

# **Création d'un matériel visant à améliorer la compréhension des énoncés de problèmes arithmétiques verbaux soustractifs**

## **Population d'enfants de CE1/CE2**

---

Mémoire en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophonie

présenté par Hélène PACE-SOLER et Alexandra ISSARTEL

dirigé par Elodie HEUGERBAERT, Orthophoniste, Bailleul

soutenu publiquement en juin 2015

### **RÉSUMÉ**

La résolution de problèmes mobilise de nombreuses compétences comme la lecture, le raisonnement logique, la mémoire de travail, les compétences arithmétiques. Outre ces compétences intrinsèques à l'enfant, les caractéristiques mêmes des problèmes et de leurs énoncés peuvent rendre difficile leur résolution. La soustraction est une opération introduite très tôt à l'école et qui met en difficulté de nombreux enfants. La conjugaison de la résolution de problèmes et de l'utilisation de la soustraction est un facteur supplémentaire d'échec.

Compte tenu de ces observations nous avons décidé de réaliser un support de rééducation donnant une part importante à la manipulation d'objets, afin d'aider les enfants à développer des représentations et des procédures de résolution précises et efficaces.

Nous avons testé ce matériel auprès de 9 enfants, tous suivis pour des troubles logico-mathématiques. Au cours des séances successives nous avons observé leur évolution qui est apparue positive sur différents plans. Lors de son utilisation, le matériel s'est révélé un support adapté pour la rééducation, permettant à la fois de cerner les difficultés de l'enfant, de l'aider à les surmonter, tout en le motivant. Le discours accompagnateur du thérapeute occupe cependant une part très importante dans l'efficacité du suivi.

**Mots-clés** : Résolution de problèmes - soustraction – support de rééducation

### **ABSTRACT**

Problem solving requires children to gather a few abilities such as reading, logical reasoning, working memory or arithmetical skills. These inherent abilities may not be enough to solve a problem although, as the problem characteristics or statements themselves can be source of difficulties. Subtraction is often taught too early at school and remains a hard operation to use for many children. That's why problem solvings using subtraction mainly imply solving failures.

As respect for these observations, we decided to create a remediation tool made up of several items children could manipulate. The session consists in helping children to develop mental representations as well as efficient and accurate problem solving procedures.

We tested this worktool with 9 children who all were followed for logico-mathematical disorders. After several sessions, we have been noticing their improvements on different levels. The worktool appeared to be a good remediation support as we were able to identify children troubles, and then help them to overcome difficulties while keeping motivation. The therapist supportive presence is also one of the main success keys for an accurate session follow-up.

Keywords : Problem solving – subtraction – remediation tool

## INTRODUCTION

Le problème, ou situation-problème a été défini par de nombreux auteurs. Par exemple, il peut s'agir d'une « *question à résoudre par des méthodes scientifiques ou rationnelles à partir d'un certain nombre de données* » (Baruk, 1992). Dans le cadre de notre mémoire, nous nous intéressons plus particulièrement aux problèmes proposés en milieu scolaire qui font appel aux opérations fondamentales de l'arithmétique, et en particulier à la soustraction. La confrontation aux situations problèmes oblige les enfants à développer des représentations et des procédures de résolution précises et efficaces. La résolution de problèmes mobilise de nombreuses compétences comme la lecture, le raisonnement logique, la mémoire de travail, les compétences arithmétiques. Outre ces compétences intrinsèques à l'enfant, les caractéristiques mêmes des problèmes et de leurs énoncés peuvent rendre difficile leur résolution.

Après examen des bases théoriques (pré-requis nécessaires à la résolution et caractéristiques des énoncés de problèmes) nous avons élaboré un matériel visant à aider les enfants à améliorer leurs performances en résolution de problèmes, en leur permettant de mettre en œuvre des stratégies de représentation mentale des situations proposées. Nous détaillerons les différentes étapes du protocole d'entraînement ainsi que le protocole expérimental mis en œuvre afin d'évaluer l'impact du matériel sur les performances et les stratégies de résolution des enfants de CE1 et CE2.

Puis nous présenterons les résultats recueillis auprès des enfants lors des séances avec le matériel et mettrons en perspective nos résultats avec les références théoriques. Enfin nous préciserons les apports mais aussi les limites de notre travail.

## CONTEXTE THÉORIQUE

La résolution de problèmes est l'activité mathématique par excellence : c'est aussi une des principales difficultés de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. S'approprier un problème nécessite de comprendre la situation ou la réalité qu'elle évoque, de s'engager dans une recherche de procédures qui même si elles ne sont pas expertes, permettent à l'enfant de démarrer la résolution et de produire de premiers résultats qu'il puisse ensuite évaluer.

### **Caractéristiques des énoncés :**

Les énoncés des problèmes arithmétiques ont de nombreuses spécificités qui contribuent à les rendre plus ou moins difficiles à résoudre. Le type de problème, la nature de l'inconnue, le vocabulaire utilisé Mayer et Hegarty (1996) et par (Decour (1993)), la place de la question (Fayol et al. (1987)), la chronologie des événements décrits (Brun (1990 cité par ERMEL (2005)), l'utilisation de l'implicite (De Corte et Verschaffel (1985)), sont autant de caractéristiques qui vont influencer les performances des enfants en résolution de problèmes. De plus l'épreuve de résolution de problèmes est fortement connotée comme une épreuve scolaire qui peut être angoissante.

Les caractéristiques sémantiques concernant les accroissements, diminutions ou combinaisons d'ensembles d'éléments conduisent à distinguer trois grandes catégories de problèmes selon Riley et al. (1983, cité par Fayol (2005)) : les *problèmes de changement* (ou de transformation) font intervenir des transformations positives ou négatives. Ces transformations, d'ordre temporel, sont appliquées à un état initial et aboutissent à un état final ; les *problèmes à état* (ou de combinaison) mettent en scène des situations statiques ; les *problèmes de comparaison* font intervenir des quantités statiques qui sont mises en relation via des formules du type « plus que, moins que ». Riley et al. (1983, cité par FAYOL (2005)), ont montré que des problèmes nécessitant la même opération arithmétique mais appartenant à des catégories sémantiques différentes sont de niveaux de difficultés différentes. Les problèmes de changement sont globalement les plus faciles, que la transformation soit positive ou négative. Les problèmes de comparaison sont les plus difficiles. De même, il est plus facile de trouver l'état final après une transformation.

### **Les travers du contrat didactique et les aspects psychoaffectifs :**

Les enfants peuvent appliquer une certaine procédure de résolution uniquement parce qu'ils pensent que c'est celle qu'attend leur professeur, même si ce n'est pas celle qu'ils auraient choisie dans un autre contexte (Taurisson, 1988). Cela se rencontre lors de l'emploi prématuré d'une écriture mathématique standardisée (ERMEL (2005)). L'aspect affectif joue un rôle prépondérant dans la résolution. Les recherches de Blouin (1985 et 1987, cité par Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2012)), confirment le poids des facteurs affectifs sur les difficultés d'apprentissage en

mathématiques en affirmant que parmi ceux qui sont faibles en mathématiques, la moitié le sont en raison d'un blocage affectif. Ces enfants vont parfois trouver des réponses n'ayant aucun sens, sans nécessairement s'en rendre compte. Le rapport au savoir et de multiples croyances vont donc perturber la façon dont les enfants vont envisager les mathématiques : certains enfants vont penser que la réussite en mathématiques est liée à des compétences ou des talents particuliers. D'autres enfin pensent que les mathématiques sont «magiques» et ne peuvent donc voir la recherche de résolution de problèmes comme le fruit d'une réflexion qui exige du temps, de la réflexion et des erreurs (Pallascio et Lafortune (2000)).

#### **La représentation mentale :**

Les différents auteurs (Kintsch et Greeno (1985) ; Nathan et al. (1992) ; Reusser K., (1989) et (1990) cités par Fayol et al.(2005)) avancent que les difficultés de résolution de problèmes arithmétiques viennent de la phase d'élaboration d'une représentation mentale appropriée à partir de l'énoncé qui fait souvent appel à l'implicite et qui contient des informations réduites au minimum nécessaire. Il n'y a cependant pas consensus sur le niveau principalement affecté par ces notions. Se représenter un problème signifie «donner du sens à la situation, en lien avec le vécu». Cela peut être réalisé en jouant l'histoire concrètement ou à l'aide de matériel manipulable et peut nécessiter de développer une étape préalable à l'étape de résolution proprement dite du problème. Il est courant de distinguer 3 grandes classes de stratégies de résolution de problèmes (ERMEL (2005)) : les stratégies informelles (mettre en acte les actions ou les relations impliquées dans les problèmes et donc entremêler les étapes de représentation et de résolution), les stratégies superficielles (choisir un calcul sans construire une représentation appropriée du problème et sans procéder à une réelle analyse de la situation), les stratégies expertes (C'est sur la base d'une représentation appropriée du problème que l'enfant va choisir la démarche mathématique à mettre en œuvre).

Les stratégies informelles que les enfants développent s'appuient sur une analyse de l'énoncé qui consiste à mettre en actes l'histoire qui est racontée. Les erreurs commises par les enfants à ce stade s'interprètent généralement en termes de difficultés de compréhension de certaines relations impliquées. En revanche, lorsque les enfants tentent d'appliquer directement des calculs face aux situations problèmes, les démarches superficielles apparaissent rapidement. Les opérations sont alors fréquemment choisies en s'appuyant sur les mots clés présents dans l'énoncé, sans qu'une analyse approfondie du problème n'ait été menée. L'enjeu important est de faire évoluer les stratégies informelles vers des stratégies expertes tout en évitant le développement de démarches superficielles. En demandant à l'enfant de représenter un problème avant de le résoudre, on l'empêche de foncer tête baissée dans la démarche de résolution. Les enfants ne sont cependant pas tous égaux dans leur capacité à élaborer des représentations.

#### **Différences inter-individuelles conduisant à des difficultés en résolution de problèmes**

Chacun possède des compétences propres qui lui rendent la résolution de problèmes plus ou moins facile. Les difficultés inhérentes à la tâche de résolution et les capacités intrinsèques sont étroitement intriquées. Différentes études ont permis d'identifier les sources potentielles de réussite et d'échec en résolution de problèmes. Premièrement, la performance en lecture, au sens de compréhension de texte, constitue le meilleur prédicteur de la réussite en résolution de problèmes arithmétiques. Le deuxième prédicteur est la compétence en calcul. Finalement, la capacité en mémoire de travail joue un rôle significatif mais de degré moindre (Kail et Hall (1999) ; Muth (1984) ; Swanson et al (1993) cités par Fayol et al. (2005)). Les recherches relatives à l'impact de la formulation des énoncés (chronologie des faits, question en position initiale) montrent que la plupart des difficultés sont liées à la notion de mémoire de travail ou à celle de capacités plus globales de traitement des informations (Devidal (1996)) ; Devidal et al. (1997)). D'autres facteurs rentrent également en compte, comme les fonctions exécutives qui permettraient la hiérarchisation et l'organisation des opérations mentales, la structuration de stratégies appropriées et l'inhibition de schèmes automatiques mais non pertinents (Houdé (1995)). Elles sont également impliquées dans la structuration des compétences numériques et la résolution de problèmes (Mazeau (1999)).

Peu d'études ont évalué l'impact des nombres et des opérations. Pourtant cette dimension aurait, elle aussi, un impact important. Kail et Hall (1999) observent que l'amélioration des résultats aux opérations entre 8 et 12 ans se traduit par une amélioration des performances en résolution de problèmes. Brissiaud (2002, 2003) a démontré que la résolution de certains problèmes était dépendante de nos connaissances relatives aux opérations, leur sens et leur

conduite. Selon lui, la résolution devient complexe lorsque la représentation mentale que l'on se fait du problème est discordante par rapport à l'économie de la résolution numérique. La maturité intellectuelle au sens de Piaget et Szeminska (1941) est également à prendre en compte. Pour résoudre des problèmes additifs il est indispensable que les enfants comprennent le sens des additions et des soustractions et pour cela possèdent la notion de classification, d'inclusion et de réversibilité (pour passer de l'addition et la soustraction et inversement).

### **Travail de la phase de représentation mentale**

Même si les mécanismes de l'élaboration de la représentation ne sont pas encore exactement connus, cette étape de la résolution apparaît comme essentielle. Il faut aider l'enfant à intégrer la situation-problème, en palliant les difficultés liées à la structure du problème mais aussi les difficultés spécifiques de l'enfant. On peut ainsi utiliser des stratégies informelles, jouer l'histoire ou utiliser du matériel manipulable.

Ce qui est important à retenir est que la manipulation entraîne des situations de communication Murray (1991 cité par Lawson et al. (2003)) et que l'on peut permettre par ce biais à l'enfant d'apprendre à la fois par l'action et par la communication. La manipulation seule ne suffira sans doute pas à aider les enfants en difficulté. Il faut également faire verbaliser à l'enfant tout ce qu'il fait, tout ce qu'il voit, et que sa réflexion passe par tous les canaux possibles (tactiles, visuels, auditifs). Quand un enfant est encouragé à expliquer ce qu'il fait ou ce qu'il voit, sa compréhension va alors s'approfondir.

Il va aussi falloir aider l'enfant à mettre en lien les stratégies informelles et les calculs : les recherches (ERMEL (2005)) qui se sont intéressées aux démarches informelles des élèves ont aussi montré que les élèves ont une forte tendance à utiliser des calculs relationnels qui collent à l'histoire et aux stratégies de résolution consistant à jouer l'histoire pour la résoudre. Lorsque l'inconnue ne porte pas sur l'état final, ces calculs prennent alors la forme d'un calcul à trou. La production d'un calcul standard, proposant la réponse derrière le signe d'égalité, demande une grande capacité d'abstraction. A la complexité même de ce raisonnement s'ajoute encore la difficulté que le calcul est ici en conflit avec la stratégie de résolution : utilisation de soustraction alors que l'enfant a procédé par sur-comptage. Il est essentiel au départ de permettre aux enfants d'utiliser des calculs relationnels qui collent à la structure des problèmes et à leurs stratégies informelles de résolution.

De plus l'utilisation de supports manipulables va également être une aide pour diminuer la charge cognitive lors de la résolution de problèmes. Les enfants, outre la gestion de la compréhension de la situation doivent également retenir les données numériques, écrire des opérations, effectuer des calculs... Avoir la représentation du problème sous les yeux leur permettra de soulager leur mémoire de travail et de se concentrer plus sereinement sur chaque étape.

## **BUTS ET HYPOTHÈSES**

A partir des considérations théoriques précédentes, nous avons décidé d'élaborer un matériel qui permettrait d'aider les enfants dans la résolution des problèmes arithmétiques. Le matériel et les problèmes utilisés permettraient un étayage efficace avec un estompage progressif afin d'amener l'enfant à comprendre les énoncés, à se les représenter puis à formaliser la procédure de résolution. Compte tenu de la variété des problèmes existants, nous avons choisi de nous concentrer sur les problèmes soustractifs. Il nous semblait que ce type de problèmes était moins bien réussi, la soustraction étant acquise et comprise plus tardivement, alors même que les problèmes additifs et soustractifs sont introduits de façon concomitante dès le CP.

Nous avons supposé que ce matériel permettrait d'améliorer les performances en compréhension et donc en résolution de problèmes des enfants dans la résolution de problèmes soustractifs, dans la résolution de problèmes en général mais également qu'il permettrait à l'enfant d'appliquer le schéma créé, d'utiliser les outils fournis et les stratégies de résolution découvertes, à d'autres situations problèmes. Enfin nous avons fait l'hypothèse que ce matériel permettrait une mentalisation des stratégies et un transfert des compétences au domaine scolaire et qu'il permettrait de modifier le rapport des enfants à la résolution de problèmes.

## **MÉTHODOLOGIE**

## **Conception du matériel**

Après une revue du matériel déjà existant et consultation des souhaits d'un échantillon d'orthophonistes, nous avons élaboré un matériel et construit un protocole de test. Ce matériel s'appuie sur la manipulation concrète d'objets en 3D avec estompage progressif et sur la typologie des problèmes de Riley afin de produire des énoncés de problèmes variés, classés en 3 niveaux de difficulté. Un système de représentation dans des boîtes a été imaginé afin de visualiser les différents types de problèmes, tout en conservant la trace tout le long de la résolution, afin de pouvoir représenter la situation, mais aussi l'opération conduisant à la résolution. Ceci, devrait permettre à l'enfant de démêler la représentation de la résolution. Le vocabulaire choisi pour les énoncés comporte de nombreux termes mathématiques et inducteurs qui peuvent être source de difficultés pour les enfants (Ménissier (2005)).

## **Population d'étude**

Le matériel a été testé sur un échantillon de patients sélectionnés selon des critères précis. L'évaluation du matériel a été réalisée de manière qualitative à partir du recueil des observations des professionnels à qui nous avons fait une démonstration de notre matériel mais aussi des observations réalisées pendant les séances auprès des patients avec le matériel.

Ont été inclus des enfants scolarisés en CE1 ou CE2 n'ayant pas doublé et présentant des difficultés en résolution de problèmes, suivis en rééducation orthophonique pour troubles logico-mathématiques depuis suffisamment longtemps pour acquérir les opérations concrètes nécessaires à la mise en œuvre des problèmes soustractifs, ayant un niveau de vocabulaire courant dans la norme, un niveau de compréhension lexico-syntaxique écrite non pathologique, une lecture suffisamment fluide pour lire les énoncés. Nous avons exclus les enfants présentant un trouble sensoriel, un déficit intellectuel ou psychiatrique, ne maîtrisant pas la numération, les techniques opératoires et les opérations logiques (classification, sériation) généralement acquises à leur âge. Les compétences des enfants ont été mesurées à l'aide d'un bilan initial évaluant les compétences logico-mathématiques (TEDI-MATH (Van Nieuwenhoeven et al, 2001)) pour les compétences numériques et les performances en problèmes, l'UDN-II, construction et utilisation du nombre (Meljac C. et Lemmel G., 1999) pour les structures d'inclusion et de sériation), la compréhension lexicale et syntaxique écrite (ECOSSE (Lecocq, 1996)), la fluidité et la précision de lecture (Alouette-R (Lefavrais, 2005)).

Le profil des enfants a été affiné à l'aide de tests complémentaires afin d'évaluer leur mémoire immédiate et de travail (BALE (Batterie Analytique du Langage Écrit – Laboratoire Cogni-Sciences – 2010), leur vocabulaire mathématique, leur sens des opérations (UDN-II). Un questionnaire psychoaffectif (Van Nieuwenhoven et De Vriendt (2012)) a été proposé ainsi que le test de la structure d'inclusion avec une épreuve du bilan du GEPALM. Au final 9 patients ont été inclus dans l'étude, recrutés via des orthophonistes de la région parisienne et de la région Centre.

Ces enfants, avec des personnalités très différentes ont cependant tous des points communs : des fragilités anciennes sur la compréhension du système numérique, des difficultés qui peuvent apparaître sur le choix des opérations, dont la compréhension du sens n'est pas toujours bien stable ni claire. Ces enfants ont tous montré lors du bilan initial des résultats inférieurs à la norme en résolution de problèmes arithmétiques verbaux, en dépit de résultats dans la norme (même faible) dans les autres domaines logico-mathématiques ou numériques, de résultats dans la norme en compréhension écrite.

On retrouve chez la plupart d'entre eux des performances faibles en mémoire de travail, des difficultés avec la structure d'inclusion en lien avec la compréhension du sens de la soustraction. Certains ne maîtrisent pas le vocabulaire de comparaison (de plus, de moins, autant).

## **Modalités de déroulement des séances – cadre du protocole**

Le même protocole a été suivi pour chacun des enfants inclus dans la population d'étude. Il était prévu que tous les enfants soient vus environ 10 fois chacun : deux fois pour réaliser la première partie du bilan d'inclusion, 5 à 8 fois pour utiliser le matériel en séance (entre 30 et 45 minutes) et enfin une fois pour une épreuve de problème afin d'observer les comportements des enfants lors de la résolution de problèmes avec des situations différentes de celles du matériel.

Les objectifs principaux des séances étaient, outre de tester l'effet du matériel sur les performances des enfants, de s'assurer de la faisabilité de notre matériel (niveau adapté au niveau des enfants, aides facilitatrices adéquates,

manipulation aisée, prise en main simple par l'orthophoniste), d'estimer la durée de réalisation des problèmes et la quantité pouvant être réalisée en séance, mais aussi de voir si le matériel suscitait l'intérêt des enfants. Il était prévu que le matériel soit utilisé de façon standardisée afin de pouvoir comparer nos observations. Ainsi l'utilisation que nous avons faite du matériel au cours des séances avait été décrite précisément avant le début de l'étude. Le déroulement des séances a été sensiblement toujours le même :

- proposer à l'enfant des situations sous forme de tableau ou « bande dessinée » en lui expliquant les conventions utiles afin qu'il se familiarise avec le matériel,
- retirer une des données de la situation et transformer ainsi la situation en problème à résoudre,
- développer la phase de résolution en multipliant les situations,
- dès qu'un type de problème à un niveau donné est réussi, proposer à l'enfant le même type de problème avec un étayage moindre afin d'aller de la manipulation 3D à la pensée abstraite,
- dès que l'enfant est prêt, développer la phase d'invention en demandant à l'enfant de disposer les éléments du problème, de le formuler, puis de le résoudre.

### Evaluation du matériel

A l'issue des séances avec le matériel, une épreuve de résolution de problèmes a été proposée aux enfants (ERMEL) permettant de tester les résultats aux différents types de problèmes mis en évidence par la classification de Riley. Pour chaque problème, le type de stratégie utilisée, le type de représentation, et le comportement du patient ont été notés, ainsi que son succès ou échec à la résolution et le type de stratégie utilisée. Les avis des enfants et des orthophonistes qui ont testé le matériel ont été recueillis à l'aide de questionnaires.

## RÉSULTATS

### Analyse des séances et épreuve de problèmes

Les enfants ont été suivis sur des nombres différents de séances en fonction de leur disponibilité et de leur début d'entrée dans l'étude.

Tableau 1: Description des séances réalisées

Enfant	Nombres de séances avec le matériel	Nombre de problèmes réalisés au total	Nombre de problèmes moyen par séance	Nombre minimum-maximum de problèmes réalisés en une séance	Durée moyenne des séances
Cas n°1	8	27	3.7	2 – 5	40 min
Cas n°2	6	21	3.5	2 – 4	30 min
Cas n°3	5	17	3.4	2 – 4	30 min
Cas n°4	5	24	4.8	4 – 6	40 min
Cas n°5	5	16	3.2	2 – 4	30 min
Cas n°6	7	21	3	2 – 4	40 min
Cas n°7	5	15	3	2 – 4	30 min
Cas n°8	5	27	5,4	3 – 8	30min
Cas n°9	5	14	2,8	2 – 4	40 min

A l'issue de l'utilisation du matériel, on note pour l'ensemble des enfants un changement de comportement et d'attitude face à la résolution de problème mis à part pour l'un d'entre eux qui reste sur une résolution systématique par addition ou encore d'une autre qui tente de se souvenir de procédures rencontrées mais qu'elle ne maîtrise pas. Pour les autres, ils ont intégré que « se raconter l'histoire », « comprendre ce qui se passe », était un pré-requis à la résolution ce qui est une avancée par rapport à la première séance. Pour d'autres, on note un début de formalisation de la réponse. Enfin pour certains, on observe une prise de conscience de la contrôlabilité de l'épreuve mais aussi de leurs compétences pour résoudre un problème avec succès comme chez un des enfants qui se rappelle avant chaque problème de réfléchir, de ne pas foncer tête baissée, et surtout qui à la fin de chaque exercice demande un temps pour

vérifier. Les résultats à l'épreuve ERMEL sont cependant toujours faibles, les problèmes nécessitant la mise en œuvre d'une soustraction étant plus échoués que ceux nécessitant une addition. Les problèmes de recherche d'état initial et intermédiaire sont également moins bien réussis de même que les problèmes de comparaison. Les problèmes de l'équipe ERMEL sont assez différents des problèmes proposés avec le matériel, mais ressemblent davantage aux problèmes donnés en milieu scolaire. Pour les problèmes de changement, les résultats des enfants restent sensiblement les mêmes par rapport au bilan initial, avec cependant pour cette épreuve finale des données numériques plus grandes, des situations plus abstraites.

### **Avis des enfants**

A l'issue de la période de suivi les enfants ont rempli un questionnaire portant sur le matériel. Les enfants disent avoir apprécié travailler avec le matériel. Les personnages et les éléments à manipuler ont beaucoup plu et les enfants les ont jugés motivants pour la majorité d'entre eux. Ils ont également bien aimé les cartes-images et les personnages. Ils ont attribué de très bonnes notes au matériel ce qui témoigne du plaisir qu'ils ont pris pendant les séances. Lorsque nous avons demandé aux enfants s'ils pensaient avoir progressé grâce au matériel, une majorité d'entre eux a acquiescé en précisant que « Maintenant je réfléchis toujours avant de faire un problème » et en faisant référence au matériel, même en situation de classe. Un enfant dit cependant qu'il pense ne pas trop comprendre les problèmes et ne pas savoir comment les résoudre « Non, c'est dur et je ne comprends rien ». Ces réponses suggèrent cependant un début de réflexion des enfants sur leur démarche.

### **Avis des orthophonistes**

Nous avons pu obtenir les avis de 6 orthophonistes et 3 enseignants. Selon les orthophonistes qui ont testé le matériel, il pourrait permettre à leurs patients de mieux comprendre les problèmes faisant appel aux énoncés arithmétiques soustractifs, de tout type (changement, combinaison et comparaison). Le matériel serait susceptible de les aider à améliorer leur raisonnement. Il pourrait également permettre aux patients d'exprimer leurs difficultés ou du moins compte tenu des manipulations concrètes, permettre à l'orthophoniste de mieux comprendre où sont les difficultés et les erreurs de raisonnement.

Les interrogés pensaient également à une exception près que le matériel permettrait aux enfants de progresser dans la représentation mentale qu'ils ont des énoncés et pour moitié de changer de façon positive la façon que leurs patients ont d'aborder les problèmes. Ils étaient en revanche plus réservés sur le travail du vocabulaire spécifique aux mathématiques. Certains orthophonistes ont par ailleurs indiqué que ce travail de vocabulaire devait être fait en complément du travail avec le matériel. La plupart des orthophonistes ont cependant affirmé qu'il serait facile d'intégrer ce matériel lors de leurs séances.

## **DISCUSSION**

### **Critiques méthodologiques et difficultés**

Lors de l'expérimentation, le recrutement d'orthophonistes et de patients volontaires a été particulièrement difficile. En effet la rééducation des troubles logico-mathématiques n'est en fait pas si fréquente et de plus le protocole était assez contraignant. Nous avons donc été contraints d'élargir nos critères d'inclusion et d'inclure des patients avec des pathologies concomitantes (dyspraxie et dyslexie). Nous avons cependant veillé à ce que ces patients aient un niveau suffisant en compréhension écrite et qu'ils puissent utiliser le matériel. Cette composante a bien sûr limité nos possibilités de validation d'efficacité et de pertinence de notre matériel. Nous aurions souhaité le tester sur un plus grand échantillon d'enfants que nous aurions pu classer par type (avec ou sans trouble du langage écrit, avec ou sans déficit de la mémoire de travail... ). Notre expérimentation y aurait gagné en fiabilité, même s'il est vrai que tester l'efficacité réelle d'un jeu rééducatif reste difficile, surtout sur une période aussi courte. Compte tenu de la taille de notre échantillon nous avons dû opter pour une analyse qualitative des séances menées pour chaque enfant en essayant d'interpréter en fonction de différents paramètres en quoi le matériel était un support intéressant pour chacun. De plus compte tenu de la durée de suivi de chaque patient (au plus 3 mois) il n'était pas possible de mettre en place des pré tests et des posts tests.

## **Modifications envisagées sur le matériel**

Suite aux demandes des orthophonistes qui ont testé le matériel, plusieurs modifications ont été envisagées pour une nouvelle version du matériel, la plus importante étant la création d'un livret pour l'orthophoniste qui sera réalisée ultérieurement afin de donner un cadre aux séances et un exemple de progression.

## **Discussion des résultats et validation des hypothèses**

**La première hypothèse** que nous avons formulée était que le matériel permettrait d'améliorer les performances en compréhension et donc en résolution de problèmes des enfants, tant pour les problèmes soustractifs que pour les problèmes en général. Nos observations qualitatives durant les séances ont montré que les patients s'étaient améliorés sur la phase de représentation. Ces progrès sont plus marqués chez les CE2 ; la prise en charge en problème chez des enfants de CE1 semble peut-être trop précoce, les pré-requis devant être davantage travaillés préalablement. Les progrès sont moins flagrants pour la phase de résolution mais tout de même présents, les enfants ayant élaboré de nouvelles stratégies à partir de la manipulation. L'étape de communication était déjà bien ancrée dans la conscience des enfants, et la reformulation lors de la phase de manipulation favorisait la précision de la communication. Lors de la phase de manipulation, la reformulation était utilisée et cela favorisait certainement la précision de la communication par la suite. Enfin la phase de vérification n'a pas été, ou peu, abordée, à part avec 3 enfants qui l'ont abordée spontanément.

**Notre deuxième hypothèse** était que le matériel permettrait d'appliquer le schéma créé, d'utiliser les outils fournis et les stratégies de résolution découvertes à d'autres situations problèmes. Nous sommes plus réservées pour cette hypothèse. Un entraînement plus systématique une fois un schéma intégré aurait été nécessaire.

**Pour la troisième hypothèse** nous sommes plus optimistes. Nous avons acquis la certitude grâce aux séances et à l'épreuve finale que les enfants ont intégré l'idée qu'ils pouvaient utiliser des moyens pour améliorer leur compréhension de la situation-problème. Nous pensons qu'un usage prolongé du matériel pourrait permettre un transfert en milieu scolaire.

Nous avons enfin émis une **quatrième hypothèse**, à savoir que ce matériel permettrait de modifier le rapport des enfants à la résolution de problèmes. Cela reste subjectif, et nous avons constaté que le niveau d'anxiété restait globalement élevé face à la résolution des problèmes, malgré le plaisir que prenaient les enfants à la manipulation. Nous avons cependant constaté chez certains une prise de conscience de leur potentiel et de l'intérêt qu'ils avaient pour réfléchir et inhiber les réponses spontanées, ce qui peut être dû simplement à la prise en charge et aux discussions plus qu'au matériel.

## **Réflexions sur la prise en charge orthophonique de la résolution de problèmes**

Les aspects psychoaffectifs sont importants à prendre en compte. Beaucoup d'enfants ont l'impression de ne rien comprendre, développent une image négative d'eux-mêmes et perdent goût pour les mathématiques. Il nous est donc apparu essentiel de proposer à l'enfant des activités ludiques et valorisantes, et donc d'utiliser un matériel permettant la manipulation de petites quantités, afin de redonner confiance et motivation aux enfants.

L'accompagnement joue également un rôle prépondérant. L'enfant a besoin de temps pour donner du sens aux mathématiques, il ne faut donc pas le presser et le laisser vivre différentes étapes : se questionner, essayer, se tromper, changer, confronter, développer des stratégies et les éprouver... autant d'étapes qui vont permettre à l'enfant de prendre conscience de son cheminement, de donner du sens et de prendre confiance en ses compétences. Nous avons également pris conscience de l'importance du questionnement métacognitif accompagnant l'enfant.

## **CONCLUSION**

Suite à nos recherches sur la résolution de problèmes, nous avons souhaité créer et expérimenter un matériel permettant de travailler sur les problèmes verbaux soustractifs. Ce matériel était centré sur la manipulation d'objets 3D devant permettre aux enfants d'élaborer des représentations, de donner des résultats corrects et de les formaliser. Nous nous sommes limitées à une population d'enfants de CE1 et de CE2.



Dans le cadre de ce mémoire, nous n'avons pas pu prouver l'efficacité de notre matériel par des données quantitatives. Il ne nous était pas possible de mettre en oeuvre un tel plan expérimental. Néanmoins nous avons recueilli des avis positifs des patients et des professionnels qui ont utilisé notre matériel. Il nous a semblé que ce matériel permettrait d'améliorer les performances en compréhension et donc en résolution de problèmes soustractifs, mais aussi des autres types de problèmes. Nous n'avons pas vraiment observé la création de schémas mentaux chez les enfants, mais cependant certains reprenaient à leur compte le contexte. Cela nous laisse espérer que sur une période de suivi plus longue, on puisse observer un transfert des compétences au domaine scolaire. Au cours des séances, nous avons vu des changements s'opérer sur les attitudes des enfants face aux problèmes qu'ils devaient résoudre. Nous avons pris conscience de l'importance des aspects psychoaffectifs et de l'intérêt d'utiliser un matériel ludique afin de dédramatiser les situations et de motiver les enfants. De plus nous avons trouvé que le matériel permettait une bonne compréhension des difficultés de l'enfant en l'observant et en le questionnant.

Cette expérience nous a enrichies sur le plan théorique comme au niveau pratique. En effet, nous avons pu acquérir un certain savoir-faire relatif à la création de matériel, à l'organisation d'une progression, mais aussi un certain savoir-être quant aux adaptations du discours métacognitif nécessaire à chaque enfant.

## RÉFÉRENCES

BARUK S. (1992). *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*. Paris : Seuil.

BLOUIN Y. (1987). *Eduquer à la réussite en mathématiques*. Québec : Cégep F.-X. Garneau.

BRISSIAUD R. (2002). Psychologie et didactique : choisir des problèmes qui favorisent la conceptualisation des opérations arithmétiques. In J. Bideaud et H. Lehalle (Eds.), *Traité des sciences cognitives : le développement des activités numériques chez l'enfant*. Paris : Hermès.

BRISSIAUD R. (2003). *Comment les enfants apprennent à calculer*. Paris : Retz.

BRUN J. (1990). *La résolution de problèmes arithmétiques : bilan et perspectives*. Math Ecole, n°141.

DECOUR C (1993). « Approche linguistique des énoncés » In : BACQUET M., PUJOL G., SOULIE M., DECOUR C., GUERITTE-HESS B.(Eds.) *Le tour du problème*, Paris : édition du Papyrus, 71-93.

DEVIDAL M. (1996). *La lecture de problèmes arithmétiques : Une activité guidée par des schémas ?* Thèse de Doctorat non publiée, Dijon.

DEVIDAL M., FAYOL M., BARROUILLET, P. (1997). Stratégies de lecture et résolution de problèmes arithmétiques. *L'Année Psychologique*, 97, 9-31.

ERMEL (2005). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes, CE1 Cycle2*. Paris : Hatier.

FAYOL M., ABDI H., GOMBERT J.E. (1987). Arithmetic problem formulation and working memory load. *Cognition and Instruction*, 4, 183-202.

FAYOL M., THEVENOT C. , DEVIDALM. (2005). « Résolution de problème ». In M-P. Noël (Ed.), *La dyscalculie, trouble du développement numérique de l'enfant*. Marseille : Solal.

HOUDE, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition: Un nouveau cadre d'analyse*. Paris: Presse Universitaire de France.

KAIL R., HALL L.K. (1999). Sources of developmental change in children's word problem performance. *Journal of Educational Psychology*, 91, 660-668.

KINTSCH W., GREENO J.G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, 92, 109-129.

LAWSON A., FEATHERSTONE C., OUTHRED L. (2003). *Stratégies de mathématiques au primaire, rapport de la table ronde des experts en mathématiques en Ontario*. Ministère de l'Education Canadien.

- MAYER R. E., HEGARTY M. (1996). The process of understanding mathematical problems. In STERNBERG R. S., BEN ZEE T. (Eds.), *The nature of mathematical thinking*. Mahwah : Lawrence Erlbaum Associates, 29-53.
- MAZEAU M. (1999), Aspects cliniques des dyscalculies chez l'enfant, *Rééducation orthophonique*, n°199, 113-129.
- MENISSIER A. (2005) « Les mots du vocabulaire mathématique », *Rééducation orthophonique*, n°222, 121-148.
- MURRAY, A. (2001). « Ideas on manipulative math for young children », *Young Children*, vol. 56, no 4, p. 28-29.
- MUTH K.D. (1984). Solving arithmetic word problems : Role of reading and computational skills. *Journal of Educational Psychology*, 76, 205-210.
- NATHAN M.J., KINTSCH W., YOUNG E. (1992). A theory of algebra word problem comprehension and its implication for the design of learning environments. *Cognition and Instruction*, 4, 329-390.
- PALLASCIO R., LAFORTUNE L. (2000). *Pour une pensée réflexive en éducation*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- PIAGET J., SZEMINSKA A. (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé.
- RILEY M S, GREENO J G, HELLER J I (1983). Development of children's problem solving ability in arithmetic. In GINSBURG H P (Ed.), *The development of mathematical thinking*. New York: Academic Press.
- REUSSER, K. (1989). *Textual and situational factors in solving mathematical word problems*. Bern: University of Bern.
- REUSSER, K. (1990). From text to situation to equation: Cognitive simulation of understanding and solving mathematical word problems. *European Journal in an International Context*, 2, 477-498.
- SWANSON, H.L., COONEY J.B., BROCK S. (1993). The influence of working memory and classification ability on children's word problem solution. *Journal of Experimental Child Psychology*, 55, 374-395.
- TAURISSON A. (1988). *Les gestes de la réussite en mathématiques à l'élémentaire*. Montréal : Agence d'arc inc. Edition.
- VAN NIEUWENHOVENC., DE VRIENDT S. (2012). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques : pistes de diagnostic et supports d'intervention*. Bruxelles : De Boeck.