le cadre de cette étude.

B. Bilan initial

Toutes les épreuves de l'UDN-II sont passées, à l'exception de celles sur les connaissances. Cependant, nous n'avons conservé, ici, que les résultats concernant la classification, sériation et inclusion. Il en sera de même pour Aurélie (étude de cas suivante).

Résultats UDNI de départ :

La **sériation à 10 baguettes** est **échouée**. Tatyana fait un essai de sériation sans base commune, avec recherche du voisin proche (recherche de la baguette présentant le plus petit écart de longueur avec la précédente). La sériation, après démonstration, est échouée. Cependant il existe un apprentissage : Tatyana essaie d'ordonner les baguettes selon une base commune.

La sériation à 5 baguettes est réussie.

La **classification à 27 cartes** est **réussie d'après la cotation de l'UDN-II**. Tatyana n'a pu dégager que deux critères : couleur puis forme. Le critère forme a pu être dégagé grâce à une amorce par regroupement de sous-classes. Le critère taille ne peut être dégagé malgré

les différentes amorces proposées. Cependant cette épreuve est dite réussie, par l'UDN II, si l'enfant dégage 2 critères avec tolérance d'une amorce.

L'épreuve d'inclusion est réussie.

Conclusion

Tatyana présente des difficultés dans le domaine logico-mathématique. En effet, les conservations ne sont pas totalement acquises et la sériation à dix baguettes est échouée. De plus, l'utilisation du nombre, en ce qui concerne la modification de collections, n'est pas acquise.

Ainsi, Tatyana va être suivie dans cette expérimentation pour la sériation. La classification et l'inclusion étant en place.

C. Prise en charge

1^{ère} séance

Nous avons choisi de commencer avec le niveau facile de la notion de sériation. Durant cette séance nous pouvons observer :

- **Une sériation morcelée** : Tout d'abord Tatyana dispose les radeaux au hasard. Puis après sollicitation, elle réussit correctement à ordonner les quatre plus grands radeaux. Ordonner la série de huit s'avère complexe. Après quelques manipulations, elle ordonne la série de manière morcelée : trois radeaux puis trois puis deux. Le groupe est finalement sérié avec une erreur qu'elle réussira à retrouver.

- **Des difficultés avec les notions « plus grand que » et « plus petit que »** : sa pensée est unilatérale : un radeau est plus grand qu'un autre. Le fait qu'il soit aussi plus petit qu'un autre n'est pas perçu spontanément.

De plus, lors d'une carte « Village » elle indique « plus gros » pour aider le thérapeute à trouver la pièce. Cependant la maison désignée par le thérapeute est déjà la plus grosse ! On peut s'interroger sur des difficultés de perception de taille des maisons, une impulsivité ou encore un mauvais usage de l'adverbe.

- **Pas de possibilité de vérification de ses résultats.**

Ex : « Tu dis qu'il est plus grand. Est-ce que tu en es sûre ? Comment le vérifier ».

« Je ne sais pas » avec impossibilité de comparaison que ce soit par accollement ou par recouvrement.

Dans le bilan, nous avons vu que Tatyana pouvait comparer des longueurs, comme dans épreuve des bandes. Peut être que cette aptitude s'avère difficile à mettre en jeu dans un exercice.

- Des difficultés de compréhension de ce qui lui est demandé.

Ex : Pour le choix d'un palmier plus grand que le bleu et plus petit que le jaune, elle sélectionne les deux palmiers et me dit que le « jaune est plus grand que le bleu ». Il faut donc réexpliquer et relire la carte. La compréhension de celle-ci est fortement induite par le praticien.

Cette séance a également révélé de bonnes capacités d'adaptation à la situation de jeu. Tatyana a très vite compris le principe et les règles du jeu ainsi que les différentes cartes.

2° séance

Nous avons continué la partie engagée la séance précédente. Tatyana a de grandes difficultés dans l'ordonnance et les relations d'ordre. Il lui est très difficile de répondre aux questions posées. En outre, son attention est assez labile durant la séance et doit être recherchée à plusieurs reprises.

De plus, il existe un plafond d'attention au bout de trois cartes « Question ». Résoudre la quatrième s'avère difficile (elle bouge, va voir ses nounours, met les pieds sur le jeu,...).

3° séance

Alors que nous commençons à installer le jeu, Tatyana dit « On joue à autre chose ? ». Cette demande est peut-être motivée par la lassitude de jouer au même jeu durant deux séances ou alors, le jeu « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion » s'avère trop complexe pour son niveau. Ainsi, fut créé le matériel annexe « Cabanes de pirates » décrit précédemment. Cela a permis de retravailler les bases de cette notion dans les séances suivantes.

Nous avons donc seulement manipulé le matériel « bagues » durant cette séance. Les activités proposées sont :

- Ordonnance de la série
- Recherche d'erreurs dans la sériation
- Recherche de papier caché sous une bague (principe des Maisons 3 D)

L'ordonnance de la série comporte deux erreurs que Tatyana repère avec difficulté. La dernière activité a éveillé l'intérêt de Tatyana, qui a parfaitement réussi à indiquer les relations d'ordre entre deux éléments (élément pointé/cible), rétention d'informations et compréhension des indices donnés par autrui.

4° et 5° séances

Durant deux séances, nous avons travaillé avec le matériel « Cabanes de pirates ». Cela a permis de créer différentes activités :

- Ordonnance des maisons et des pirates.
- Appariement pirate-maison.
- Repérage d'erreurs de sériation.
- Invitation de pirates : « Qui peut aller à la fête, sachant que si l'on est plus grand que la maison, on n'est pas invité ? ».
- Recherche de personnage caché sous une cabane (même principe que les Maisons 3D).
- Insertion d'un élément dans la série.

La sériation à dix éléments comporte toujours une erreur mais Tatyana peut la repérer. Cependant, elle ne parvient pas systématiquement à replacer l'élément au bon endroit. Enfin, trouver les éléments « plus petit que x » s'avère encore difficile.

A l'issue des deux séances, Tatyana a émis le souhait de recommencer à jouer avec le jeu. Peut-être se sent-elle plus à l'aise avec la sériation ? Ou se lasse-t-elle facilement d'une même activité sur deux séances ?

6°,7° et 8° séances

Nous avons donc repris le support du jeu au niveau facile. Tatyana a trouvé ça « plus facile que la dernière fois ». Durant ces séances, nous remarquons que l'ordonnance des éléments est plus aisée, et les relations de sériation mieux assimilées. Cependant, le vocabulaire (long/court) et la compréhension des consignes s'avèrent toujours complexes. Lors d'une question « Enigme », elle isole les radeaux de la consigne mais est incapable de résoudre l'énigme. Nous l'accompagnons ainsi dans son raisonnement pour l'aider à trouver la solution.

9° séance

Nous n'avons utilisé que le matériel des Maisons 3D en suivant scrupuleusement la consigne qui est : « Tu dois trouver où est la pièce en moins de trois coups ». Ceci s'avère difficile pour Tatyana qui n'écoute pas toujours les indices et qui n'a pas de réelle stratégie de recherche.

Le travail de cette séance est axé sur la recherche des « possibilités » de cachette de la pièce, sur la base de deux indices donnés par l'adversaire. Ceci s'est avéré complexe mais possible pour une à deux cartes avec aide du thérapeute.

10° séance

Cette séance est exposée à Tatyana comme une sorte de bilan de ce qu'elle sait faire et a appris durant ses séances.

Le travail, à l'aide du matériel « Cabanes de pirates », est présenté comme un problème à différentes étapes :

- 1- Ranger les maisons.
- 2- Histoire de Jacques : « Jacques quitte ses parents. Il achète une maison. Trouve toutes les maisons que Jacques pourrait acheter ».
- 3- « Il va visiter celle de son copain Arthur. En sortant, il dit : « cette maison est trop grande ». Trouve toutes les maisons que Jacques pourrait vouloir acheter ».
- 4- Choisir la nouvelle maison de Jacques et expliquer son choix.

Ce problème a mis en lumière les progrès de Tatyana dans la sériation des maisons (aucune erreur), la compréhension des relations de sériation. Ces dernières sont en voie d'acquisition. En effet, pour la deuxième question, elle a pu isoler toutes les maisons qui étaient plus grandes ou égales à la taille de Jacques et ceci par comparaison des différents items. La troisième question est très compliquée pour Tatyana. En effet, elle n'est pas parvenue à se décentrer : pour elle, Jacques devait habiter la maison qui était de la même taille que lui. Elle n'a pas pu comparer la maison d'Arthur aux autres pour voir les « possibilités » de choix de maison. Pour la dernière question, elle choisit la maison correspondant exactement à la taille de Jacques et le verbalise. Ce problème a duré 20 minutes.

11° séance

Nous continuons de travailler avec le support des Maisons 3D et des pièces. La notion de « plus grand que » ou « plus petit que » un élément semble acquise. Nous avons donc axé sur la prise en compte de la double information.

Nous avons essayé d'utiliser un support visuel. Nous avons dessiné quatre triangles.

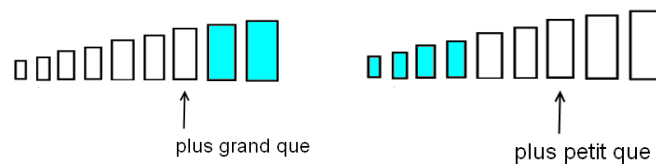
- 1- Trouver ceux qui sont plus grands que le plus petit et les colorier en jaune.
- 2- Trouver ceux qui sont plus petits que le troisième et les colorier en rouge.
- 3- Trouver qui est plus grand que le premier et plus petit que le troisième.

Nous avons pensé que le support des couleurs aurait pu aider Tatyana. Cependant, cet exercice s'est avéré compliqué car une fois la première question exécutée, Tatyana ne pouvait pas colorier en rouge le deuxième triangle : il avait déjà de la couleur.

12 ° séance = retour des vacances de février

Nous avons encore une fois utilisé le matériel des « Cabanes de pirates » et des pièces (sur demande de Tatyana). Cette séance a pour but de consolider les acquis avant la prochaine séance. Tatyana a ordonné les maisons sans difficulté. Par contre, montrer les maisons « plus grandes que » ou « plus petites que » est étonnamment très complexe.

Comme nous pouvons le voir sur le schéma ci-après, s'il y a beaucoup d'éléments plus petits que celui désigné par la flèche, Tatyana se trompe. Elle doit ainsi passer par la comparaison de l'élément aux autres pour trouver la solution.



Cette séance nous montre que les relations ne sont pas encore totalement acquises par Tatyana.

13°, 14° et 15° séances

Pour ces trois dernières séances, nous avons choisi de reprendre le support du jeu. Durant ces parties, Tatyana est parvenue à concevoir l'intersection des relations. Après élimination de tous ceux qui sont « plus grands que » et tous ceux qui sont « plus petits que », elle a pu concevoir qu'un même élément puisse avoir une double relation.

Cependant l'intersection n'est pas acquise en spontané. Il faut un cheminement pour y accéder.

Durant ces séances, les relations simples de sériation se sont consolidées : Tatyana a pris de l'assurance.

CONCLUSION

Tatyana a acquis la sériation de plus de cinq éléments. Elle est maintenant capable de sérier des collections de dix éléments. Elle a pu s'exercer sur une ordonnance par la longueur, hauteur et grosseur. En outre, elle est en voie d'acquisition des relations liant les différents éléments. En effet, elle peut montrer ceux qui sont « plus grands » qu'un élément ou « plus petits » qu'un autre. Cependant, ces acquisitions sont encore fragiles. Tatyana n'a pas acquis l'intersection des relations intrinsèques aux objets d'une collection « être plus petit ET plus grand que ».

Ce support a pu apporter à Tatyana beaucoup de plaisir dans la manipulation de ces concepts. Elle a beaucoup apprécié le graphisme, le « monde » créé, le fait de piocher mais surtout, le fait de cacher et de rechercher un élément dans une série (ex : Maisons 3D).

D. Bilan final

Les épreuves précédemment échouées ou en voie d'acquisition, de l'UDN-II, sont proposées à Tatyana. Il lui est également présenté une épreuve de relations de sériation (cf. : Annexe 3 p 114-115), matériel créé pour cette étude.

Tatyana obtient les mêmes résultats qu'au premier UDN-II sauf pour les épreuves de sériation et des bandes de papier.

- Epreuve de sériation : Tatyana n'a aucune difficulté à sérier les baguettes de la plus petite à la plus grande. Elle les aligne toutes sur une base commune.
- Epreuve des bandes de papier : Seule la première partie (découpage) est réussie. Cela peut s'expliquer par le fait que Tatyana a un recours spontané à la comparaison par recouvrement pour le découpage et la vérification (capacité travaillée en séance pour comparer des éléments).

Pour le test de relation de sériation, l'analyse clinique nous permet de conclure que les relations simples sont maîtrisées mais encore fragiles. En effet, Tatyana a acquis « le plus grand », « le plus petit » ainsi que « tous ceux qui sont plus petit / grand que ». Cependant, dès qu'il y a deux informations « plus grand que **et** plus petit que », ses connaissances se délitent : elle n'est plus capable de trouver tous ceux qui sont plus grands/petits que... Les relations sont donc en cours d'acquisition.

Pour finir, il est demandé à Tatyana de classer 4 chiffres (2 7 4 9) du plus petit au plus grand. Elle produit : 4 2 7 9. Les acquis de Tatyana ne se généralisent donc pas forcément aux chiffres. L'inversion du 4 et du 2 interroge : est-ce une simple erreur d'inattention ? Des difficultés de représentation interne de la quantité ?

Une épreuve de relation de sériation sur suite numérique (3 5 6 10) montre qu'elle est capable de trouver les plus petits que 10 et plus grands que 3. Cependant, ces épreuves ne sont pas approfondies, les relations de sériation dans la suite numérique n'étant pas travaillées en séance.

Tableau comparatif des UDN-II pré-test et post-test

	Epreuves	Pré-test	Post-test
conservation	Quantités discontinues	Echec	Echec
	Substance	Intermédiaire	Echec
	Longueur	Echec	Echec
logique	Sériation 5 baguettes	Réussite	
	Sériation 10 baguettes	Echec	Réussite
	Classification 27 cartes	Réussite	Réussite
	Inclusion	Réussite	
	Transitivité	Echec	Echec
Utilisation du nombre	Jetons = Principes de Gelman	Réussite	
	Poupées (robes + chaussures)	Réussite	
	Comparaison : - collections statiques - modification de collection - transformation d'un énoncé	Réussite	Réussite
		Intermédiaire	Intermédiaire
Echec		Echec	
Origine spatiale	Ficelle	Réussite	
	Bandes de papier (découpage)	Intermédiaire	Réussite



Non acquis à 7 ans



Devrait être acquis à 7 ans

En gras Ce qui a évolué

E. Conclusion

Tatyana a pris de l'assurance, elle est plus confiante dans ses réponses. Elle a fait des acquis qui demeurent encore fragiles : la sériation est donc encore difficile. Elle avoue que les relations de sériation sont plus simples, mais que, c'est quelque chose qui demeure encore difficile : elle « panique ». Il est visible que Tatyana a fait d'énormes progrès dans la compréhension de ces relations, au niveau des objets. La généralisation aux chiffres n'est pas encore réalisée.

2. Aurélie

A. Anamnèse

Aurélie est une jeune fille de 11ans 4 mois scolarisée en CM2. Elle est fille unique et est gardée par ses grands parents maternels depuis la petite enfance. La grossesse et l'accouchement se sont déroulés sans difficulté. Le développement psychomoteur semble normal.

L'entrée en maternelle fut tout d'abord compliquée dans la relation avec ses pairs. Ensuite tout est rentré dans l'ordre et les trois années de maternelle se passent sans encombre.

Aurélie est suivie en orthophonie depuis le cours préparatoire pour des difficultés d'attention et de compréhension. Son orthophoniste nous l'a proposée pour travailler les fondements des nombres.

Au niveau du langage, elle s'exprime clairement et ne présente pas de retard de langage ou autre. De plus, elle n'a pas de difficulté à s'orienter dans le temps ou l'espace. Elle avoue avoir des difficultés avec le langage écrit mais uniquement avec le travail sur texte (lecture de texte et questions sur celui-ci). La lecture et compréhension de phrases simples ne lui posent à priori aucun souci.

Ses difficultés en mathématiques s'expriment principalement dans la résolution de problèmes où il faut organiser les informations et trouver l'opération adéquate. Effectuer le calcul ne pose pas de difficulté car l'aspect numérique semble de bonne qualité (opérations, calcul mental,...).

L'UDN II va permettre de mettre en avant ces difficultés et attester de la pertinence de ce choix de patiente pour cette étude.

B. Bilan initial

L'épreuve de **sérialion** à 10 baguettes est parfaitement **réussie**. Aurélie crée un escalier vertical grâce à la technique de voisins proches : elle compare la baguette qu'elle compte insérer dans la suite aux anciennes. Il y a cependant une présélection visuelle : elle prend tout d'abord les plus grandes pour finir l'escalier par les plus petites.

L'épreuve de **classification** est **réussie**. Cependant, seuls deux critères ont été dégagés. Le dégagement du premier critère (nature des objets) est net. Elle commence par n'isoler que le critère fleur puis se ravise et dégage les trois natures : fleur, pull et tasse.

Pour le deuxième critère elle commence tout d'abord par faire deux tas : les « gros » et les « petits ». Après la suggestion verbale de regroupement de type « tu peux faire plus simple », elle change de stratégie et trie les cartes par couleur.

Pour le dernier critère, elle déclare tout d'abord « C'est quoi ? J'ai tout essayé ». Ensuite, elle refait les deux tas « petits et grands » et est incapable de diviser son tas des « petits » en deux (« petit »s et « moyens ») malgré les différentes amorces mises en place. Ensuite elle se perd dans la consigne, crée un nouveau groupe « c'est parce qu'ils sont différents » : tasse, pull et fleur. Après répétition de la consigne elle n'a plus d'idée : l'épreuve s'arrête.

L'âge clé de cette épreuve se situe à 11 ans.

L'épreuve d'**inclusion** est **échouée**. Que ce soit spontanément ou avec aide, pour Aurélie, il y a « plus de marguerites que de fleurs ». Elle ne distingue pas le terme générique « fleur » de la sous-classe « marguerite ».

L'épreuve d'inclusion fut complétée par une épreuve d'inclusion issue de la batterie BL-M II. Dans ce test, l'enfant doit dessiner : 10 fleurs en tout, 6 tulipes en tout, et 2 tulipes rouges. La production d'Aurélie est de type additif sans inclusion. Cependant, elle peut dire qu'elle a dessiné 18 fleurs en tout, 8 tulipes en tout. Mais au final, elle affirme que ce qui lui a été demandé et sa production sont pareils.

L'âge clé se situe après 11 ans.

Conclusion

Aurélie présente de grandes difficultés dans le domaine du logico-mathématique. Les résultats du bilan confirment ce qui a été dit dans l'anamnèse. Aurélie peut effectuer des opérations, ou encore calculer, c'est-à-dire, utiliser le nombre sans difficulté. Cependant les problèmes s'avèrent être un exercice complexe car Aurélie n'a pas réellement acquis les

conservations et les structures logiques élémentaires. Aurélie est encore tributaire de sa perception visuelle pour résoudre des problèmes.

De plus, le bilan fut ponctué d'impulsivité et d'erreurs attentionnelles, de comptage par exemple.

A la suite de ce bilan, Aurélie a pris acte de ce que sera la prise en charge. Celle-ci visera à renforcer les acquis de la classification et à aborder l'inclusion. Il est probable que la sériation soit travaillée durant une ou plusieurs séances avec la classification pour travailler le raisonnement logique. L'inclusion, sera travaillée en plateau séparé car cette notion n'est ni acquise ni en voie d'acquisition.

C. Prise en charge

Le bilan d'Aurélie a mis en évidence des difficultés concernant les structures logico-mathématiques comme la classification et l'inclusion.

Tout au long de la prise en charge, Aurélie dira « c'est facile », « quand commence-t-on quelque chose de difficile ? » même si certaines manipulations lui sont difficiles. Ce type de relation s'est ainsi mis en place et lui permet de se rassurer.

En outre, Aurélie est très motivée et intéressée par le jeu : elle réfléchit aux questions du thérapeute en plus des siennes. La plupart du temps, elle répond à toutes les cartes « Question » piochées dans la séance.

1ère séance

Les objectifs de la séance sont la découverte du jeu, la mise en confiance d'Aurélie, la consolidation de la classification. Nous avons, ainsi, commencé par la classification au niveau facile.

Aurélie n'a eu aucune difficulté à catégoriser les différents éléments proposés par les diverses questions : point commun, intrus et dessin. De plus, elle a réussi la classification des cartes selon les trois critères : forme, couleur et nombre.

2° et 3° séances

Les objectifs de ces séances sont la consolidation de la classification et le travail du raisonnement par la sériation. Les deux notions sont abordées en niveau difficile.

Classification :

L'extraction des quatre critères par la question « Ordonne ces cartes » est réussie. Aurélie dégage tout d'abord le critère de couleur du tee-shirt pour les « papa » et « enfant ». La première carte « fille » qu'elle croise la perturbe et elle arrête ce tri pour en démarrer un autre : garçon/fille. Avec aide, elle parvient à dégager la sous-catégorie des « garçons » : « père » et « enfant ». Ensuite elle dégage le critère de la localisation dans la carte, puis, avec plus de difficulté, le critère taille. Les différents tris contiennent des erreurs attentionnelles.

Les différentes questions de classification ont mis en évidence les difficultés d'inclusion. Par exemple, à une question, elle doit isoler les « filles » et les « enfants ». Elle trie d'un côté les filles de taille moyenne et grande et, de l'autre, les pères de petite taille avec les enfants. Après demande d'explications, elle explique que les filles de petite taille sont des enfants donc vont dans le tas des enfants.

- Thérapeute : « ce ne sont pas des filles ? ».
- Aurélie : « Si ».
- Thérapeute : « Elles vont où ? ».
- Aurélie : « Sur le tas des enfants ».

Après relecture de la consigne, et différentes explications (existence de femmes de petite taille, regard attentif des différentes cartes), Aurélie parvient à isoler entièrement le critère « fille ».

Sériation

Comme l'ont démontré les résultats de l'UDN-II, Aurélie n'a pas de difficulté à sérier, même des concepts abstraits. Cependant, ici nous nous intéressons au raisonnement sur les relations de sériation. Une observation surprenante est à noter : lorsqu'Aurélie cherche la réponse avec les cartes en tas dans sa main, la réponse est rapide. Lorsque la sériation est placée sur la table et ordonnée (sur demande), trouver la réponse s'avère plus fastidieux. Tout doit être effectué par étape avec quelques difficultés de manipulation de termes (« plus grand que » alors untel est « plus petit que »). Au final, ne trouvant pas la réponse, elle propose une réponse précédemment éliminée. Finalement en reprenant la question à deux, elle parvient à fournir la réponse.

4° séance

Les objectifs de cette séance sont de commencer à aborder le travail de l'inclusion. Comme les résultats du bilan initial démontrent une non-acquisition de cette notion, nous avons choisi de ne travailler qu'avec les cartes « Enigme » et « Instant fiche » au niveau facile. Les cartes « Trouve » paraissant trop complexes pour l'instant.

Cette séance fut très encourageante car Aurélie possède à minima la notion d'inclusion. Différentes questions lui ont été posées :

- « Enigme » : avec description d'un personnage qu'elle a trouvé assez facilement. Cette carte a débouché sur une explication de terme « ancêtre » et donc un travail du vocabulaire.
- « Enigme » sur la notion de partie et de tout : « une partie des pirates se trouve à la taverne, reste-t-il des moustachus ? » Elle donne tout d'abord une réponse puis par réaction du thérapeute, se ravise et produit la bonne réponse avec l'explication adéquate.
- « Instant fiche » : elle élimine les différents éléments en plaçant ses mains sur la feuille pour avoir une représentation spatiale des réponses. Son raisonnement est inclusif mais des oublis attentionnels perdurent.

Finalement, cette notion paraît moins déficitaire que ce que l'on a pu observer avec l'UDN-II. Ceci peut s'expliquer par différentes hypothèses :

- Apprentissage durant le test ?
- Début d'acquisition post test ?
- Manque de sensibilité du test ?
- Jeu ne travaillant pas réellement cette notion ?
- Jeu travaillant les prémices de cette notion ?

5° séance

Cette séance a permis d'introduire les cartes « Trouve ». Ce type de cartes est compliqué pour Aurélie.

Elle commence tout d'abord par une production additive des différents éléments. Après avoir lu la carte, elle sélectionne les différents éléments en suivant sa lecture. Finalement elle a onze éléments pour six demandés.

La compréhension de la situation décrite s'avère difficile. L'explication lui est fournie tout d'abord oralement, puis, voyant qu'elle ne comprend pas, un dessin illustratif de la

situation lui fut donné. Cette dernière explication l'a éclairée mais il a fallu accompagner sa réflexion tout au long de la résolution de cette carte.

Les cartes « Enigmes » ne lui ont pas posé de difficulté (la réponse est visuelle après élimination).

6° et 7 ° séances

La première carte piochée est une question « Trouve ». Aurélie commence tout d'abord par une production additive. Puis après vérification elle dit « c'est comme la dernière fois ». Elle tâtonnera mais l'aide qui lui est fournie est moins importante qu'à la séance précédente.

Pour les cartes « Instant fiche », elle n'organise pas sa recherche. Ce jeu a souvent mis en avant les difficultés attentionnelles d'Aurélie dans la recherche d'informations. En outre, pour répondre aux cartes « Enigme », elle demande si elle peut déplacer les éléments : elle les aligne sans aucune catégorisation de personnages (ce qui lui simplifierait la recherche). Ainsi Aurélie présente de réelles difficultés tant dans l'organisation des informations que dans la stratégie de recherche d'un élément. Pour exemple, elle recherchera durant deux à trois minutes un pirate avec une écharpe parmi vingt éléments et ne le trouvera pas : ce dernier se situait à la fin de la dernière ligne.

Ces difficultés attentionnelles et l'impulsivité la pénalisent dans la recherche d'éléments.

8 ° et 9 ° séances

Après avoir travaillé durant quatre séances avec les personnages du niveau facile de l'inclusion, nous avons décidé d'essayer de construire un arbre d'inclusion des « Habitants du monde de Sam » (cf. : Annexe 4, p 116). Cette activité a permis de travailler l'inclusion mais aussi la classification des différents éléments.

Au départ, tous les personnages (animaux et bonhommes) sont éparpillés sur la table. Lors de la première séance, le travail de classification s'avère compliqué pour Aurélie. Elle énumère les différents éléments mais ne parvient pas à réaliser de catégories. La première séance est fortement guidée par le thérapeute.

Aurélie est une jeune fille qui applique les techniques qu'elle apprend sans les comprendre. La seconde séance lui est donc plus simple car elle garde en tête ce qu'elle avait effectué la séance précédente. L'extraction de caractères s'avère ainsi plus aisée. Cependant

elle crée tout d'abord quatre familles de bonshommes (Hommes, Femmes, Enfants et...), puis se ravise au moment de donner le nom de la quatrième catégorie.

Nous avons tout d'abord effectué ensemble la catégorie des hommes puis elle a effectué seule celle des enfants. L'analyse de sa production montre qu'elle applique la technique des ronds partagés mais remplit au hasard les cases créant même des aberrations dans l'arbre d'inclusion. Nous reprenons ensemble le cheminement. Il est à noter qu'elle organise les éléments en séparant les catégories et sous-catégories. Lorsque l'arbre est achevé, nous lui posons diverses questions d'inclusions du type « est-ce que tous les hommes à barbe ont une jambe de bois ? » auxquelles elle répond sans trop de difficultés, ayant le support visuel à sa portée. Aurélie a fait une remarque intéressante montrant son cheminement cognitif à propos de l'inclusion « J'ai remarqué que, quand un personnage possédait quelque chose, il n'avait pas autre chose ». Ex : Si un personnage a un cache-œil, il n'a pas de bandana.

10° séance

Suite aux séances passées, nous voulons savoir où Aurélie en est de l'acquisition de l'inclusion. Nous avons donc scindé la séance en deux :

- Réponse à une question du type : y-a-t-il plus d'animaux ou de chats ? avec un support de 7 chats et 3 chiens (activité inspirée des épreuves piagésiennes).
- Question « Trouve ».

La première partie est très compliquée. L'inclusion dans ce type de problème n'est pas acquise. Elle se fie à sa perception spontanément puis grâce à une aide du type « montre moi tous les animaux ; montre moi tous les chats ; où y en a-t-il le plus ? » elle peut dire qu'il y a plus d'animaux mais est incapable de justifier l'inclusion par une réponse du type « les chiens sont aussi des animaux ». Elle justifie par « il y a moins de chats, il y a plus d'animaux,... ».

La seconde partie est plus aisée. Aurélie a compris le principe. A-t-elle compris la méthode ou a-t-elle mieux compris le principe d'inclusion ? Toujours est-il qu'elle réussit : elle sélectionne les sous-catégories puis remonte jusqu'aux catégories. Il n'y a donc plus de production additive.

11° séance

Toujours dans l'optique de voir où Aurélie en est dans l'acquisition de l'inclusion nous lui posons ce petit problème : « Sam va voir le groupe de musique « Pirat'attack ». Il y a 11 musiciens en tout, 5 filles en tout et 3 filles avec des chapeaux en tout ». Cet exercice est

une activité analogue aux questions « Trouve ». Aurélie commence tout d'abord par une production additive (les onze musiciens). Puis, elle relève la tête et demande : « les filles, ce sont des musiciens ? ». Elle commence à comprendre le principe d'inclusion mis en jeu dans cette activité mais termine les corps des onze musiciens et repart dans une production additive. Ensuite, elle dessine les cinq filles. Puis « je me suis trompée ». Nous lui donnons une nouvelle feuille et elle réalise la production attendue. L'inclusion est donc acquise en réflexion mais pas en spontané. La séance se solde par l'explication du niveau difficile qui sera engagé la séance prochaine.

12° et 13° séance

En ce qui concerne le niveau difficile, Aurélie n'a eu aucune difficulté. Elle s'organise et semble plus sûre d'elle. Cependant, le trouble attentionnel ressort dans la lecture de l'énoncé et donc dans la prise d'information.

Il ne semble pas nécessaire de continuer à travailler l'inclusion avec ce support.

14° séance

Nous avons construit l'arbre d'inclusion des coffres. Ceci pour finaliser le travail des classification/inclusion, mais aussi pour préparer Aurélie à la 6^{ème}. Tout d'abord, Aurélie s'organise sur la table, elle groupe les coffres par couleurs. Il lui est difficile de trouver la classe supérieure (taille). Aurélie paraît comprendre le système de l'arbre d'inclusion quand nous lui expliquons, mais pose les items au hasard sans réflexion préalable, sans anticipation. La construction d'un arbre est difficile.

15° séance

Cette séance a pour but de clôturer la prise en charge. Il est proposé à Aurélie quelques problèmes à résoudre avec le matériel des « coffres ». Durant la résolution, Aurélie essaye plusieurs fois de répondre par des chiffres, des opérations, au hasard. La consigne proposée est de décrire la situation ou une histoire pour résoudre le problème.

Par exemple « Sam avait 6 coffres il lui en reste 3, que s'est-il passé ? ». Sur cet exercice Aurélie imagine « le pirate « Turlututu » lui a volé trois coffres ».

Le dernier problème est le plus compliqué : « Sam a 11 coffres à la fin de la journée. Il en avait gagné 4, puis il en avait perdu 2. Combien avait-il de coffres ce matin ». La temporalité de l'histoire est difficile. Aurélie ne s'est pas représenté la situation (manipulation

de coffres ou dessin). De plus, le problème attentionnel ressort en lecture : Aurélie a lu « A la fin de la journée il en avait gagné 4 » (omission du point).

Après la résolution du problème, nous l'avons expliqué sous l'angle de l'inclusion (le tout/la partie) pour qu'Aurélie comprenne le but du travail engagé et ce en quoi il pourrait l'aider en mathématiques. Ceci a pour but de l'aider dans la généralisation de ses acquisitions.

CONCLUSION

Aurélie a fait d'énormes progrès durant ces séances. Au niveau comportemental, elle s'est ouverte, initiant la conversation, faisant même des jeux de mots. Elle qui paraissait effacée et peu sûre d'elle au premier abord, a pris confiance et s'est épanouie.

Au niveau des acquisitions, elle s'est emparée de ce que pouvait lui apporter le jeu. Les notions d'inclusions paraissent mieux maîtrisées. A voir en situation de problèmes, si elle peut généraliser ses acquis.

D. Bilan final

Il n'est proposé à Aurélie que les épreuves qu'elle avait échouées ou partiellement réussies : la classification (27 cartes), les conservations (poids, longueur), l'épreuve des bandes de papier et bien sûr l'inclusion (avec l'épreuve de l'UDN II et celle de la B-LM II).

A cause des vacances scolaires, le post-test n'a pu se faire que deux semaines après la dernière séance avec le jeu. Ceci permet de voir si Aurélie a réellement acquis des notions d'inclusion.

○ **Classification**

Cette épreuve est réussie. Aurélie parvient à dégager sans difficulté les trois critères : couleur, nature et taille.

○ **Inclusion**

UDN II : l'épreuve est réussie. Aurélie répond de façon adéquate au jugement spontané et à deux extensions. La seule question échouée est l'extension B « Imagine que l'on mette une marguerite, une marguerite,... ».

B-LM II : Aurélie parvient à une production avec un niveau d'inclusion (les tulipes sont des fleurs) mais pas au second (les tulipes rouges sont des tulipes). On peut donc conclure que l'inclusion est en cours d'acquisition.

Tableau comparatif des UDN-II pré-test et post-test

	Epreuves	Pré-test	Post-test
conservation	Quantités discontinues	Réussite	
	Poids	Echec	Echec
	Longueur	Echec	Echec
logique	Sériation 10 baguettes	Réussite	
	Classification 27 cartes	Réussite	Réussite
	Inclusion UDN II	Echec	Réussite
	Inclusion B-LM II	Echec	Intermédiaire
	Transitivité	Non proposée	Echec
Utilisation du nombre	Jetons = Principes de Gelman	Réussite	
	Poupées (robes + chaussures)	Réussite	
	Comparaison : - collections statiques - modification de collection - transformation d'un énoncé	Réussite	
		Réussite	
Réussite			
Origine spatiale	Ficelle	Réussite	
	Bandes de papier (découpage)	Echec	Intermédiaire

 Devrait être acquis à 11 ans

En gras Ce qui a évolué

E. Conclusion

Aurélie a évolué entre le bilan initial et le bilan final. Elle a acquis des notions d'inclusion mais aussi plus de facilité dans la classification. Les conservations, quant à elles, n'ont pas évolué.

Ce support est intéressant pour Aurélie car elle a pris beaucoup de plaisir dans une rééducation ludique.

Cet outil a permis de faciliter l'extraction de critères de collections (classification) mais aussi de commencer à les classer en classes et sous-classes et, ainsi, de donner plus de flexibilité à sa pensée afin de l'amener à une meilleure compréhension du nombre et des situations de problèmes.

2. Discussion

a. Rappel des résultats observés

Ces deux expérimentations ont permis de mettre en évidence l'apport de ce matériel dans la rééducation orthophonique.

Les témoignages d'orthophonistes nous apportent une vision pratique de ce matériel. En effet, nous pouvons en dégager les points suivants :

- Cet outil peut s'avérer intéressant dans la rééducation orthophonique des troubles du raisonnement logico-mathématique.
- Il vient en complément de la rééducation, en deuxième intention.
- Ce matériel peut s'adresser à une population assez vaste de patients, capter et maintenir leur intérêt pour les notions de sériation, classification et inclusion.
- Cet outil fournit un matériel varié à l'orthophoniste qui dispose d'une base importante de cartes.
- Le fond est intéressant mais il est nécessaire d'améliorer certains points : formulations ambiguës, graphismes de la sériation des âges, hauteur des maisons 3D,...
- Les plateaux de jeu ne sont pas indispensables : sont-ils vraiment utiles ?

Cette expérimentation confirme que ce jeu peut avoir sa place dans un cabinet orthophonique, après quelques améliorations indispensables. Les orthophonistes, comme leurs

patients, ont pris du plaisir à manipuler cet outil qui respecte les quatre objectifs de son élaboration : adaptation/diversité/ludisme/manipulation.

La seconde expérimentation valide quant à elle, l'hypothèse de départ : cet outil peut aider des enfants, présentant des troubles du raisonnement logico-mathématiques, à acquérir des notions telles que la sériation ou l'inclusion (la classification n'ayant pas été réellement expérimentée). Ces notions n'ayant été travaillées qu'avec le support « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion », nous pouvons supposer que cet outil a participé, de façon importante, à l'acquisition des structures logiques élémentaires par ces patients.

Ces expérimentations ont participé à l'amélioration de cet outil. En effet, au fil des parties, des cartes «Question » ont été modifiées en faveur de formulations plus précises, favorisant la compréhension de la question. De plus, elles auront permis l'ajout d'une annexe « Cabanes de pirates », indispensable pour travailler les bases de la sériation avec ce matériel.

b. Critiques de l'expérimentation

Ces expérimentations ont permis des réflexions sur l'outil d'évaluation, l'expérimentation elle-même et le matériel « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion ».

I. L'outil d'évaluation

L'UDN-II est un outil basé sur la théorie piagétienne. Les résultats sont exprimés par comparaison entre le niveau d'acquisition de l'enfant et la norme. Ainsi, une notion est dite, acquise, non-acquise ou intermédiaire (en voie d'acquisition). Ce type de résultats n'est pas assez précis pour cette étude. En effet, des outils plus précis, comme le Tedimath, qui exprime les résultats en écart type, auraient été préférables.

En outre, il fut nécessaire d'ajouter des épreuves d'inclusion et de sériation pour une analyse plus approfondie. L'épreuve d'inclusion de la B-LM II fut sélectionnée car elle aborde cette notion différemment et de façon plus complète que l'épreuve de l'UDN-II. Enfin, une épreuve de relation de sériation fut créée pour cette étude, car aucun des tests existants ne permettait une analyse précise des relations de sériation.

II. L'expérimentation auprès d'enfants dyscalculiques

L'expérimentation est paradoxale. En effet, durant quinze séances, des sujets furent rééduqués avec le même matériel. Or, cet outil fut créé pour une utilisation sporadique dans une rééducation des troubles logico-mathématiques. Cette expérimentation a cependant permis de montrer que l'utilisation stricte du jeu lasse les enfants au bout de trois séances consécutives, mais peut être reprise avec plaisir quelques séances après. De plus, le matériel, lui, n'a pas lassé. En effet, nous avons travaillé durant quinze séances avec les mêmes cartes « Jeu » ou « Question » sans que cela n'altère l'attrait du patient.

Ainsi, cette expérimentation n'est pas celle envisagée à la base. Au départ, nous avions prévu d'appliquer stricto sensu les règles de jeu de ce matériel. Cependant comme nous l'avons expliqué, cela n'a pu être possible. Il a donc fallu adapter le matériel, le dériver, créer d'autres activités en rapport avec cet outil. Finalement, cette expérimentation est plus proche du travail engagé en cabinet c'est-à-dire une adaptation du matériel à la rééducation de l'enfant dyscalculique. Il faut donc percevoir cette expérimentation comme celle de différentes applications possibles du jeu et des idées rééducatives qu'elle peut engendrer.

Finalement, cette expérimentation a permis de valider l'hypothèse de départ qui était de savoir si ce matériel avait un intérêt dans la rééducation logico-mathématique. En effet, ces deux patientes ont toutes deux fait des progrès dans le domaine travaillé. Même si les notions ne sont pas encore acquises, elles sont en phase de le devenir. Ce jeu remplit donc son objectif qui est d'aider les enfants dyscalculiques dans leur approche des notions de sériation et inclusion (classification non-testée).

III. Le jeu

Ces expérimentations ont permis une analyse approfondie de ce matériel tant dans la compréhension des règles, la manipulation, les points forts et les points faibles.

A. Les règles du jeu

Les différents enfants ont rapidement assimilé les règles du jeu. En effet, le fait de lancer le dé, d'avancer son pion du nombre de cases désigné par le chiffre correspondant à celui du dé, est un fonctionnement courant des jeux de plateaux. La correspondance couleur de la case et carte à piocher s'est effectuée sans aucune difficulté. La seule difficulté notable est celle de devoir attendre d'avoir reçu les cinq cartes « Récompense », avant de

résoudre l'énigme. Par exemple, pour la classification, la première carte place le joueur (ex : départ sur la croix rouge) et c'est souvent à l'obtention de cette première carte que les enfants placent leur joueur sur la case désignée.

Enfin, la case « Passe ton tour » présente sur les différents plateaux a permis d'épicer un peu les parties.

B. La manipulation du matériel

La préparation du matériel prend plus ou moins de temps selon le mode de jeu sélectionné. Cependant, on peut évaluer un temps moyen de préparation à 3 minutes, ce qui est un temps correct d'installation. Les enfants y ont toujours participé, ce qui a permis d'éveiller leur intérêt à ce qui allait se passer après : « C'est pour quoi ces maisons ? ».

La manipulation du matériel est très agréable, bien que fragile. Les différentes cartes s'avèrent douces au toucher et les couleurs sont attractives pour les enfants. Cependant, un bémol fut soulevé par Aurélie : « ça pique ! ». En effet, les cartes jeux sont plastifiées avec des bords en angle droit qui peuvent piquer.

La présence de différents objectifs de jeu a permis de maintenir l'attention de l'enfant durant les 30 minutes de rééducation. La quête finale avec découverte d'un personnage (ou d'un trésor) ainsi que le fait de recevoir une récompense s'avèrent très ludiques et stimulants pour les enfants.

C. Points forts

▪ Aspect ludique

L'avis des différents enfants sur ce matériel fut unanime « C'est bien ». Ils ont tous aimé le monde des pirates et l'univers ainsi créé (dessins, couleurs,...). La formulation des différentes questions fut très appréciée. De plus, la diversité des cartes « Question » a pu maintenir leur intérêt : différentes modalités de travail étant explorées.

Par exemple, lorsque plusieurs cartes du type « Histoire de Sam » furent piochées, Aurélie s'exclama « encore ! ». La carte suivante n'en étant pas une, le « ah ! » de satisfaction fut prononcé.

Cette diversité est semble-t-il importante car elle a permis de réellement maintenir l'intérêt de l'enfant et éviter la lassitude. En outre, Tatyana a aussi beaucoup aimé le fait de piocher des cartes et de les manipuler. Enfin, répondant à une sollicitation du thérapeute, les enfants ont exprimé un global intérêt pour la façon dont le jeu les faisait réfléchir.

Cependant, malgré l'intérêt que les enfants ont pu porter au jeu, on note une certaine lassitude au bout de la troisième, quatrième séance avec le même jeu. Cela permet ainsi de replacer le jeu dans sa véritable nature : un outil de rééducation et non une rééducation à part entière.

- Travail du vocabulaire

A maintes reprises, les enfants se sont retrouvés devant des termes inconnus appartenant au vocabulaire des pirates (« taverne », « moussaillon ») ou non (« ancêtre », « faire des emplettes »). Ce fut là encore un choix de conception de ne pas « édulcorer » le langage employé pour permettre aux enfants d'enrichir leur stock lexical, en plus de l'acquisition des notions mathématiques.

- Côté pratique

Le jeu est prévu pour 2 ou plusieurs joueurs et dure en général, 60 minutes (ou 2 séances). Il fournit au thérapeute de nombreuses cartes à manipuler, celles-ci s'utilisant avec ou sans le support du jeu.

L'expérimentation de ce jeu, a permis de mettre en lumière certaines difficultés de certains enfants, qui pourront être exploitées par la suite dans la rééducation orthophonique. Par exemple, il a révélé les difficultés d'Aurélie dans la manipulation de relations de sériation. Ce jeu nous a permis de nous questionner sur les différentes productions des enfants, pour ainsi comprendre leur fonctionnement.

D. Les points faibles

- Ce matériel ne se suffit pas dans la rééducation des troubles logico-mathématiques.

Ce matériel fut le seul support de la seconde expérimentation. Cependant, il n'a pas été possible de se cantonner à l'application stricte des règles durant toute la prise en charge. Par exemple, pour Tatyana, le jeu s'est avéré trop complexe dès le départ. En cabinet orthophonique, le thérapeute aurait utilisé un autre matériel avant celui-là. D'où, dans notre expérimentation, la nécessité de l'annexe « Cabanes de pirates ». Egalement pour Aurélie, ne travailler qu'à l'aide de ce support est une erreur. En effet, Aurélie apprend par cœur une méthode et l'applique. Il faut énormément varier les supports avec elle. Et cela n'est pas faisable si l'on se cantonne au jeu et à ses règles.

- Des formulations complexes.

Les questions de sériation peuvent paraître à première vue alambiquées car elles contiennent un flot d'informations. Par exemple, il est possible de trouver des questions du type « *Sam adore les animaux. Ce matin, en se baladant dans les bois il a vu un animal : Il était plus gros qu'un chien, mais plus petit qu'une baleine. L'éléphant est plus gros que cet animal et la vache aussi.* ». Ce type de question n'est pas compréhensible au premier abord. Il faut s'organiser et avancer petit à petit, et avoir une certaine flexibilité mentale et maîtrise de la langue française pour réussir le problème.

- Ambiguïté du niveau de la classification.

Deux critères de la classification peuvent s'avérer ambigus : la couleur du niveau facile et la taille du niveau difficile. En effet pour le premier, le rouge et le marron peuvent être confondus. D'autres couleurs plus franches auraient pu être pensées. Pour le critère taille, il demande une certaine observation visuelle : les différentes tailles sont peu différenciables et nécessitent parfois l'isolement de chacune pour effectuer un tri.

De plus, le critère « taille » associé à celui des différentes personnes de la famille (homme/femme/enfant) est ambigu. Comme l'a soulevé Aurélie, une « petite » « fille » (ou femme) est un enfant. Cette partie du jeu est à repenser.

- Un niveau difficile de classification, trop simple.

Dans ce jeu, l'enfant est amené à catégoriser. Cependant, le niveau difficile de la classification n'est pas assez complexe. En effet, il demande un effort supplémentaire d'évocation lexicale et une classification plus élaborée. Cependant, les concepts à verbaliser auraient dû être plus abstraits et donc moins accessibles à l'enfant. En outre, sur trente cartes « Question » il n'y en a que quatorze qui utilisent les cartes « Jeu », et donc la manipulation. Les autres appellent à une catégorisation, peut être trop simple pour ce niveau.

- Des améliorations nécessaires.

Ces deux expérimentations ont mis en lumière des points à repenser, à remanier. Les différentes hauteurs des Maisons 3D (alors que la sériation se fait d'après leur diamètre), le graphisme de certaines cartes, la couleur de personnages, des formulations ambiguës,... Ce jeu a besoin d'améliorations pour constituer un matériel orthophonique intéressant pour la rééducation des troubles logico-mathématiques.

CONCLUSION

Cet outil, comme nous l'avons montré, présente des atouts et des limites pour rééduquer les troubles logico-mathématiques. Il va de soi que ce n'est en aucun cas une rééducation de la sériation et de la classification (multiplicative et inclusive) mais bien un outil devant s'intégrer à une prise en charge. Il peut ainsi être utilisé ponctuellement ou durant plusieurs séances pour aider à l'acquisition de notions. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que l'utilisation d'un même outil ne permet pas forcément la généralisation des notions, par habitude du sujet au matériel.

De plus, il n'aborde pas la notion de nombre. Ceci peut être considéré comme une lacune ou comme un choix de création. Cet outil est centré sur les notions élémentaires de la construction du nombre mais ne touche pas à la numération. C'est pour cela qu'il est nécessaire de compléter la prise en charge par un autre support que celui-là.

c. Autres apports possibles du jeu

Nous avons essayé d'analyser si ce jeu pouvait s'élargir à d'autres pathologies que celles des troubles logico-mathématiques. En effet, le langage et les mathématiques sont très liés. En plus de la logique, nous avons vu que cet outil avait un apport dans l'enrichissement du vocabulaire. Ainsi il pourrait être utilisé dans sa forme simple pour des retards de parole et langage par exemple. En effet, l'enfant pourrait manier et intégrer le vocabulaire de type « plus et moins », les adjectifs (long, large, gros, fin, haut,...) mais aussi enrichir son vocabulaire en créant des liens sémantiques entre différents termes (classification), travailler l'évocation lexicale.

En outre, ce jeu peut être travaillé en modalité écrite pour les enfants apprenti-lecteurs. Cet outil pourrait ainsi, être utilisé pour favoriser l'apprentissage de la lecture de manière ludique. De plus, les cartes « Instant fiche » ou « Enigme » (en modalité orale) peuvent travailler la mémorisation d'un énoncé (dont on ne doit perdre aucune information) mais aussi l'attention visuelle (par la recherche d'un item cible parmi tant d'autres).

Enfin, nous pensons que cet usage ne peut être généralisé aux personnes âgées car le matériel pourrait paraître trop infantilisant mais serait cependant intéressant pour travailler le contrôle exécutif (planification, organisation, ...).

CONCLUSION

Nous avons voulu avec « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion » construire un matériel qui puisse servir d'outil aux orthophonistes dans la rééducation des troubles logico-mathématiques.

Ce jeu, basé sur la théorie piagétienne de la construction du nombre, doit constituer un matériel approprié en confrontant l'enfant dyscalculique à différentes situations lui permettant de développer différentes structures logiques et de les généraliser à différentes situations.

Nous avons ainsi créé ce jeu en essayant de respecter les quatre objectifs que nous nous étions fixés : adaptation, manipulation, diversité et ludisme. En outre, il s'inspire de la théorie piagétienne mais aussi, et surtout, de l'expérience d'orthophonistes travaillant depuis longtemps dans ce domaine. Ceci a permis la construction d'un outil basé sur la théorie mais aussi sur l'observation clinique et l'expérience professionnelle.

Nous avons décrit les choix sous-jacents à la création de ce matériel. Après en avoir décrit sa composition, nous avons analysé l'utilité de cet outil par l'expérimentation pratique en cabinet orthophonique, mais aussi à travers une rééducation d'enfants ayant des difficultés dans le domaine du logico-mathématique. Ces expérimentations ont ainsi révélé différents points forts de ce jeu comme le travail de vocabulaire, la mise à jour de difficultés et surtout l'intérêt de l'enfant pour le travail de ces notions. Cependant ce matériel comporte des points faibles comme une classification trop simple, des formules alambiquées,...

Ce jeu doit être considéré comme un outil de rééducation des structures logiques élémentaires mathématiques s'incluant dans une rééducation plus large des troubles logico-mathématiques.

Nous avons évoqué l'idée d'élargir cet outil à une population plus vaste. Cependant, ce matériel pourrait-il avoir un réel intérêt dans la rééducation d'autres pathologies comme la dyslexie, les troubles attentionnels ou encore les retards de parole et de langage ?

BIBLIOGRAPHIE

1. BACQUET M., GUERITTE-HESS B. (2003), *Le nombre et la numération*, Montreuil, éditions du Papyrus
2. BARROUILLET P., CAMOS V. (2006), *La cognition mathématique chez l'enfant*, Marseille, Solal
3. BRIN F., COURRIER C., LEDERLE E., MASY V. (2004), *Dictionnaire d'orthophonie*, Isbergues, Ortho édition
4. CHALON-BLANC A. (2005), *Inventer, compter et classer*, Paris, Armand Colin
5. CHAUCHAT R. (2007), *Acquisition du nombre dans les troubles du raisonnement logico-mathématique par la classification et la sériation selon les concepts piagétien*, mémoire pour l'obtention du certificat d'orthophonie
6. DOLLE J.-M. (2005), *Pour comprendre Jean Piaget*, Paris, Dunod (3^e édition)
7. Expertise collective (2007), *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques*, Paris, Les éditions INSERM
8. HOUDE O., LEROUX G. (2009), *Psychologie du développement cognitif*, Presses universitaires de France, Paris
9. GIRELLI L. (2000), *La rééducation cognitive des troubles du calcul in Neuropsychologie des troubles du calcul et du traitement des nombres*, PESENTI M., SERON X. Paris, Solal.
10. GOLSE B. (2008), *Le développement affectif et intellectuel de l'enfant*, Paris, Masson (4^e édition)
11. GUERITTE-HESS B., CAUSSE-MERGUI I., ROMIER M.-C. (2005), *Les maths à toutes les sauces*, édition Le Pommier, Paris, 2005
12. JAULIN MANNONI F. (1999), *La sirène et le dragon : ouvrage de référence*, Paris, Apec
13. JAULIN-MANNONI F. (1974), *L'apprentissage des sériations*, Aubenas, les éditions ESF
14. LACOMBE J. (2006), *Le développement de l'enfant*, Bruxelles, De Boeck
15. LAVAL V. (2007), *La psychologie du développement : modèles et méthodes*, Paris, Cursus psychologie (3^e Edition)
16. LOHR S. (1999), *Talemo et Céquelmo : jeux de décision lexicale et sémantique*, mémoire pour l'obtention du certificat d'orthophonie

17. LUSSIER F., FLESSAS J. (2005), *Neuropsychologie de l'enfant : troubles développementaux de l'apprentissage*, Paris, Dunod (2^o édition)
18. MAZEAU M. (2005), *Neuropsychologie et troubles des apprentissages : du symptôme à la rééducation*, Paris, Masson
19. MAZEAU M. (1999), *Aspects cliniques de la dyscalculie chez l'enfant*, p 113-129 in Rééducation Orthophonique n°1999
20. MELJAC C, LEMMEL G. (1999), *Utilisation du nombre (UDN II)*, ECPA
21. METRAL E., *B-LM II*, Orthopratic
22. MIRASSOU A (2003), *3 équations pour une approche rééducative de la dyscalculie*, p.17-22 in Ortho Magasine n° 44
23. NOEL P. (2007), *Le développement numérique* in *Psychologie du développement cognitif de l'enfant*, A. BLAYE et P. LEMAIRE, Bruxelles, De Boeck
24. PESENTI M. et ROUSELLE L. (2005), *Les procédures de quantification chez l'enfant*, in *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*, VAN HOUT A., MELJAC C., FISHER J.-P., Paris, Masson (2^o édition)
25. PIAGET J, INHELDER B, (1959), *La genèse des structures logiques élémentaires*, Lausanne (Suisse), Delachaux et Niestlé
26. PIAGET J, SZEMINSKA A., (1964), *La genèse du nombre chez l'enfant*, Neuchâtel (Suisse), Paris, Delachaux et Niestlé (3^o édition)
27. REY-DEBOVE J., REY A (2006), *Le nouveau petit Robert*, Paris, Dictionnaires Le Robert
28. RODITI E (2005), *L'éducation face aux théories de la construction du nombre chez l'enfant*, in *Spirale- revue de recherches en éducation*, n°36
29. TRAN-THONG (1992), *Stades et concept de stade de développement de l'enfant dans la psychologie contemporaine*, Paris, Librairie philosophique J. VRIN,
30. TROADEC B. (1998), *Psychologie du développement cognitif synthèse*, Paris, Armand Colin
31. VAN HOUT A., MELJAC C., FISHER J.-P. (2005), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*, Paris, Masson (2^o édition)

ANNEXES

ANNEXE 1 : Echantillon de cartes « Jeu » pour la sériation, classification et inclusion

ANNEXE 2 : Lettre aux orthophonistes

ANNEXE 3 : Epreuve de relation de sériation (extrait du bilan final de Tatyana)

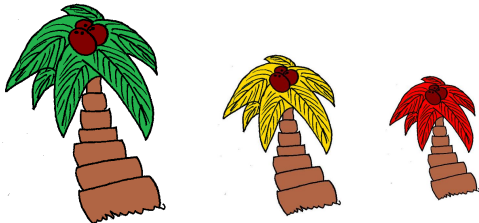
ANNEXE 4 : Arbre d'inclusion

ANNEXE 1 : Echantillons de cartes «Jeu » pour la sériation, classification et inclusion

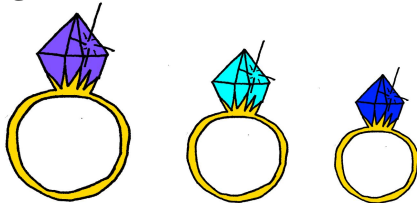
I. Sériation

a. Niveau facile

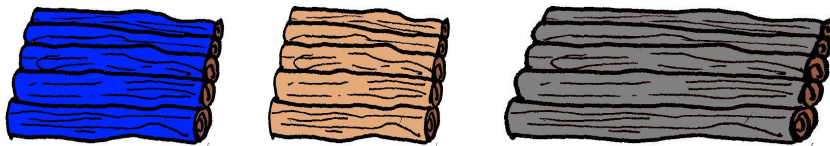
Palmiers



Bagues







Radeaux







b. Niveau difficile

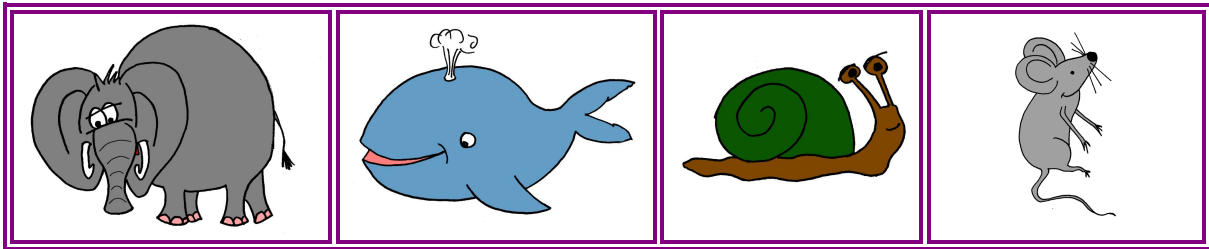
Agés

 Raoul	 Billy	 Manu	 Henri
---	---	--	---

Volumes

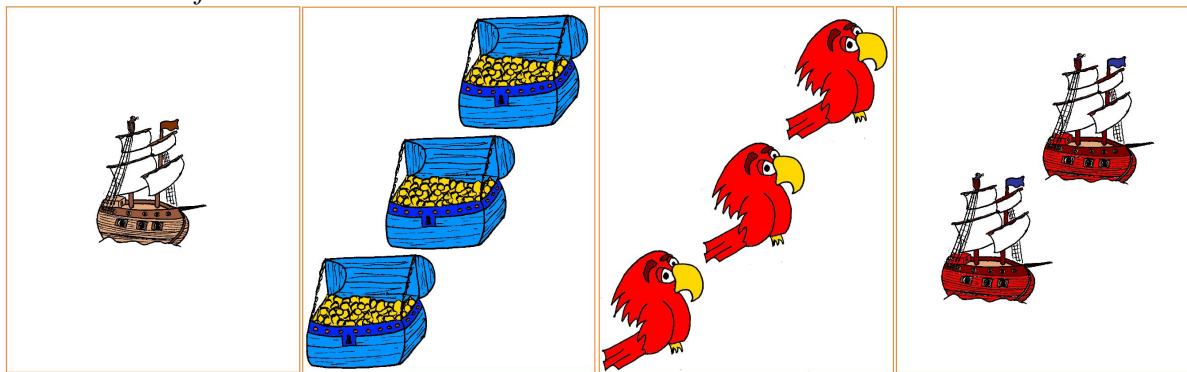
 CHOCOLAT	 GRENADINE	 MENTHE	 JUS D'ORANGE
--	---	--	--

Animaux (taille sur carte/taille réelle)

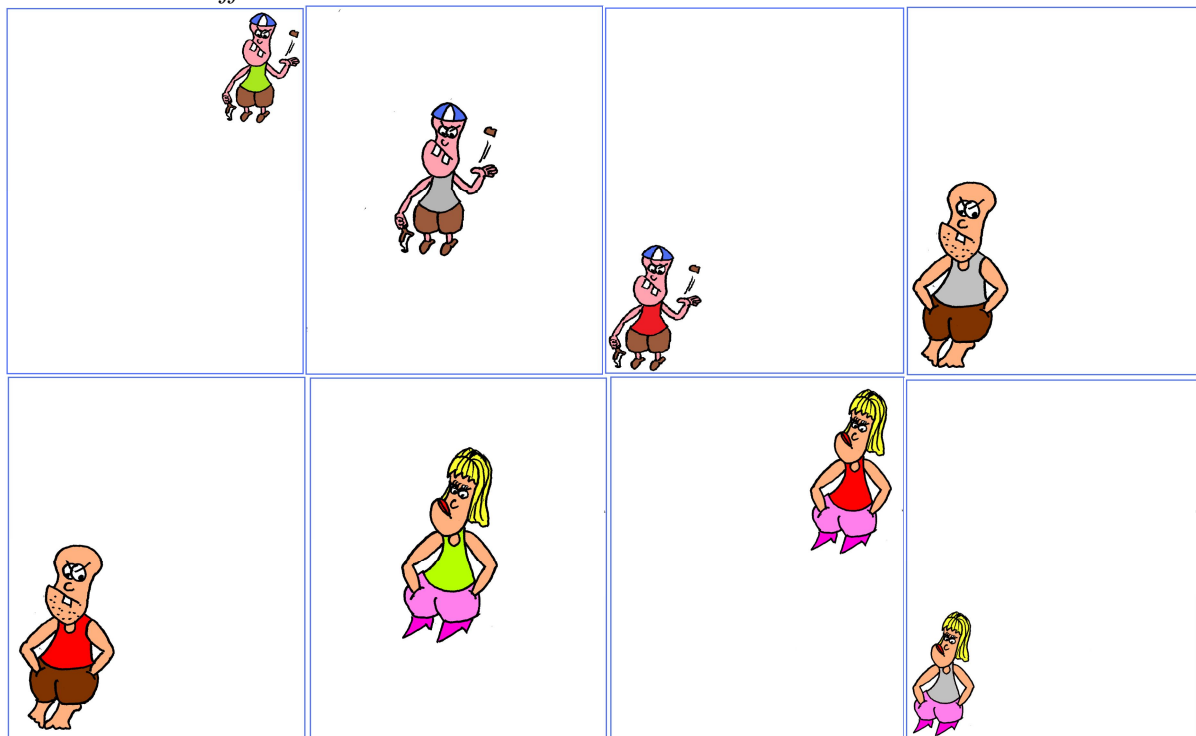


II. Classification

a. Niveau facile



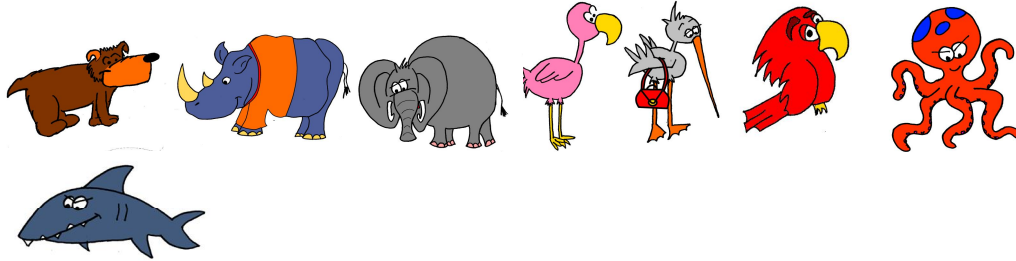
b. Niveau difficile



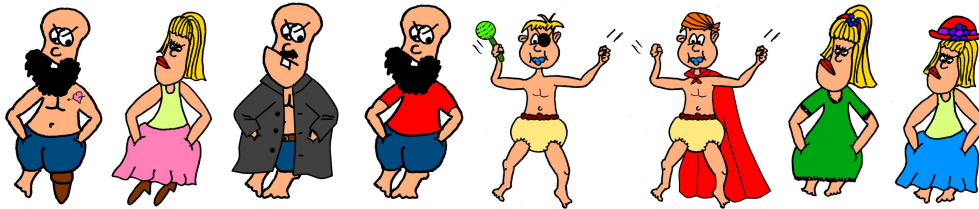
III. Inclusion

a. Niveau facile

Animaux

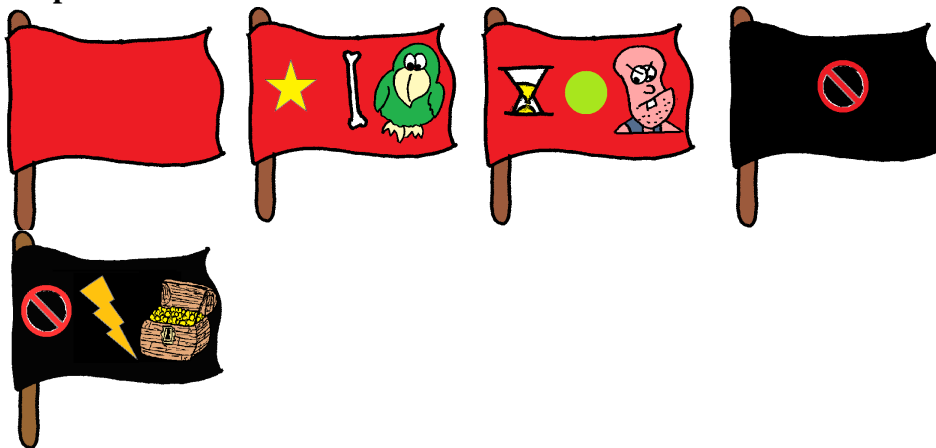


Humains

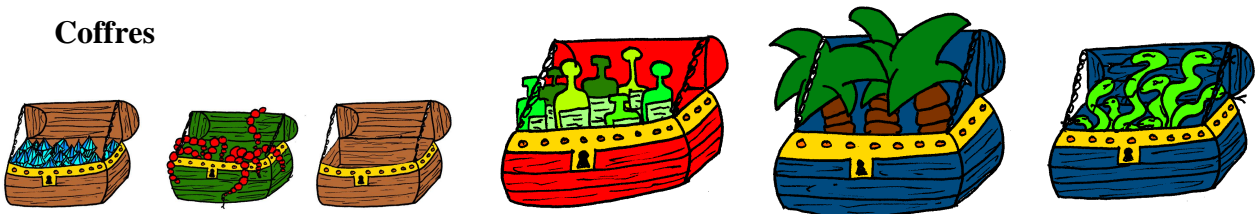


b. Niveau difficile

Drapeaux



Coffres



ANNEXE 2 : Lettre aux orthophonistes

Melle FEUGNET Charlotte
48 rue de la Cape
Résidence Cambridge
33200 Bordeaux Caudéran
06 61 81 48 01

Le 12 Avril 2010

Madame,

Vous allez avoir en votre possession le jeu « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion » durant deux semaines. Ce matériel fut créé dans le cadre d'un mémoire de quatrième année d'orthophonie. Votre avis sur ce matériel est indispensable pour confronter ce matériel à la réalité d'une prise en charge en cabinet libéral.

Ainsi, il serait souhaitable que vous nous fassiez parvenir un témoignage, environ une demi-page avant le 25 Mai, contenant votre avis sur :

- l'intérêt de ce matériel
- la prise en main et la jouabilité
- ses points forts et ses limites
- vos suggestions pour une amélioration possible
- et tout autre point que vous jugeriez important à signaler

Votre témoignage, pouvant être 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.

FEUGNET Charlotte
Etudiante en quatrième année d'orthophonie

EPREUVE DE RELATION DE SERIATION

1. Expression Spontanée

1. Que peux-tu dire du bonhomme bleu ? *Il est plus grand que les autres bonhommes.* +
2. Que peux-tu dire du bonhomme jaune ? *Plus petit /que ?/ que le rouge et le bleu.* -
3. Que peux-tu dire du bonhomme vert ? *Il est tout petit que le jaune, le rouge et le bleu.* +
4. Que peux-tu dire du bonhomme rouge ? *Il est plus grand que le vert et le jaune.* -

2. Exécution de Consignes

Montre-moi :

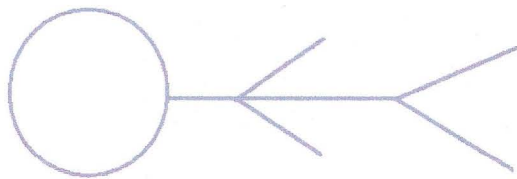
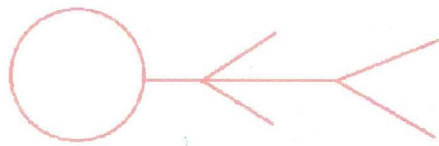
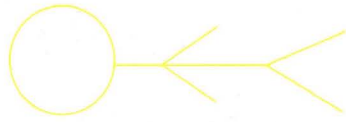
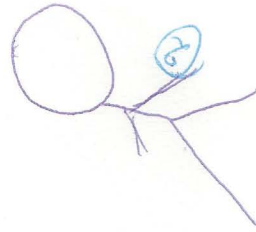
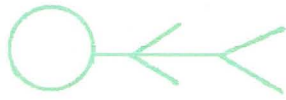
1. Le plus grand. +
2. Le plus petit. +
3. Tous ceux qui sont plus petits que le bleu. *Le jaune et le vert* -
4. Tous ceux qui sont plus grand que le jaune. +
5. Celui qui est plus grand que le jaune et plus petit que le bleu. (x2) *le vert est plus petit que le bleu* -
6. Ceux qui sont plus petits que le bleu et plus grand que le vert. *Le rouge et le bleu* -

3. Production

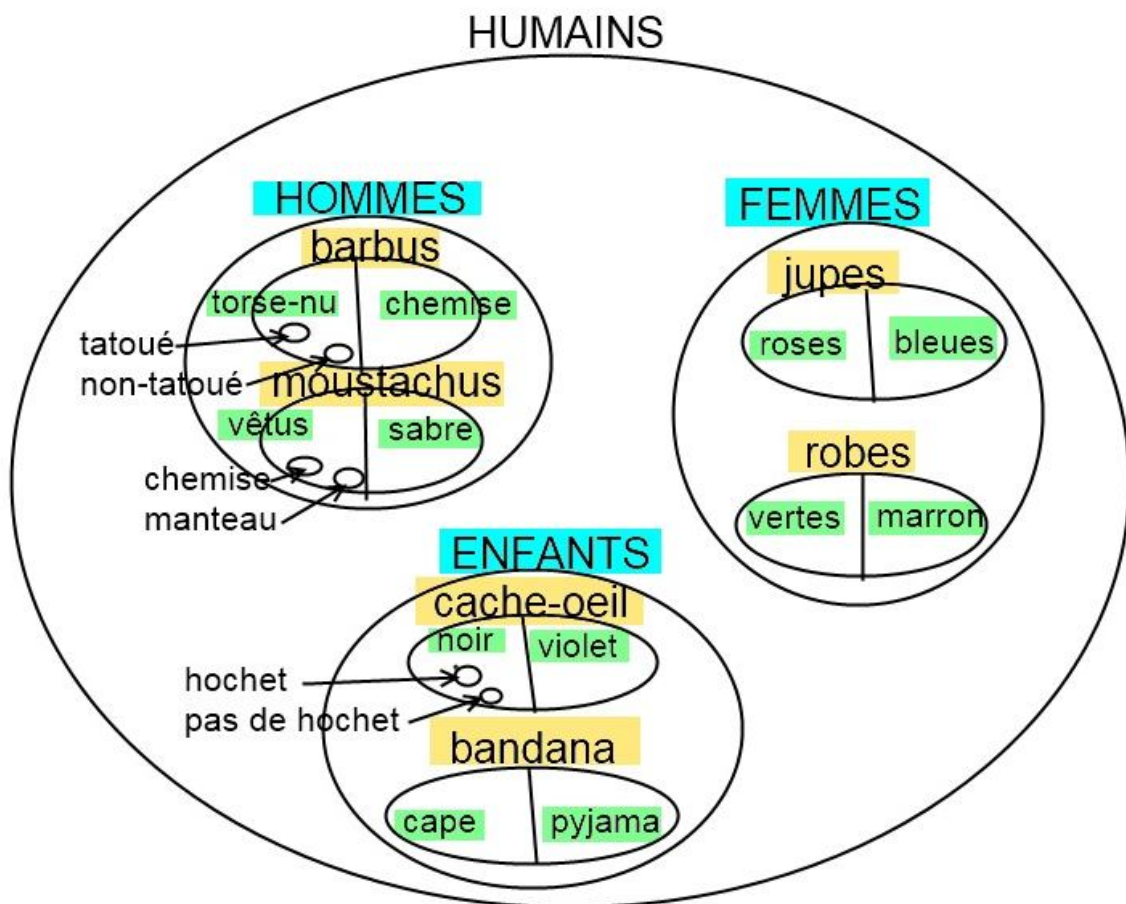
1. Un bonhomme plus petit que le vert. +
2. Un bonhomme plus grand que le rouge et plus petit que le bleu. -
3. Un bonhomme plus petit que le vert et plus grand que le bleu. -

CONCLUSION

Les relations de sériations simples sont relativement maîtrisées (une seule erreur 2.3.). L'intersection de relation n'est pas possible (versant réceptif et expressif). La solution impossible est acceptée.



ANNEXE 4 : arbre d'inclusion



Résumé du mémoire

Le nombre est un concept complexe qui s'acquiert par un long processus, durant le développement de l'enfant. La rééducation des troubles logico-mathématiques fait partie de la nomenclature des actes orthophoniques. Cependant, peu de matériel existe pour ce type de rééducation.

S'inspirant de la théorie piagétienne du développement de l'enfant et de l'expérience d'orthophonistes, nous avons créé le jeu « A L'ABORDAGE des notions de sériation, classification et inclusion », notions maîtresses du développement du nombre chez l'enfant.

Cet outil fut expérimenté de deux façon : d'une part, en cabinet libéral par deux orthophonistes différentes, durant deux semaines chacune, et, d'autre part, grâce à 15 séances de rééducation, avec ce seul outil, de deux enfants présentant des difficultés du raisonnement logico-mathématique.

La première expérimentation présentée sous forme de témoignages, permet une critique impartiale et pragmatique de cet outil en situation réelle de rééducation en cabinet.

La seconde, nous permet de voir les points forts et les limites de ce matériel, ainsi que son efficacité à permettre l'apprentissage des notions travaillées.

Finalement nous analyserons et discuterons des différentes expérimentations ainsi que d'autres utilisations possibles de cet outil en rééducation orthophonique.

116 pages

Mots-clés : jeu, création, logico-mathématique, Piaget, sériation, classification, inclusion