



HAL
open science

L'utilisation du boulier pour les élèves dyscalculiques

Lisa Quiterio

► **To cite this version:**

Lisa Quiterio. L'utilisation du boulier pour les élèves dyscalculiques. Sciences de l'Homme et Société. 2023. dumas-04485606

HAL Id: dumas-04485606

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04485606v1>

Submitted on 1 Mar 2024

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

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

Copyright



Mémoire présenté par
Lisa QUITERIO

Soutenu le
21 juin 2023 à Chartres
Pour obtenir le diplôme du

Master
Métiers de l'Éducation, de l'Enseignement et de la Formation
Mention : 1^{er} degré

Discipline : Mathématiques

L'utilisation du boulier pour les élèves dyscalculiques

Dirigé par
Mme Laure ETEVEZ

Devant une commission d'examen composée de

Mme Laure ETEVEZ, directrice du mémoire, enseignante à l'INSPE Centre Val de
Loire

Mme Bouchra EL FENNIRI, professeure des écoles, maitre formateur

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la rédaction de ce mémoire.

Je remercie dans un premier temps ma directrice de mémoire, Madame Laure ETEVEZ, qui a pris du temps pour m'encadrer, me conseiller mais également pour me fournir le matériel nécessaire à la mise en place de mon dispositif.

Je tiens également à remercier le directeur de l'école élémentaire La Vallée de Sours et l'enseignant qui m'a accueilli dans sa classe pour mener à bien mon expérimentation.

Pour finir, j'aimerais remercier ma famille et mes amis pour leur soutien et les conseils qu'ils ont pu me donner pendant la rédaction de ce mémoire et tout au long de mes études.

Table des matières

Remerciements	2
Table des matières	3
Introduction	5
I. Apports théoriques	6
1. La dyscalculie	6
a. Définition et prévalence	6
b. Nature et causes de la dyscalculie	9
2. Le boulier : un outil pour aider les élèves dyscalculiques	12
a. Abaques et bouliers.....	12
b. Les différents types de bouliers.....	13
c. L'utilisation du boulier en classe.....	16
3. Le boulier et la dyscalculie : en quoi est-il une aide pour les élèves dyscalculiques ?	19
a. Boulier et mémoire de travail.....	19
b. Boulier et habiletés visuo-spatiales	20
II. Recherche expérimentale	21
1. Problématique et hypothèses générales	21
2. Méthode	22
a. Dispositif.....	22
b. Constats après l'évaluation diagnostique	25
c. Difficultés rencontrées lors de la mise en place	26
3. Résultats	28
a. Résultat de l'hypothèse 1	28
b. Résultat de l'hypothèse 2	30
III. Partie professionnalisante	33
1. Comment rendre le dispositif plus efficace si c'était à refaire ?	33
2. Réinvestissement dans un autre cycle	34

3. Les autres dispositifs qui pourraient être utilisés avec des élèves dyscalculiques	35
<i>Conclusion</i>	36
<i>Table des illustrations.....</i>	38
<i>Tables des annexes.....</i>	39
<i>Bibliographie.....</i>	40

Introduction

« Je n’y arrive pas », « Je ne comprends pas », « C’est trop dur ! », toutes ces phrases prononcées par les élèves en difficulté lors des séances de mathématiques m’ont amenée à me questionner quant aux difficultés rencontrées par les élèves dans ce domaine.

Les difficultés en mathématiques sont de plus en plus prégnantes chez les élèves en France. Ces difficultés sont liées à de nombreux facteurs très variés mais pour certains elles sont liées à un trouble des apprentissages que l’on nomme dyscalculie.

La dyscalculie dans le dictionnaire est définie comme une « difficulté d’apprentissage du calcul liée à une difficulté d’utilisation du système symbolique » (3). Nous verrons qu’il s’agit d’un trouble bien plus complexe et encore très peu étudié. En effet, les recherches dans ce domaine n’en sont qu’à leur début et sont beaucoup moins avancées que celles pour les autres troubles dys- par exemple.

En réalisant mes premières recherches sur la dyscalculie je me suis immédiatement questionnée. Mon questionnement principal s’est porté sur l’aide que les enseignants pouvaient apporter aux élèves dyscalculiques au quotidien en classe. En effet, le professeur se doit d’aider tous ses élèves et donc de n’en laisser aucun de côté. Il faut donc prendre en compte la diversité des élèves et chercher des solutions pour tous. L’aide apportée aux élèves dyscalculiques peut se faire sous différentes formes, souvent les enseignants passent par l’utilisation d’outils qui vont permettre aux élèves de visualiser les concepts mathématiques. Le boulier a donc tout particulièrement attiré mon attention. En effet, beaucoup utilisé par les orthophonistes, il me semble être un outil simple à utiliser au quotidien en classe et qui pourrait certainement beaucoup aider les élèves dyscalculiques.

Dans la partie théorique nous étudierons dans un premier temps, la dyscalculie, sa définition ainsi que la nature et les causes de celle-ci. Puis nous analyserons ce qu’est un boulier et comment l’utiliser en classe. Et nous terminerons par mettre en lien le boulier et la dyscalculie. Dans une seconde partie expérimentale, après une

problématisation du sujet, nous verrons comment le boulier est utilisé pour travailler la résolution de problèmes additifs auprès d'élèves dyscalculiques. Nous terminerons par une troisième partie professionnalisante dans laquelle une réflexion sur le dispositif mis en place est développée.

I. Apports théoriques

1. La dyscalculie

a. Définition et prévalence

Tout d'abord, il est nécessaire de savoir qu'il n'existe pas encore de définition de la dyscalculie. Le terme de dyscalculie n'est même pas universellement utilisé pour désigner le trouble. C'est Kosci en 1974 qui a introduit le terme de « dyscalculie de développement » (1). Ce terme a ensuite été repris par de nombreux chercheurs. Cependant, d'autres chercheurs comme Lewis et coll. en 1994 parlent plutôt de « difficultés en arithmétiques » (1) ou encore de « troubles des apprentissages en mathématiques » pour Geary et Hoard en 2005 (1). Mais comme aucuns critères de diagnostiques n'a été réellement fixés, tous les auteurs ne se basent pas sur les mêmes critères ce qui amène certainement ces différences de noms pour un même trouble.

De nombreux chercheurs se sont penchés sur le sujet et en ont donné une définition. Le premier à en donner une définition fût Kosci en 1974, il 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 anatomo-physiologique direct de la maturation des habiletés mathématiques sans trouble simultané des fonctions mentales plus générales. (1)

Puis pour Temple quelques années plus tard, en 1992, il s'agit « d'un trouble des compétences numériques et des habiletés arithmétiques qui se manifeste chez des enfants d'intelligence normale qui ne présentent pas de déficit neurologique acquis »

(1). Ces deux définitions écartent tout problème lié à un faible niveau intellectuel ou à un trouble qui apparaîtrait après des problèmes neurologiques. Néanmoins elles prennent en compte seulement un critère d'inclusion qui est : « la faiblesse des acquisitions numériques et arithmétiques ». Conscient que ce seul critère d'inclusion portant sur le niveau de performance en arithmétique et seul critère d'exclusion portant sur le niveau intellectuel minimal requis (en termes de quotient intellectuel (QI)) ne suffisaient pas, Butterwoth en 2005 va donc proposer de se baser sur la définition du *UK Department for Education and Skills*. La dyscalculie serait :

Un état qui affecte la capacité à acquérir des habiletés arithmétiques. Les élèves dyscalculiques peuvent avoir des difficultés à comprendre les concepts numériques simples, une absence de compréhension intuitive des nombres, et ont des difficultés pour apprendre les faits numériques et les procédures. Même s'ils produisent la réponse correcte ou utilisent une méthode correcte, ce serait de manière mécanique et sans confiance en eux-mêmes. (1)

Cette définition ne se limite pas seulement au symptôme mais aborde également les causes. En effet, ce serait un état qui affecterait les capacités d'apprentissage. Toutefois, l'absence de confiance, comme il est cité dans la définition, semble difficile à établir objectivement. C'est pour cela que les travaux sur les *mathematical disabilities* sont considérés comme des travaux qui concernent la dyscalculie seulement s'il n'est pas établi que les populations visées par cette littérature diffèrent qualitativement de celles que d'autres auteurs désignent par le terme de « dyscalculie développementale ». Puisque souvent ces études se basent sur l'intelligence des sujets soit en excluant ceux qui ont un QI trop faible soit en contrôlant les effets. Par ailleurs, ce sont quand même ces études qui vont fournir le plus d'informations sur la nature des troubles et s'ils sont associés à d'autres troubles ou non.

Effectivement, la dyscalculie est souvent associée à d'autres troubles. Il existe deux types d'association de troubles qui ont été étudiés en ce qui concerne la dyscalculie. Tout d'abord, la comorbidité avec d'autres difficultés d'apprentissage, celui de la lecture et de l'écriture mais aussi la comorbidité avec des atteintes chromosomiques et des syndromes neurologiques.

Selon Cohn, en 1971, les études sur la prévalence de la dyscalculie permettent d'écarter l'hypothèse que la dyscalculie est un trouble assignable à un déficit général des processus langagiers (1). Cependant, la dyscalculie est bel et bien associée à des difficultés d'apprentissage en lecture. En effet, différents auteurs ont réalisé des études sur ce paramètre. Gross-Tsur et coll. en 1996, trouvent que seulement 17 % d'enfants

atteints de dyslexie sont dyscalculiques mais ils adoptent un critère d'exclusion très strict. C'est pour cela que d'autres auteurs trouvent des résultats bien plus élevés. En effet, Lewiss et coll. en 1994 trouvent 64 % de difficultés d'apprentissage de la lecture associée. Ostad, quant à lui, trouve 51 % d'enfants présentant des difficultés en orthographe dans une population d'élèves dyscalculiques. Ce chiffre a été vérifié par d'autres auteurs.

Pour résumer, beaucoup d'enfants présentant des difficultés d'apprentissages en arithmétique présentent également des difficultés d'apprentissage du langage écrit. Néanmoins, la dyscalculie existe aussi comme trouble isolé.

Abordons maintenant la comorbidité avec les troubles développementaux, syndromes neurologiques et atteintes chromosomiques. Beaucoup d'études montrent que plusieurs troubles, syndromes et atteintes s'accompagnent d'une dyscalculie. Parmi eux on trouve : le trouble de déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH), le syndrome de l'hémisphère droit, le syndrome de Turner et celui de l'X fragile. On trouve donc une assez grande population d'élèves dyscalculiques parmi les enfants présentant ces troubles ou syndromes. C'est parfois en diagnostiquant la dyscalculie à ces élèves que l'on peut déceler d'autres troubles.

En ce qui concerne la prévalence, cinq études ont été réalisées sur une large population. Ces études ont révélé entre 3,6 % et 7,7 % de prévalence pour la dyscalculie. Néanmoins, tous les auteurs ayant réalisé ces études n'ont pas les mêmes critères d'inclusion et d'exclusion (figure 1) ce qui mène certainement à ces écarts de pourcentages. Certains appliquent des critères plus stricts que d'autres.

Étude	N	Âges (années)	Critère d'inclusion	Critère d'exclusion	Dyscalculie (Taux en %)
Kosc, 1974	375	10-12	Batterie de tests <i>ad hoc</i>	QI < 90	6,4
Badian, 1983	1 476	7-14	Score < centile 20 <i>Stanford Achievement</i>	Aucun	6,4
Lewis et coll., 1994	1 056	9-10	Score standardisé < 85 <i>Group Mathematics Test</i>	Test PM Raven < 90	3,6
Gross-Tsur et coll., 1996	3 029	10-11	2 ans de retard Batterie de tests <i>ad hoc</i>	QI < 80	6,5
Desoete et coll., 2004	3 978	8-11	2 écarts-types de la moyenne Batterie de tests	Aucun	2,3 à 7,7 selon l'âge

Figure 1 : Tableau recensant les différentes études de prévalence de la dyscalculie (1)

b. Nature et causes de la dyscalculie

Les avis sur l'origine des troubles divergent et à l'heure actuelle la nature et les causes de la dyscalculie ne sont pas encore réellement connues. La partie qui suit exposera donc l'état des recherches actuelles qu'il y a sur la nature et les causes de ce trouble.

Tout d'abord, la nature des troubles a pu être observée auprès de plusieurs élèves. En effet, il a été montré par Wynn en 1992 et bien d'autres chercheurs que les troubles dont souffrent les élèves dyscalculiques affectent les aspects procéduraux (1). Ils affectent également les aspects conceptuels des activités de calcul et de comptage ainsi que la mémorisation des faits numériques qui résultent de ces activités. Puis, suite à de nombreuses observations sur un groupe d'élèves par Geary en 1990, il est apparu que les élèves dyscalculiques utilisaient les mêmes stratégies que les élèves typiques pour le comptage sur les doigts, comptage verbal ou encore la récupération du résultat en mémoire. Toutefois, ils commettaient plus d'erreurs dans la mise en œuvre des procédures et lorsqu'ils récupéraient le résultat en mémoire. Tous ces résultats ont permis de suggérer une des causes de la dyscalculie qui serait « un déficit fonctionnel consistant en de faibles habiletés procédurales et une représentation des résultats en mémoire pour le moins atypiques » (1). D'autres observations ont été réalisées sur les mêmes élèves quelques mois plus tard et les constatations sont les mêmes : les enfants dyscalculiques ont toujours recours à des stratégies de comptage verbal et parfois même de comptage sur les doigts. Cette observation consolide l'hypothèse de départ qui est que les élèves dyscalculiques ont une mauvaise organisation des faits additifs en mémoire. Néanmoins, Gross-Tsur et coll., en 1996, observent que les plus grosses faiblesses se manifestent dans les domaines des calculs complexes et de la connaissance des faits arithmétiques mais les domaines de la compréhension et de la production des nombres restent, quant à eux, plutôt préservés (1).

Au regard des études réalisées, on remarque donc que le processus le plus étudié est certainement le changement dans le type de stratégies utilisées pour

résoudre les additions simples avec des stratégies de comptage à la récupération directe du résultat en mémoire. Et le constat est toujours le même, les élèves dyscalculiques ne sont pas capables de récupérer les réponses correctes dans leur mémoire ou alors lorsqu'ils la retrouvent, le temps de recherche est bien plus long que chez les enfants tout-venant. La mémoire de travail des élèves dyscalculiques est donc affectée. En effet, les capacités de mémoire de travail et de mémoire à court terme des élèves dyscalculiques sont inférieures à celles des élèves typiques. Il est néanmoins compliqué d'affirmer que les déficits en arithmétique sont spécifiquement dus à des limitations de la mémoire même si ces déficits sont manifestement impliqués dans les difficultés que rencontrent ces élèves. Cependant, selon Temple et Sherwood en 2002, ces difficultés de récupération en mémoire pourraient provenir de problèmes développementaux qui affecteraient les systèmes neurocognitifs modulaires spécialisés dans la représentation et la récupération des connaissances arithmétiques qui sont eux indépendants de la mémoire sémantique et la mémoire de travail. (1).

En résumé, toutes les études qui concernent les déficits des enfants dyscalculiques montrent qu'ils ont un retard de développement dans les procédures de comptage pour les additions et soustractions. Ils ont souvent recours à des stratégies comme le comptage sur les doigts plutôt qu'à la récupération directe des résultats en mémoire qui, elle, est largement retardée. Ces déficits pourraient trouver leur origine dans une mauvaise compréhension des principes administrant les activités de dénombrement. On voit donc que les difficultés de récupération en mémoire des faits arithmétiques sont unanimement reconnues.

Une autre hypothèse a été émise par Landerl et coll. en 2004 quant au fait que la dyscalculie résulterait « d'un déficit spécifique de la représentation et du traitement des informations numériques provenant du développement anormal des aires cérébrales normalement dévolues à ces fonctions » (1). Néanmoins, cette hypothèse est très controversée et a été contredite par d'autres études.

Par ailleurs, certaines études montrent un rapport entre la dyscalculie et les habiletés visuo-spatiales. Effectivement, selon Badian en 1983 premièrement puis Gary et Hoard en 2005, des habiletés visuo-spatiales défaillantes pourraient entraîner des difficultés dans la résolution des opérations posées. Les élèves dyscalculiques auraient du mal à aligner les chiffres et sauteraient des colonnes par exemple. Ils

rencontreraient également des difficultés à maîtriser la numération de position (1). Selon Rourke, un déficit visuo-spatial ne provoque pas les difficultés en arithmétique mais les accompagne et ces deux déficits découleraient d'un dysfonctionnement de l'hémisphère droit ce qui rejoint l'hypothèse énoncée juste au-dessus. Toutefois, il ne faut pas en faire une généralité car il se pourrait, selon Share et coll. en 1988, que les déficits visuo-spatiaux caractériseraient plutôt les garçons dyscalculiques et non les filles dyscalculiques (1).

Une dernière hypothèse a été émise sur les causes de la dyscalculie. Cette hypothèse ne relie pas la dyscalculie à un trouble cognitif plus général comme les autres mais elle énonce que la dyscalculie serait le résultat d'un déficit dans une capacité à comprendre les nombres. Effectivement, Butturwoth en 2005, défend que « les êtres humains naissent avec une capacité à reconnaître et manipuler mentalement des numérosités » (1). Cette capacité trouverait son origine dans des circuits neuronaux spécifiques et qui seraient donc touchés par un mauvais développement lorsqu'un enfant est dyscalculique. Cette hypothèse se base sur des études de psychologie cognitive réalisées ces trentes dernières années. Ces études ont été initiées par Starkey et Cooper en 1980 et poursuivies par bien d'autres chercheurs. Elles ont montré que des bébés de six mois sont capables de faire la différence entre deux collections à condition qu'elles diffèrent suffisamment entre elles.

Pour résumer, on peut opposer deux types d'auteurs. Ceux qui proposent que la dyscalculie est « une manifestation secondaire d'un déficit cognitif plus général ou plus élémentaire » et ceux qui pensent que « la dyscalculie est un trouble primaire lié au dysfonctionnement d'un système neuro-anatomique spécifique aux traitements numériques » (1). Les deux déficits généraux supposés dans le premier cas sont : de faibles ressources en mémoire de travail ou un trouble des habiletés visuo-spatiales.

À la suite de toutes ces hypothèses émises autour des causes de la dyscalculie, les chercheurs ont essayé de réaliser une classification des différents sous-types de dyscalculie. Ce qui a encore une fois donné place à différentes classifications car chaque chercheur se base sur des modèles théoriques différents. On trouve une classification neurologique, une classification anatomo-fonctionnelle et deux classifications cognitives.

Les études sur la dyscalculie ne sont qu'à leur début ce qui fait qu'aucun consensus n'a été trouvé ni pour la définition ni pour les causes de ce trouble. C'est un sujet complexe dont les recherches évoluent d'années en années et continueront donc d'évoluer. Ce sujet m'a permis de soulever plusieurs questions mais je me suis demandé en particulier, comment en tant qu'enseignante il serait possible d'aider les élèves dyscalculiques au quotidien. C'est pour cette raison que j'ai décidé de me pencher sur l'exemple du boulier qui, nous verrons par la suite, pourrait être d'une grande aide pour ces élèves.

2. Le boulier : un outil pour aider les élèves dyscalculiques

a. Abaques et bouliers

De leurs ancêtres, les abaques, les bouliers sont nés. En effet, différents systèmes de numérations se sont développés dans les civilisations au cours du temps, et différents outils de calcul ont donc été créés. On pense que les Mésopotamiens utilisaient déjà ce que l'on nomme des abaques, ils traçaient des tables de calculs dans le sable. Puis petit à petit, ces abaques ont évolué et se sont diversifiés : terre cuite, pierre, bois... Les plus anciennes tables de calcul retrouvées datent du 6^{ème} siècle avant J.-C. Ces tables de calculs étaient beaucoup utilisées dans la vie quotidienne pour dénombrer des animaux ou encore faire du commerce.

Il existe deux types d'abaque :

- L'abaque à jeton (figure 2), le plus ancien (10). Il est constitué de plusieurs colonnes verticales décimales gravées, incisées ou peintes. Entre ses colonnes, on trouve des colonnes que l'on appelle des colonnes quinaires (5, 50, 5000...). Puis on pose des jetons ou des cailloux, qui représentent les chiffres, sur ces colonnes. On va se servir de ce type d'abaque jusqu'à la Révolution française.

1000			M
500			D
100			C
50			L
10			X
5			V
1			I

Figure 2 : Schématisation d'un abaque (10)

- L'abaque à boule plus communément appelé boulier. Il a été inventé au 12^{ème} siècle en Chine. Il est constitué de plusieurs broches sur lesquelles on retrouve des boules. Il repose sur le même principe que l'abaque à jeton : la séparation de colonnes quinaires. Le boulier par rapport à l'abaque est transportable et va permettre un gain de temps énorme sur les calculs. Il existe trois grands types de bouliers que l'on détaillera par la suite.

Aujourd'hui, l'abaque à jeton n'est plus utilisé, on se sert seulement du boulier mais il n'a plus les mêmes fonctions qu'avant. Effectivement, il est utilisé dans l'enseignement des mathématiques pour accompagner les apprentissages des élèves ou pour aider les élèves en difficultés. Le boulier va permettre de remonter au sens des mathématiques.

b. Les différents types de bouliers

Comme dit précédemment, il existe trois grands types de bouliers : le boulier chinois, le boulier japonais et le boulier russe. Ces bouliers vont permettre de représenter visuellement chaque nombre par une disposition particulière des boules. Voyons maintenant les caractéristiques de chaque boulier.

Le boulier chinois aussi appelé suanpan (9) (figure 3) comporte entre huit et douze tiges. Ces tiges vont être divisées en deux par une barre transversale. En haut de la barre transversale on va trouver deux boules valant cinq chacune, on les appellera les quinaires et sur la partie inférieure de la barre, on trouve cinq boules valant un, que l'on appellera les unaires. La valeur totale de chaque tige est donc de quinze. Le sens de lecture de ce boulier va de la droite vers la gauche, chaque tige va correspondre à un rang de numération : unités, dizaines, centaines...

Dans la position de départ, les boules sont disposées sur les bords extérieurs du boulier. Lorsque l'on va coller les boules à la barre transversale, celles-ci prendront une valeur. Comme ce boulier est en base seize et que notre système de numération est en base dix, un nombre peut avoir plusieurs écritures.

Il pourrait être intéressant d'utiliser ce boulier avec des élèves car les manipulations sont proches de celles que l'on fait pour réaliser la technique algorithmique que l'on enseigne à l'école. De plus, pour les élèves en difficulté, le fait d'avoir quinze boules par tige sans avoir à effectuer d'échange va éviter une surcharge cognitive pour eux. Néanmoins, ce boulier est très peu présent dans l'enseignement. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il est très éloigné culturellement des pratiques que l'on trouve en France.

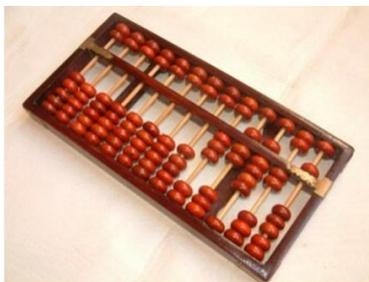


Figure 3 : Boulier chinois (suanpan) (4)

Le boulier japonais aussi appelé soroban (figure 4) comporte vingt-trois à trente et une tiges (9). Il fonctionne sur le même principe que le boulier chinois. En effet, on y trouve également une barre transversale mais le nombre de boules par tiges change. Avec en haut une boule valant cinq (un quinaire) et en bas de la barre simplement quatre boules unitaires (unaire). La valeur totale de chaque tige est donc de dix.

Ce qui fait de lui un boulier qui fonctionne en base dix. Chaque nombre aura donc une écriture unique sur ce boulier ce qui va rendre les manipulations plus compliquées lors des algorithmes de calcul. De plus, avec ce boulier on effectue nos calculs de gauche à droite, ce qui n'est pas représentatif de ce que l'on fait à l'école avec les algorithmes de calcul. C'est l'une des raisons pour laquelle on n'utilise que très peu ce boulier en classe. Par ailleurs, lorsque l'on calcule avec ce boulier, il faut avoir recours au complément à dix et à cinq assez souvent, ce qui, encore une fois, ne concorde pas avec notre manière de calculer. Toutes ces raisons font que le boulier japonais est assez éloigné de notre enseignement.

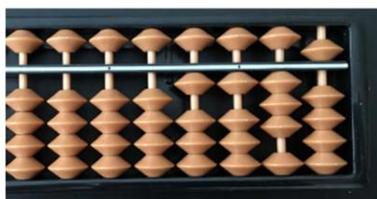


Figure 4 : Boulier Japonais (soroban) (9)

Le boulier russe, quant à lui, est composé de tiges comprenant chacune dix boules. Il existe deux types de boulier russe, celui plutôt traditionnel et celui que l'on va utiliser dans l'enseignement.

Commençons par le boulier russe traditionnel (10) (figure 5), la plupart de ses tiges comportent dix boules chacune et la coloration de ses boules est assez particulière. Les tiges qui comportent dix boules ont toujours quatre blanches, deux noires puis quatre blanches. On trouve également deux tiges de quatre boules qui représentent les quarts de kopeck. Sur le boulier russe traditionnel, les boules à droite de la tige sont inactives ce qui veut dire qu'elles valent zéro et celles qui se trouvent à gauche sont actives. Chaque tige va correspondre à un rang de numération comme sur les autres bouliers vu avant.



Figure 5 : Boulier russe traditionnel (9)

Ensuite, le boulier russe utilisé dans l'enseignement (9) (figure 6), comporte que dix tiges de dix boules chacune sans couleur particulière. Le sens de lecture quant à lui est aussi changé. En effet, toutes les boules à gauche sont inactives et celles à droite sont actives. On constate qu'il y a peu de différences avec le boulier russe traditionnel. On retrouve deux grandes différences, contrairement au boulier russe traditionnel, le boulier russe que l'on utilise dans l'enseignement contient seulement dix tiges avec dix boules sans couleur particulière. De plus, les boules qui se trouvent sur la gauche sont celles inactives et celles sur la droite les actives, ce qui se rapproche le plus de

notre sens de lecture usuel. Ces deux différences vont permettre aux élèves de se repérer plus facilement sur le boulier. Il peut s'utiliser de deux manières différentes : tout d'abord, chaque boule a la même valeur (une unité), ce qui va permettre d'étudier les nombres de 0 à 100 ou bien, chaque boule à une valeur différente selon sa position, ce qui va permettre d'étudier notre système de numération de position. Il offre donc une large possibilité de progression avec les élèves. Ce boulier peut donc être utilisé du cycle 1 au cycle 3 et de différentes façons c'est sûrement pour cette raison que c'est celui que l'on retrouve le plus dans les écoles primaires. J'ai donc fait le choix de me baser sur le boulier russe pour l'enseignement dans la suite de ma production.



Figure 6 : Boulrier russe pour l'enseignement (9)

c. L'utilisation du boulier en classe

Dans cette partie nous allons donc détailler les deux façons d'utiliser le boulier russe pour l'enseignement en classe.

Dans un premier temps, au cycle 1, le boulier va être utilisé de la manière suivante : chaque boule représente une unité. Il y aura donc 100 unités sur le boulier. Il est intéressant d'avoir un support visuel lorsque les élèves commencent à dénombrer des collections. Ce support va permettre aux élèves d'associer un nombre à une quantité qui est un des objectifs de fin de cycle. En effet, il est écrit dans le programme de cycle 1 :

Il leur faut aussi progressivement comprendre que les nombres servent à décrire et mémoriser les quantités. De plus, il leur faut comprendre que les nombres obéissent à une logique particulière : le nombre change lorsqu'on ajoute ou retire un objet, il ne change pas lorsqu'on remplace un objet par un autre. (13)

Il va donc également être utile lorsque les élèves sont face à des problèmes mobilisant les nombres et donc le dénombrement. En effet, les élèves vont devoir s'organiser dans leurs stratégies de dénombrement afin de ne pas oublier de compter un élément ou de le compter deux fois. Ils doivent également être capables en même temps de réciter la comptine numérique ce qui peut s'avérer compliqué pour certains élèves. Le boulier sera donc là pour pouvoir poser la collection présente dans le problème et ensuite l'élève pourra dénombrer le nombre de boules présentes. De plus, à force d'utiliser le boulier, les élèves développeront des stratégies et reconnaitront visuellement les quantités présentes sur le boulier sans devoir les dénombrer. C'est ce que l'on appelle le « subitizing ».

Au cycle 2, on va continuer à utiliser le boulier de la même façon qu'au cycle 1 pour l'entrée dans le calcul, par exemple pour le début des additions et soustractions il peut être intéressant d'utiliser le boulier ou même un peu après pour représenter les compléments à 10 (figure 7). Cela peut être d'une grande aide pour les élèves plus en difficultés. De plus, le cycle 2 est le cycle où l'on introduit les dizaines, centaines et millièmes, on va donc pouvoir utiliser le boulier de façon à ce que chaque boule ait une valeur différente selon sa position et donc bien faire comprendre le sens de la numération de position aux élèves. Une fois cette notion acquise, les élèves pourront alors réaliser des additions et soustractions de grands nombres. C'est une habitude qu'ils pourront garder jusqu'au cycle 3.

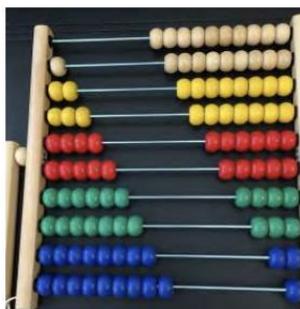


Figure 7 : Compléments à 10 sur un boulier (9)

En plus de poursuivre les apprentissages vus au cycle 2, le boulier va pouvoir être utilisé pour aborder les fractions décimales et les nombres décimaux au cycle 3. Ces notions sont essentielles et nécessitent des connaissances antérieures acquises sur les nombres entiers :

Les fractions puis les nombres décimaux apparaissent comme de nouveaux nombres introduits pour pallier l'insuffisance des nombres entiers, notamment pour mesurer des longueurs, des aires et repérer des points sur une demi-droite graduée. Le lien à établir avec les connaissances acquises à propos des entiers est essentiel. (12)

Lors de l'étude des fractions décimales, le boulier servira à représenter les nombres compris entre 0 et 1. C'est-à-dire que le boulier vaudra 1 et que chaque boule vaudra 0,01 ou encore $\frac{1}{100}$. Chaque ligne étant donc composée de 10 boules vaudra 0,1 ou $\frac{1}{10}$. Prenons un exemple, pour représenter le nombre 0,13 sur le boulier (figure 8), il faudra une première ligne complète ainsi que trois boules sur la deuxième ligne.

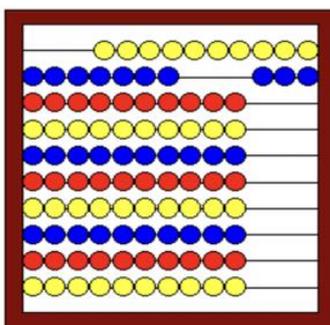


Figure 8 : Représentation du chiffre 0,13 à l'aide du boulier (6)

Une fois le processus de représentation compris, il est nécessaire d'aborder avec les élèves les différentes formes d'écritures. Reprenons l'exemple de 0,13. Cela s'écrit également $\frac{13}{100}$ (treize centièmes) ou alors $\frac{1}{10} + \frac{3}{100}$ (un dixième et trois centièmes). Cette activité pourra donc être réitérée sur différents nombres compris entre 0 et 1. Le boulier pourra alors être utilisé de manière ritualisée tout au long du cycle 3 pour représenter des fractions décimales et donc des nombres décimaux ou même encore pour réaliser des additions de fractions décimales. Ces différentes activités permettront de développer des automatismes et donc des représentations mentales numériques chez les élèves grâce à la visualisation.

Comme on peut le voir, le boulier va permettre de retrouver le sens des mathématiques pour des enfants qui sont en général de plus en plus en difficultés dans cette matière. D'un point de vue didactique, en maternelle il permettra d'appréhender

la notion de nombre et en école élémentaire développer les algorithmes de calcul, étudier les fractions décimales et donc les nombres décimaux.

3. Le boulier et la dyscalculie : en quoi est-il une aide pour les élèves dyscalculiques ?

Dans la première partie, nous avons vu que les études jusqu'aujourd'hui montre que la dyscalculie est principalement liée à un déficit de mémoire de travail et un déficit des habiletés visuo-spaciales. Dans cette partie nous verrons donc comment le boulier va pouvoir aider les élèves dyscalculiques à pallier ces déficits.

a. Boulier et mémoire de travail

La mémoire de travail fait partie de la mémoire à court terme, cela correspond aux informations que l'on va garder en mémoire temporairement dans le but de les manipuler. C'est donc ce type de mémoire qui va être sollicitée lors des manipulations arithmétiques.

Prenons tout d'abord l'exemple de l'exercice du calcul mental. Lors de cette activité, les élèves doivent retenir un nombre puis effectuer l'opération demandée. Cet exercice va énormément solliciter la mémoire de travail, c'est là que le boulier intervient. Effectivement, cet outil va permettre dans un premier temps de poser le premier chiffre du calcul puis de venir ajouter ou retirer des boules en fonction de ce qui est demandé. Cela va permettre à l'élève dyscalculique de ne pas solliciter sa mémoire de travail et de pouvoir, en manipulant, visualiser le nombre. Ces manipulations vont permettre d'éviter la surcharge cognitive pour des élèves qui ne peuvent pas être en double tâche. Par ailleurs, les études de Hanato et Osawa en 1983 puis par la suite celles de Hanakawa en 1999 ont montré que « l'entraînement physique au calcul avec un boulier, suivi d'une simulation mentale de l'utilisation du boulier, est de nature à favoriser par la suite la réalisation de calculs mentaux complexes en l'absence de mouvements » (5).

Le boulier va donc permettre de transformer une manipulation qui, de base, est mentale en une manipulation concrète. L'utilisation du boulier va donc devenir une routine pour les élèves et cette manipulation également. Le fait de passer par cette manipulation concrète va permettre aux élèves de créer des automatismes au niveau de leur mémoire et donc ensuite d'activer la manipulation mentale. Cet outil va permettre de lier la manipulation à la visualisation.

Dans un second temps, le boulier va permettre d'accéder à la verbalisation de tout algorithme de calcul réalisé à l'aide de celui-ci. Premièrement, le boulier étant un support visuel, il va rendre plus facile la verbalisation des algorithmes. Le passage par la verbalisation est très important pour tous les élèves et d'autant plus pour les élèves dyscalculiques qui rencontrent des difficultés en lecture.

b. Boulier et habiletés visuo-spatiales

Les capacités visuo-spatiales sont définies comme des fonctions mentales qui permettent de localiser et d'orienter nos actions, nos mouvements ou encore des objets (2). Ces capacités vont être fortement sollicitées lors des manipulations arithmétiques telles que le calcul posé. En effet, lorsqu'il va falloir aligner les chiffres lors des opérations les élèves dyscalculiques vont rencontrer de grandes difficultés.

Le boulier comme nous l'avons vu précédemment va pouvoir être utilisé pour étudier la numération de position notamment pour les opérations complexes en cycle 2 et 3. Dans un premier temps, le boulier va rendre possible le fait de rendre visible la décomposition additive du nombre. Par exemple, $23 = 20 + 3$, c'est-à-dire deux boules sur la ligne des dizaines et trois boules sur la ligne des unités. Une fois qu'ils auront compris cette notion, il sera possible de réaliser des opérations complexes telles que les additions et soustractions posées.

Toutes ces manipulations vont permettre aux élèves dyscalculiques de s'orienter dans leurs actions et mouvements afin de pouvoir pallier leur déficit.

II. Recherche expérimentale

1. Problématique et hypothèses générales

La partie théorique permet de mettre en lumière les deux principales potentielles causes de la dyscalculie qui seraient : un déficit de la mémoire de travail et un déficit des habiletés visuo-spatiales. Ces déficits ont un impact direct sur les apprentissages mathématiques des élèves et les mettent donc en grande difficulté. Me questionnant sur comment aider les élèves dyscalculiques au quotidien, le boulier est apparu comme une solution pour ces élèves. En effet, c'est un outil qui pourrait aider les élèves dyscalculiques en passant par la manipulation et la visualisation en mathématique. Le but de cette recherche est donc de mesurer l'effet du boulier sur les apprentissages arithmétiques des élèves dyscalculiques.

La problématique de la recherche sera donc : « ***En quoi le boulier est-il une aide pour les élèves dyscalculiques ?*** »

Pour répondre à cette question, nous émettons les deux hypothèses suivantes :

- **Hypothèse 1** : Le boulier constituera un support visuel et permettra aux élèves dyscalculiques de manipuler afin d'aborder plus simplement les algorithmes de calculs.
- **Hypothèse 2** : L'utilisation du boulier va permettre l'automatisation des procédures de calcul chez les élèves dyscalculiques.

Pour résumer, nous supposons que les élèves dyscalculiques ont besoin d'un support visuel et de manipulation, que constitue le boulier, pour aborder plus simplement les concepts arithmétiques. De plus, en lien avec la manipulation et la visualisation, nous supposons que cela va permettre l'automatisation des procédures de calcul chez les élèves dyscalculiques. Ces deux hypothèses seront à vérifier grâce au dispositif qui sera mis en place.

2. Méthode

a. Dispositif

Dans cette partie de mon mémoire, je vais mettre en place une séquence avec des élèves dyscalculiques. Nous travaillerons sur la résolution de problèmes à l'aide du boulier. Ce travail a pour but d'essayer d'affirmer ou d'infirmier mes hypothèses ainsi que ma problématique. Lors de cette séquence, les représentations des élèves dyscalculiques seront évaluées. Mon mémoire étant en lien direct avec les apprentissages, l'évaluation se fera sous forme d'évaluation diagnostique en début de séquence. La même évaluation sera donnée en fin de séquence afin de voir si des progrès sont visibles chez les élèves. Les résultats obtenus lors de ces évaluations me permettront d'avoir une approche effective quant à la réponse à ma problématique. Cela me permettra d'évaluer l'effet du boulier sur les apprentissages des élèves dans la résolution de problèmes.

Souhaitant dans un premier temps me pencher sur les opérations de type additions et soustractions et intervenant dans une classe de cycle 2, mon choix s'est porté sur la résolution de problèmes.

L'étude des quatre opérations (addition, soustraction, multiplication, division) commence dès le début du cycle à partir de problèmes qui contribuent à leur donner du sens, en particulier des problèmes portant sur des grandeurs ou sur leurs mesures. (11)

La résolution de problèmes au cycle 2 va donc être un moyen de travailler les quatre opérations et d'en comprendre le sens.

La séquence présentée ici sera plus particulièrement axée sur les problèmes additifs de deux catégories différentes : la composition de deux états et la transformation d'état. La composition de deux états se présente sous la forme : « partie + partie = tout » (8) (figure 9). Dans cette catégorie de problèmes, nous recherchons soit le composé soit une partie. La transformation d'état, quant à elle, est une structure plus complexe que la composition. Elle se présente sous la forme : « état initial +/- transformation = état final » (8) (figure 10). Il existe trois sous-catégories de

problèmes : la recherche de l'état initial, la recherche de l'état final ou encore la recherche de la transformation.

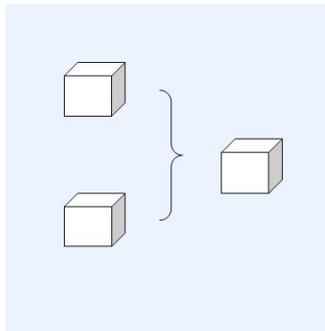


Figure 9 : Schéma général de la composition de deux états



Figure 10 : Schéma général de la transformation d'état

Le but en travaillant sur ces types de problèmes va être de travailler sur les représentations des élèves. Et donc par l'utilisation et la manipulation physique du boulier d'essayer de créer des automatismes de manipulation mentale.

Cette séquence nous amène donc aux hypothèses opérationnelles suivantes :

- **Hypothèse 1** : Le boulier constituera un support visuel et permettra aux élèves dyscalculiques de manipuler afin d'aborder plus simplement les algorithmes de calculs présents dans la résolution de problèmes
- **Hypothèse 2** : L'utilisation du boulier va permettre l'automatisation des procédures de calcul dans la résolution de problèmes.

Ce travail a été réalisé au sein d'une classe de cycle 2 dans une école élémentaire du département d'Eure et Loir (28). Cette école était située en milieu rural. Le groupe pris en charge était composé de quatre filles de cette classe de CE2. Parmi celles-ci, on compte deux élèves dont les procédures de calculs ne sont pas automatisées, une élève dyscalculique et une élève qui ne présente pas de grandes difficultés particulières en mathématiques.

Mon dispositif, le boulier, a donc pris place dans une séquence sur la résolution de problèmes (voir annexe 1). La première séance était consacrée à l'évaluation diagnostique, celle-ci s'est déroulée en deux temps. Dans un premier temps, les élèves devaient résoudre deux problèmes additifs, un de transformation d'état et un de

composition d'état (voir annexe 2). Lors de cette phase, le temps de résolution des problèmes était observé. Ce temps obtenu lors de l'évaluation diagnostique a servi de temps repère afin de le comparer à celui obtenu lors de l'évaluation finale. Dans un second temps, j'ai réalisé un entretien semi-directif lors duquel j'ai posé des questions aux élèves dans le but de repérer leurs difficultés et de les faire verbaliser leurs procédures. Cet entretien s'inscrit donc dans une étude qualitative. Les réponses obtenues lors de cet entretien m'ont également permis d'ajuster mes séances suivantes afin de travailler plus particulièrement sur les difficultés repérées.

C'est lors de la deuxième séance que le boulier a été introduit aux élèves. Cette séance constituait une séance de découverte et de recherche sur le boulier. En effet, le boulier a été présenté aux élèves, cette phase a ensuite été suivie d'une série de questions dans le but de faire deviner à quoi sert le boulier. Puis dans la deuxième partie de séance, nous avons commencé le travail de représentation des nombres et de calcul avec le boulier.

Lors de la troisième séance, nous avons travaillé sur le calcul mental à l'aide du boulier. En effet, le but étant de créer des automatismes de manipulation mentale en passant par la manipulation physique, il est important de travailler dans un premier lieu le calcul : « La pratique quotidienne du calcul mental conforte la maîtrise des nombres et des opérations et permet l'acquisition d'automatismes procéduraux. » (11)

Lors des séances quatre et cinq, nous avons continué de travailler le calcul mental avec le boulier en début de séance. Puis dans une seconde partie, les élèves ont commencé le travail sur la résolution de problèmes additifs (uniquement transformation d'état et composition d'état) à l'aide du boulier.

Pour finir, la sixième séance était celle de l'évaluation finale (voir annexe 3), elle avait pour but d'analyser si des progrès étaient constatables après une séquence de pratique avec le boulier. À l'image de l'évaluation diagnostique, celle-ci s'est déroulée en deux phases. Une première phase d'évaluation dans laquelle les mêmes problèmes que ceux de l'évaluation diagnostique étaient proposés aux élèves, seules les données étaient différentes. Lors de cette évaluation, les élèves ne pouvaient pas se servir du boulier, le but étant d'observer si elles avaient réussi à créer des automatismes de

manipulation mentale après être passées par la manipulation physique. Lors de cette phase, le temps a également été observé : si elles mettent moins de temps à résoudre les problèmes que lors de l'évaluation diagnostique, possiblement, des automatismes se sont créés. Puis, lors de la seconde phase un entretien semi-directif a eu lieu, lors duquel des questions similaires au premier entretien ont été posées aux élèves afin d'analyser si les difficultés repérées ont été surmontées.

b. Constats après l'évaluation diagnostique

Dans cette partie et pour le reste du mémoire nous nommerons les élèves de la façon suivante : élèves A et B pour les élèves n'ayant pas les procédures de calcul automatisées, élève C pour l'élève ne présentant pas de difficultés particulières en mathématiques et élève D pour l'élève dyscalculique.

Reprenons maintenant les problèmes donnés aux élèves lors de l'évaluation diagnostique. Le premier problème était un problème de composition d'état où les élèves recherchaient le tout. Le second problème était, quant à lui, un problème de transformation d'état où les élèves devaient rechercher la transformation.

Ces deux problèmes ont été donnés aux élèves. L'élève A ayant de grandes difficultés en lecture, nous avons donc fait la lecture des consignes en collectif puis les élèves ont travaillé en autonomie. Le temps étant observé, voici les résultats obtenus :

- **Élève A** : 9 min 50s
- **Élève B** : 11 min 8s
- **Élève C** : 9 min 33s
- **Élève D** : 9 min 45s

Ces temps correspondent au temps que les élèves ont mis à résoudre les deux problèmes. Avec les résultats obtenus, nous observons que les temps sont proches les uns des autres et que l'élève dyscalculique n'est pas l'élève qui a mis le plus de temps à résoudre ces problèmes. Cependant, les élèves étaient installées en ilot, elles pouvaient donc regarder les unes sur les autres et voir quelles opérations leurs camarades étaient en train d'effectuer, ce qui peut expliquer ce faible écart entre les

temps obtenus. Au niveau des résultats des calculs, chaque élève a réussi un problème sur les deux proposés. Les erreurs viennent souvent du fait que les élèves ont choisi la mauvaise opération à effectuer (voir annexe 4), donc certainement dû à une mauvaise compréhension du problème (voir annexe 5).

En ce qui concerne les procédures utilisées par les élèves, celles-ci ont été abordées lors de l'entretien semi-directif. Il en ressort que les élèves plus en difficultés comptent sur leurs doigts ou alors utilisent des dessins sur leurs feuilles pour se repérer dans leurs calculs. Elles possèdent toutes des stratégies différentes. Il en ressort également une grosse difficulté au niveau de la soustraction. En effet, pour les élèves présentes, il est possible de soustraire 29 à 17 en « ajoutant des retenues » (voir annexe 5), on remarque donc que la procédure de la soustraction n'est pas encore acquise en ce début de séquence.

À partir de cette évaluation diagnostique, résolution de problèmes puis entretien semi-directif, des difficultés ont été repérées chez toutes les élèves. C'est donc sur ces difficultés de calcul que nous avons travaillé en priorité avec les élèves.

c. Difficultés rencontrées lors de la mise en place

Lors de la mise en place de mon dispositif et en amont de celui-ci, j'ai été confrontée à certaines difficultés auxquelles j'ai dû faire face afin de mener à bien mon expérimentation. Ces difficultés n'ont pas seulement été d'ordre pratique mais également au niveau des apprentissages des élèves. Dans cette partie, toutes ces difficultés seront détaillées.

Trouver des élèves dyscalculiques

La première difficulté rencontrée dans la mise en place de mon dispositif a été de trouver une classe avec un élève dyscalculique. En effet, pendant mes recherches, suite à différents échanges avec plusieurs professeurs des écoles, le constat était le

même : beaucoup d'élèves rencontrent des difficultés en mathématiques voire parfois de grosses difficultés mais sont rarement diagnostiqués dyscalculiques.

Choix des élèves

Une fois l'élève dyscalculique trouvée, il était préférable de chercher d'autres élèves au cas où l'élève dyscalculique partirait en cours d'année. De plus l'avantage de travailler avec des élèves ayant des profils différents a permis de voir si mon dispositif pouvait s'étendre et être utilisé avec d'autres élèves. Cela m'a également permis de comparer l'efficacité de ce dispositif en fonction des niveaux des élèves. Cependant, travailler avec des niveaux différents a pu me mettre en difficulté dans mon enseignement. En effet, lors de mes séances certaines élèves résolvaient les problèmes plus rapidement que les autres et se retrouvaient donc à attendre que le groupe ait terminé. J'ai donc adapté mon enseignement et prévu des calculs ou des problèmes supplémentaires pour les plus rapides.

Environnement de travail

Concernant l'environnement de travail, nous étions installées au fond de la classe en ilot. Nous étions donc dans une classe qui travaillait en même temps que nous sur d'autres sujets. L'enseignant essayait un maximum de mettre les autres élèves en autonomie pour que je puisse travailler avec les élèves concernées. Néanmoins, il arrivait parfois que la classe ne soit pas calme et que mes élèves soient déconcentrées. J'ai donc rencontré des difficultés à recentrer les élèves lors de certaines séances.

Lien entre le boulier et la résolution de problèmes

Au début de la séquence, nous avons beaucoup travaillé le calcul mental énoncé à l'oral puis nous sommes passées sur la résolution de problèmes. C'est à ce moment de la séquence que l'élève D dyscalculique, a commencé à rencontrer des difficultés avec le boulier. En effet, elle n'arrivait pas à faire le lien entre le calcul inscrit sur sa feuille et le boulier. Elle ne parvenait pas à comprendre que le boulier était un outil d'aide à sa disposition pour faire son calcul et résoudre le problème en question.

3. Résultats

Dans cette partie, nous allons recenser les résultats obtenus pour chaque hypothèse après une séquence de travail avec le boulier. Ils nous permettront alors d'affirmer ou infirmer chaque hypothèse opérationnelle émise pour ce travail.

a. Résultat de l'hypothèse 1

Hypothèse 1: *Le boulier constituera un support visuel et permettra aux élèves dyscalculiques de manipuler afin d'aborder plus simplement les algorithmes de calculs présents dans la résolution de problèmes.*

Les résultats obtenus pour cette hypothèse ont été collectés lors de l'entretien semi-directif. En effet, lors de celui-ci, il est ressorti plusieurs fois que le boulier a aidé les élèves à calculer plus rapidement et donc rendre plus simple le calcul demandé.

Moi : Est-ce que c'était plus facile de résoudre les problèmes quand vous aviez le boulier ?

Toutes : Oui

Moi : Pourquoi vous pouviez compter plus vite ?

Élève D : Parce qu'on pouvait compter de 10 en 10.

Élève B : C'est plus facile parce que par exemple si on fait 100 moins quelque chose, on n'est pas obligé de compter sur nos doigts.

Élève A : J'aimais bien le boulier parce que ça nous aidait à calculer plus vite et aussi quand tu as les boules tu as juste à les pousser pour réussir à trouver le bon résultat

Extrait de l'entretien semi directif n°2 (voir annexe 6)

Dans cet extrait, nous observons que grâce à la manipulation du boulier tout le long de la séquence, le calcul a été rendu plus simple grâce au développement de stratégies de calcul.

Par ailleurs, lors de l'évaluation diagnostique une difficulté au niveau de la soustraction avait été repérée. Cette difficulté a donc été abordée lors de l'entretien avec l'élève en question :

Moi : Peut-on faire $19-27$?

Élève C et élève B : Oui

Élève D : Non

Moi : Expliquez-moi.

Élève B : Si on pose en colonne oui on peut le faire

Moi : D'accord et si je te donne le boulier, et que je te demande de faire $19-27$, est ce que tu vas pouvoir le faire ?

Élève B : Bah je vais pouvoir faire $19+27$

Moi : Oui mais est-ce que tu peux faire une soustraction ?

Élève B : Bah si on met 27 et on fait moins 19 oui.

Extrait de l'entretien semi directif n°2 (voir annexe 6)

Avec cet extrait, on observe que la difficulté n'a pas encore été surmontée chez toutes les élèves. En effet, l'élève B est capable de se rendre compte qu'on ne peut pas soustraire 27 à 19 en s'imaginant le boulier. Cependant, lorsque l'on pose la soustraction, elle pense encore qu'en « ajoutant des retenues » on peut résoudre la soustraction en question. La difficulté n'a donc pas complètement été surmontée.

On peut donc conclure qu'en présence du boulier, les élèves calculent plus rapidement, cela leur permet donc d'aborder plus simplement les calculs lors de la résolution d'un problème. L'hypothèse est donc validée. Néanmoins, lorsque l'on retire le boulier, une élève rencontre encore des difficultés pour la soustraction.

Par ailleurs, Il faut prendre en compte un paramètre important. En effet, les élèves ont effectué l'entretien toutes ensemble. Cela leur a permis de rebondir sur ce que leurs camarades disaient. Leurs propos ont donc pu être influencés par ceux des

autres élèves. Si les entretiens avaient été réalisés individuellement, les résultats obtenus auraient certainement été différents.

b. Résultat de l'hypothèse 2

Hypothèse 2 : *L'utilisation du boulier va permettre l'automatisation des procédures de calcul dans la résolution de problèmes.*

Les résultats pour cette hypothèse ont été obtenus grâce à l'évaluation finale. Étant similaire à l'évaluation diagnostique, elle a été réalisée dans les mêmes conditions que celle-ci. C'est-à-dire en ilot au fond de la classe mais cette fois-ci avec des classeurs entre chaque élève afin qu'elles ne puissent pas copier les unes sur les autres. Les consignes ont été lues par une des élèves puis elles ont travaillé en autonomie. À la fin de l'évaluation, les temps suivants ont été relevés :

- **Élève A** : 4 min 25s
- **Élève B** : 4 min 12s
- **Élève C** : 4 min 30s
- **Élève D** : 4 min 25s

Lorsque l'on compare ces résultats à ceux obtenus lors de l'évaluation diagnostique, on obtient le graphique suivant :

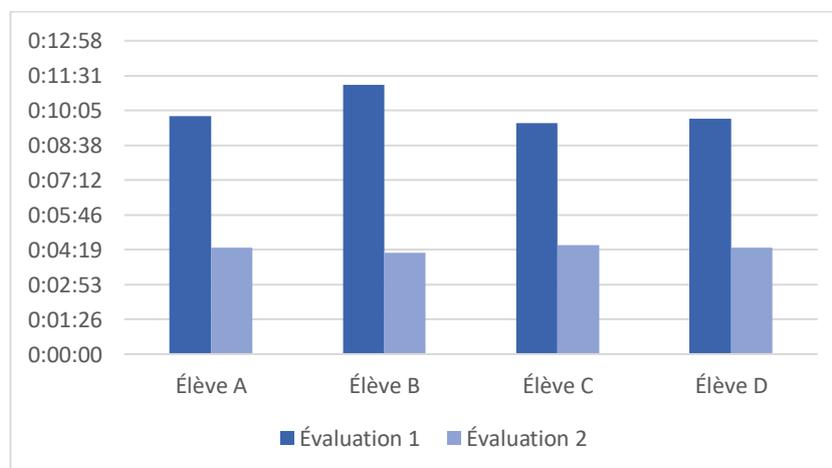


Figure 11 : Histogramme de comparaison des temps de résolution de problèmes des deux évaluations

On observe donc sur ce graphique une baisse considérable du temps mis par les élèves à résoudre les problèmes. Pour l'élève A, il y a une diminution du temps de 5 min 25 s, ce qui représente une baisse d'environ 55% du temps initial. Pour l'élève B, il y a une diminution de 6 min 56 s, ce qui représente une baisse d'environ 62% du temps initial. Pour l'élève C, il y a une diminution de 5 min 03 s, ce qui représente une baisse d'environ 53% du temps initial. Pour l'élève D, il y a une diminution de 5 min 20 s, ce qui représente une baisse d'environ 54% du temps initial. En moyenne sur les quatre élèves on observe donc une baisse de 56% des temps initiaux de résolution de problèmes. Si le temps de résolution a baissé c'est en partie parce que des automatismes se sont créés. Cela nous permet d'avoir une première approche quant à l'affirmation de l'hypothèse.

En ce qui concerne les résultats obtenus pour la résolution des problèmes, pour les élèves A, B et C, la résolution et les opérations ont été réalisées correctement, il n'y a pas eu d'erreurs. Cependant, pour l'élève D, seulement le premier problème a été réalisé correctement, pour le second, l'opération a mal été choisie.

D'autre part, lors de l'entretien avec les quatre élèves il est ressorti que, suite à la manipulation avec le boulier pendant la séquence, certaines élèves ont commencé à créer quelques automatismes :

Moi : Est-ce que justement le travail avec le boulier ne vous a pas aidé à ne pas vous perdre dans votre tête ?

Élève D : Bah moi je trouve que ça m'a aidé parce que j'ai plus besoin de compter sur mes doigts ou d'avoir le sous-main que j'ai en classe.

Extrait de l'entretien semi directif n°2 (voir annexe 6)

Il en ressort donc que cette élève a réussi à créer des automatismes qui, aujourd'hui, lui permettent de faire des calculs simples sans l'aide d'outils.

En ce qui concerne l'élève A, elle a également réussi à créer des automatismes :

Moi : Qu'est-ce qui vous a aidé dans le boulier ?

Élève A : Parce que en fait moi je fais semblant qu'il y a le boulier et du coup à chaque fois je fais ça dans ma tête et ça m'aide.

Extrait de l'entretien semi directif n°2 (voir annexe 6)

Cette élève reproduit la manipulation physique qu'elle a pratiquée lors des séances avec le boulier en manipulation mentale. En effet, elle s'imagine le boulier pour résoudre son calcul dans sa tête. C'était ce qu'évoquait les études de Hanato et Osawa en 1983 et de Hanakawa en 1999 : « l'entraînement physique au calcul avec un boulier, suivi d'une simulation mentale de l'utilisation du boulier, est de nature à favoriser par la suite la réalisation de calculs mentaux complexes en l'absence de mouvements » (5). Il faut noter également que l'élève A avait déjà utilisé le boulier auparavant, ce qui explique certainement pourquoi elle est arrivée à ce stade d'abstraction et d'automatisation contrairement aux autres élèves.

Reprenons les résultats obtenus pour l'élève D, élève dyscalculique. Son temps initial de résolution a diminué de 54% et elle ne se sert plus des aides qu'elle avait à disposition en classe pour résoudre ses calculs. Des automatismes se sont bien créés grâce au travail avec le boulier. Cependant, la séquence étant axée sur la résolution de problèmes et plus particulièrement des problèmes de composition de deux états et de transformation d'états, c'est donc exclusivement ce type de problèmes que les élèves ont travaillé lors de celle-ci. Elle a donc été entraînée, les procédures étaient connues lors de l'évaluation finale, ce qui a certainement facilité la résolution des problèmes.

Lorsque l'on met en lien l'évaluation finale et l'entretien, nous observons que les procédures de calcul se sont automatisées lors de cette séquence sur la résolution de problèmes avec le boulier et plus particulièrement chez l'élève dyscalculique. L'hypothèse est donc validée.

Néanmoins, des biais sont à prendre en compte pour ces résultats. En effet, l'évaluation finale n'a pas été passée au même moment que l'évaluation diagnostique, l'évaluation diagnostique a été réalisée un mardi après-midi avant les vacances et la finale un vendredi après-midi en milieu de période. La fatigue des élèves avant les vacances a pu jouer dans les résultats de l'évaluation diagnostique.

De plus, les évaluations étaient constituées des mêmes problèmes avec des données différentes mais les élèves ont pu se souvenir des procédures qu'elles avaient utilisées. C'est ce que l'élève A évoque dans l'entretien : « Je me souvenais que le premier problème c'était des plus et après des moins » (voir annexe 6). La résolution était donc plus simple pour cette élève.

III. Partie professionnalisante

1. Comment rendre le dispositif plus efficace si c'était à refaire ?

Après la mise en place de ma séquence avec les élèves et l'analyse de celle-ci, quelques points pourraient être à modifier si je devais le remettre en place en classe afin de rendre mon dispositif plus efficient. Dans un premier temps, il serait idéal d'ajouter des séances à celle-ci. En effet lors de cette séquence, les élèves ont pu pratiquer seulement quatre séances ce qui semble trop peu, au vu des résultats, pour créer de vrais automatismes de calcul. L'idéal aurait été de faire six séances de pratique et deux d'évaluation donc une séquence de huit séances. En rajoutant ces deux séances, les élèves auraient pu travailler davantage sur la résolution de problèmes afin de réussir à créer un lien entre celle-ci et le boulier. Effectivement, c'est sur ce point que les élèves ont rencontré le plus de difficultés. De plus, après la séquence, le plus optimal aurait été de retourner dans la classe à la période suivante afin d'évaluer les élèves une troisième fois pour vérifier si les automatismes persistent dans le temps. Néanmoins, ayant mis du temps à trouver une école pour m'accueillir, le temps que j'avais à disposition ne m'a pas permis de pouvoir réaliser cette séquence.

Par ailleurs, il aurait été intéressant de travailler avec plusieurs élèves dyscalculiques car ici, le dispositif a fonctionné pour cette élève mais il se peut qu'il ne fonctionne pas sur d'autres élèves dyscalculiques. C'est pour cette raison que travailler avec plusieurs élèves dyscalculiques aurait permis d'avoir des résultats plus proches de la réalité.

Il aurait été aussi intéressant et plus efficace de réaliser cette expérimentation sur toute l'année scolaire. L'utilisation du boulier aurait pu être élargie à tous les types de résolution de problèmes additifs mais également à d'autres sous domaines des mathématiques. En effet, en élargissant son utilisation et en manipulant le boulier à l'année, les élèves réussiraient certainement à créer des automatismes de manipulation et donc également de calcul mental.

2. Réinvestissement dans un autre cycle

Les élèves de cycle 1 sont rarement diagnostiqués dyscalculiques, mon dispositif pourrait donc prendre place avec des élèves dyscalculiques dans une classe de cycle 3. En effet, il pourrait être mis en place auprès d'élèves de CM1 ou de CM2. La même séquence pourrait être proposée dans un premier temps aux élèves, les problèmes additifs étant également travaillés en cycle 3 : « Les problèmes proposés au cycle 3 permettent d'enrichir le sens des opérations déjà abordées au cycle 2 et d'en étudier de nouvelles. » (12). Cependant, au cycle 3, les élèves sont confrontés à de plus grands nombres, le boulier ne pourra donc pas être utilisé de la même manière qu'au cycle 2 tout au long de la séquence.

Tout d'abord, pour appréhender le boulier, des calculs simples pourront être effectués avec celui-ci lors de la première séquence. Des premiers automatismes pourront donc être créés lors de celle-ci. Puis lors des séquences suivantes, des problèmes avec des plus grands nombres devront être introduits afin de répondre aux attendus de cycle 3. Pour cela, le boulier sera utilisé de façon à ce que chaque boule ait une valeur selon sa position : première ligne celle des unités, seconde ligne celle

des dizaines... En utilisant le boulier de cette façon, cela permettra aux élèves de poser leurs algorithmes complexes sur celui-ci et de les résoudre en manipulant. À force de manipulation, l'abstraction se créera sur le modèle de la séquence réalisée avec les élèves de cycle 2.

3. Les autres dispositifs qui pourraient être utilisés avec des élèves dyscalculiques

Le dispositif a fonctionné avec les élèves de cette classe cependant, il se peut que d'autres élèves soient plus à l'aise avec d'autres dispositifs. Le boulier permettant la manipulation et la visualisation, l'objectif est de trouver également d'autres dispositifs réunissant ces deux paramètres afin d'arriver à l'automatisation du calcul chez les élèves. Deux dispositifs se prêtent particulièrement à ces deux objectifs.

Dans un premier temps, les **réglettes Cuisenaires** (figure 12) pourraient être utilisées avec les élèves. Ce sont des petites réglettes en bois avec lesquelles les élèves pourront travailler le calcul tout en manipulant. Les réglettes sont de couleurs différentes et chaque couleur correspond à un nombre entre un et dix.

À force d'utilisation, les élèves associeront les nombres aux différentes couleurs, automatiseront leurs manipulations afin d'atteindre l'abstraction et d'automatiser leurs manipulations mentales. Les élèves pourront donc s'en servir dans un premier temps pour représenter des nombres puis pour calculer, ces réglettes permettant de réaliser les quatre opérations.

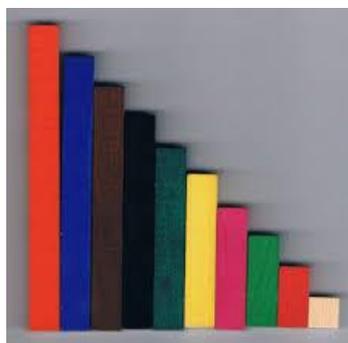


Figure 12 : Réglettes Cuisenaires

Par ailleurs, les **perles à compter** (figure 13), aussi appelées perles Montessori, vont également être un dispositif pouvant aider les élèves dyscalculiques. En effet, ce sont des perles de couleurs, sur le modèle des réglettes Cuisenaires, chaque couleur correspond à un nombre entre un et dix. Les élèves pourront donc également créer des automatismes d'association de couleur aux nombres puis passer au calcul avec ces perles. Pour calculer avec ces perles, un support existe afin de les emboîter les unes aux autres pour rendre les calculs plus simples. Les quatre opérations sont également réalisables avec ces perles.



Figure 13 : Perles à compter

Ces dispositifs peuvent donc être proposés aux élèves dyscalculiques afin de les aider en calcul et pallier leurs difficultés. Ils permettront, manipulation et visualisation pour mener à l'abstraction et l'automatisation.

Conclusion

Ce travail de recherche a permis dans un premier temps d'étudier la dyscalculie comme trouble des apprentissages en mathématiques. Au travers de différents textes scientifiques, nous avons pu en dégager les principales causes. Ce qui a conduit notre réflexion vers un dispositif pouvant aider les élèves dyscalculiques : le boulier. Ce mémoire avait donc pour but de répondre à la problématique suivante : en quoi le boulier est-il une aide pour les élèves dyscalculiques ?

Deux hypothèses ont été émises pour guider ce travail. En effet, le boulier peut constituer un support visuel et permettre aux élèves dyscalculiques de manipuler afin d'aborder plus simplement les algorithmes de calculs. De surcroit, l'utilisation du boulier peut permettre l'automatisation des procédures de calcul chez les élèves dyscalculiques.

Pour répondre à ces hypothèses de recherche, le dispositif intervient au sein d'une séquence sur la résolution de problèmes additifs. Ce travail d'expérimentation est venu compléter le travail de recherche effectué en première partie et a permis d'obtenir une réponse à la problématique posée. En effet, après l'expérimentation en classe et les évaluations mises en place pour mesurer l'efficacité du boulier, il s'est avéré que celui-ci était efficace auprès d'élèves dyscalculiques mais aussi auprès d'élèves en difficultés en mathématiques. De manière générale, les deux hypothèses de recherches de ce travail ont été vérifiées. Nous pouvons alors répondre favorablement à notre problématique de départ et dire que le boulier constitue un support visuel qui permet la manipulation et mène les élèves vers l'automatisation du calcul.

Cette expérimentation avec le boulier pourrait être complétée par une observation particulière des attitudes des élèves dyscalculiques. En effet, il serait intéressant d'étudier l'évolution de celles-ci au cours de leurs apprentissages mathématiques et plus particulièrement l'évolution de l'estime de soi de ces élèves.

Table des illustrations

Figure 1 : Tableau recensant les différentes études de prévalence de la dyscalculie (1)	8
Figure 2 : Schématisation d'un abaque (10)	13
Figure 3 : Boulier chinois (suanpan) (4)	14
Figure 4 : Boulier Japonais (soroban) (9)	15
Figure 5 : Boulier russe traditionnel (9)	15
Figure 6 : Boulier russe pour l'enseignement (9)	16
Figure 7 : Compléments à 10 sur un boulier (9)	17
Figure 8 : Représentation du chiffre 0,13 à l'aide du boulier (6)	18
Figure 9 : Schéma général de la composition de deux états	23
Figure 10 : Schéma général de la transformation d'état	23
Figure 11 : Histogramme de comparaison des temps de résolution de problèmes des deux évaluations.....	30
Figure 12 : Réglettes Cuisenaires	35
Figure 13 : Perles à compter	36

Tables des annexes

Annexe 1 : Fiche séquence : L'utilisation du boulier avec des élèves dyscalculiques/en difficulté (Cycle 2/CE2)	42
Annexe 2 : Évaluation diagnostique	46
Annexe 3 : Évaluation finale	47
Annexe 4 : Résultats de l'évaluation diagnostique	48
Annexe 5 : Entretien semi-directif n°1	50
Annexe 6 : Entretien semi-directif n°2	52

Bibliographie

(1) Barrouillet, P., Billard, C., de Agostini, M., Démonet, J.-F., Fayol, M., Gombert, J.-E., Habib, M., le Normand, M.-T., Ramus, F., Sprenger-Charolles, L., & Valdois, S. (2017, juillet). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques*. p. 291-326, Inserm. <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01570674/document>

(2) Doyère, C. (2020). *Exploration des habiletés visuo-spatiales chez les enfants dyscalculiques* (Mémoire).

<https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/10785/4/Me%cc%81moire%20final.pdf>

(3) Dyscalculie. (2021). Dans *Le Larousse*.

<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/dyscalculie/27110#:~:text=Difficult%C3%A9%20d%27apprentissage%20du%20calcul,enfants%20d%27%C3%A2ge%20scolaire.>)

(4) Gabarra Lazorthé, K. (2019, 23 décembre). *Les bouliers, des outils pour la classe (partie 1)*. APMEP Île-de-France. Consulté le 10 avril 2022, à l'adresse <https://www.apmep-iledefrance.fr/Les-bouliers-des-outils-pour-la-classe-1re-partie-431>

(5) Khayat, J. (2020, octobre). *Effet du calcul mental et de la comparaison de nombres sur la performance de mouvements complexes* (Thèse). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02955509/document>

(6) Mathésciences31. (2018, 12 juin). Le boulier au cycle 3. *Inspection de l'éducation de Tournefeuille*. Consulté le 21 décembre 2022, à l'adresse <https://edu1d.ac-toulouse.fr/politique-educative-31/ien31-tournefeuille/2018/06/12/le-boulier-au-cycle-3/>

(7) Samier, R., & Jacques, S. (2019). *Neuropsychologie et stratégies d'apprentissage*. Tom pousse.

(8) Toussaint, E. & Le Cam, B. (2017). *Le raisonnement logique : sa place dans les apprentissages et son impact sur la réussite* [Mémoire]. Université de Cergy-Pontoise. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01549091/document>

(9) Vendeira, C. (2017). Un boulier en classe de mathématiques : Oui mais lequel ? *Revue de mathématiques pour l'école*, 227, 5-12. <https://www.revue-mathematiques.ch/files/2614/9977/5278/RME227.pdf#page=5>

(10) Zein, M. (2012). Les jeux sont faits ! Hasard et probabilités. Musée d'histoire des sciences, 9-23. http://institutions.ville-geneve.ch/fileadmin/user_upload/mhn/documents/Musee_histoire_des_sciences/expo_2012_jeux_dp.pdf

Documents officiels :

(11) Ministère de l'Éducation nationale. (2020, juillet). *Programme du cycle 2*. Eduscol. Consulté le 13 avril 2023, à l'adresse https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarite_obligatoire/24/5/Programme2020_cycle_2_comparatif_1313245.pdf

(12) Ministère de l'Éducation nationale. (2020, 30 juillet). *Programme du cycle 3*. Eduscol. Consulté le 20 décembre 2022, à l'adresse https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarite_obligatoire/37/5/Programme2020_cycle_3_comparatif_1313375.pdf

(13) Ministère de l'Éducation nationale. (2021). *Programme d'enseignement de l'école Maternelle*. Eduscol. Consulté le 20 avril 2022, à l'adresse <https://eduscol.education.fr/document/7883/download>

Annexe 1 : Fiche séquence : L'utilisation du boulier avec des élèves dyscalculiques/en difficulté (Cycle 2/CE2)

<u>Partie du programme abordée :</u> Mathématiques, nombres et calculs, résolution de problèmes et calcul mental						
<u>Objectifs de savoir de la séquence :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître l'outil du boulier - Savoir utiliser le boulier - Savoir utiliser le boulier afin de résoudre un problème additif - Automatiser la procédure de calcul additive et soustractive 						
<u>Objectifs de savoir faire</u> <ul style="list-style-type: none"> - Manipuler le boulier - Résoudre un problème 						
<u>Compétences visées</u> <ul style="list-style-type: none"> - Résoudre des problèmes en utilisant des nombres entiers et le calcul - Calculer avec nombres entiers - Mémoriser des faits numériques et des procédures 						
Séance n°	Intitulé de la séance	Problématique	Objectif de savoir	Objectif de savoir-faire	Supports	Activités
1	Évaluation diagnostique				Évaluation diagnostique composée de deux problèmes : un problème de transformation	<u>1^{ère} phase :</u> Présentation de ma séquence aux élèves + objectifs de cette séquence. (5 min) <u>2^{ème} phase :</u> Lecture des problèmes donnés aux élèves en collectif puis réalisation de

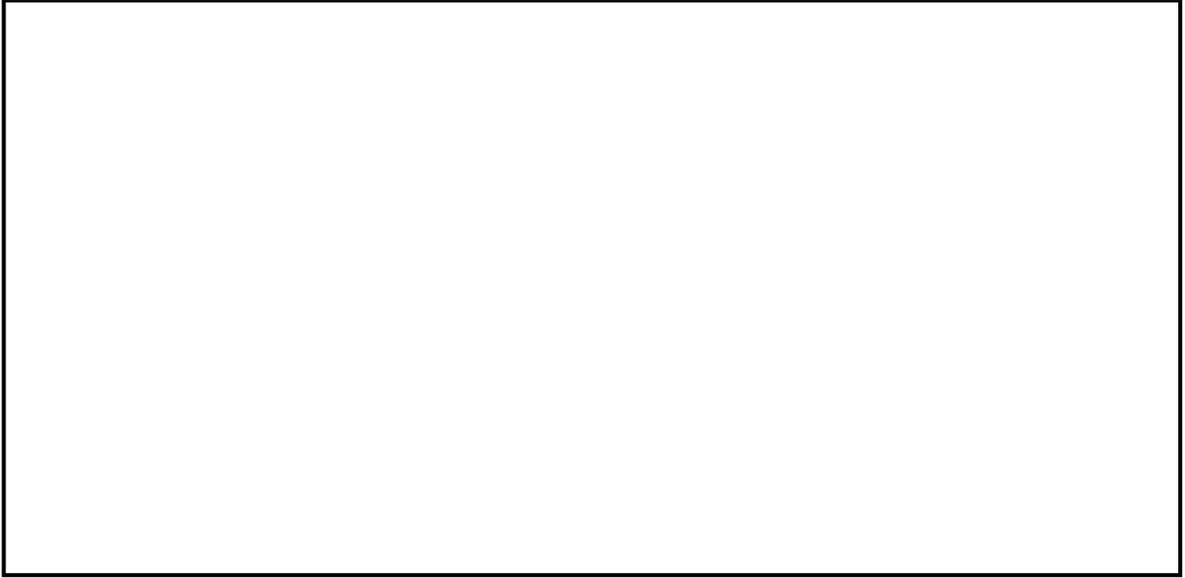
					d'état et un de composition d'état.	l'évaluation par les élèves. (15/20 min)
2	Introduction du boulier	Qu'est-ce que le boulier et à quoi sert-il ?	Connaître l'outil du boulier	Manipuler le boulier	Un boulier pour chaque élève.	<p>1^{ère} phase : Phase de tissage. Rappeler aux élèves le projet et ce qu'on a fait (évaluation diagnostique) (5 min)</p> <p>2^{ème} phase : Phase de recherche. Donner un boulier aux élèves puis poser des questions : « Est-ce que quelqu'un connaît cet objet ? » « À votre avis, à quoi cet objet peut-il servir ? » « Comment l'utiliseriez-vous ? » (10 min)</p> <p>3^{ème} phase : Phase d'expérimentation. Laisser les élèves manipuler seuls le boulier dans un premier temps puis leur demander de représenter quelques nombres avec celui-ci. Puis faire du calcul mental avec eux. J'énonce le calcul et les élèves le réalisent à l'aide du boulier. (10/15 min)</p> <p>4^{ème} phase : Phase de verbalisation. Questionnement sur les procédures qu'elles ont</p>

						utilisées pour calculer avec le boulier. (5 min)
3	L'utilisation du boulier pour agir sur le calcul	Comment utilise-t-on le boulier pour calculer ?	Automatiser la procédure de calcul additive et soustractive Savoir utiliser le boulier	Manipuler le boulier	Un boulier pour chaque élève	<p>1^{ère} phase : Rappel de la séance précédente. « Est-ce que vous vous rappelez l'outil que nous avons utilisé la séance dernière ? » « À quoi servait-il ? » « Qu'avons-nous fait avec celui-ci ? » (5 min)</p> <p>2^{ème} phase : Phase d'entraînement. Continuer le travail sur le calcul mental sous forme de bingo. (20 min)</p> <p>3^{ème} phase : Phase de verbalisation. Retour sur les procédures que les élèves utilisent avec le boulier pour calculer. Échange oral avec des questions. (10/15 min)</p>
4	L'utilisation du boulier dans la résolution de problèmes	Comment utiliser le boulier pour résoudre des problèmes ?	Automatiser la procédure de calcul additive et soustractive Savoir utiliser le boulier	Manipuler le boulier Résoudre un problème	Un boulier pour chaque élève Problèmes de composition d'états et de	<p>1^{ère} phase : Rappel de la séance précédente. (3 à 5 min)</p> <p>2^{ème} phase : Calcul mental sous forme de jeu (bingo). (10 min)</p>

			Savoir utiliser le boulier afin de résoudre un problème additif		transformation d'état	<p>3^{ème} phase : Résolution de problèmes de composition d'état et de transformation d'état avec le boulier. (20 min)</p> <p>4^{ème} phase : Verbalisation sur les procédures utilisées lors de la résolution de problème. (5 min)</p>
5	L'utilisation du boulier dans la résolution de problèmes	Comment utiliser le boulier pour résoudre des problèmes ?	<p>Automatiser la procédure de calcul additive et soustractive</p> <p>Savoir utiliser le boulier</p> <p>Savoir utiliser le boulier afin de résoudre un problème additif</p>	<p>Manipuler le boulier</p> <p>Résoudre un problème</p>	<p>Un boulier pour chaque élève</p> <p>Problèmes de composition d'états et de transformation d'état</p>	<p>1^{ère} phase : Rappel de la séance précédente. (3 à 5 min)</p> <p>2^{ème} phase : Calcul mental sous forme de jeu (bingo). (10 min)</p> <p>3^{ème} phase : Résolution de problèmes avec puis sans le boulier (15 min)</p> <p>4^{ème} phase : Verbalisation sur comment résoudre un problème lorsque l'on a plus le boulier (10 min)</p>
6	Évaluation sommative				<p>Même évaluation que la diagnostique mais avec des données différentes</p>	<p>1^{ère} phase : Présentation de l'évaluation aux élèves</p> <p>2^{ème} phase : Lecture des problèmes donnés aux élèves en collectif puis réalisation de l'évaluation par les élèves. (15/20 min)</p>

Annexe 2 : Évaluation diagnostique

1. Colette participe à une randonnée vélo. Elle parcourt 47 km le matin puis parcourt les 31 km restant l'après-midi. De combien de km était la randonnée ?

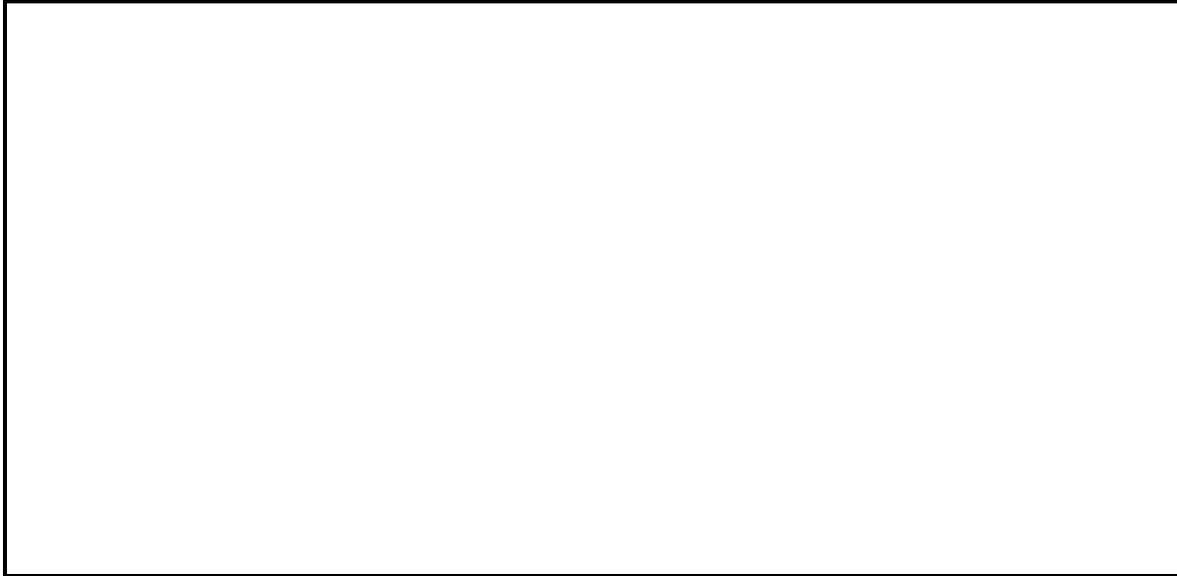


2. Aline avait appris 17 vers de son poème lundi. Mercredi elle en sait 29. Combien a-t-elle appris de vers mardi ?



Annexe 3 : Évaluation finale

1. Colette participe à une randonnée vélo. Elle parcourt 31 km le matin puis parcourt les 40 km restant l'après-midi. De combien de km était la randonnée ?



2. Aline avait appris 12 vers de son poème lundi. Mercredi elle en sait 25. Combien a-t-elle appris de vers mardi ?



Annexe 4 : Résultats de l'évaluation diagnostique

1. Colette participe à une randonnée vélo. Elle parcourt 47 km le matin puis parcourt les 39 km restant l'après-midi. De combien de km était la randonnée ?

$$\begin{array}{r} 1 \\ 47 \\ + 39 \\ \hline 86 \end{array}$$

2. Aline avait appris 17 vers de son poème lundi. Mercredi elle en sait 29. Combien a-t-elle appris de vers mardi ?

$$\begin{array}{r} 1 \\ 17 \\ + 29 \\ \hline 46 \end{array}$$

1. Colette participe à une randonnée vélo. Elle parcourt 47 km le matin puis parcourt les 39 km restant l'après-midi. De combien de km était la randonnée ?

$$\begin{array}{r} ① \\ 47 \\ + 39 \\ \hline 86 \end{array}$$

colette à 86 km en vélos

2. Aline avait appris 17 vers de son poème lundi. Mercredi elle en sait 29. Combien a-t-elle appris de vers mardi ?

$$\begin{array}{r} ① \\ 29 \\ + 17 \\ \hline 46 \end{array}$$

Aline avait 46 vers de son poème

1. Colette participe à une randonnée vélo. Elle parcourt 47 km le matin puis parcourt les 39 km restant l'après-midi. De combien de km était la randonnée ?

$$\begin{array}{r} 47 \\ - 39 \\ \hline 08 \end{array}$$

La longueur de la randonnée est de 08 km.

2. Aline avait appris 17 vers de son poème lundi. Mercredi elle en sait 29. Combien a-t-elle appris de vers mardi ?

$$\begin{array}{r} 29 \\ + 17 \\ \hline 46 \end{array}$$

Aline a appris 12 vers mardi.

1. Colette participe à une randonnée vélo. Elle parcourt 47 km le matin puis parcourt les 39 km restant l'après-midi. De combien de km était la randonnée ?

$$\begin{array}{r} 47 \\ + 39 \\ \hline 86 \end{array}$$

Elle a parcouru 86 km

2. Aline avait appris 17 vers de son poème lundi. Mercredi elle en sait 29. Combien a-t-elle appris de vers mardi ?

$$\begin{array}{r} 107 \\ - 29 \\ \hline 78 \end{array}$$

Annexe 5 : Entretien semi-directif n°1

Moi : Qu'est-ce qui vous a le plus posé problème ?

Élève A : Alors moi il y avait lundi puis mercredi et ensuite mardi alors je n'ai pas compris.

Moi : C'est donc l'énoncé qui t'a posé un problème ?

Élève A : Oui

Moi : Et les autres ?

Élève C : Je n'ai pas au de soucis.

Élève D : Moi non plus pas trop.

Élève C : Moi j'ai bien compris.

Moi : Au niveau des opérations, avez-vous rencontré des difficultés pour les réaliser ?

Élève D : Non pas vraiment mais j'ai quand même compté sur mes doigts au cas où.

Élève A : Oui moi aussi j'ai fait des petits points sur ma feuille.

Moi : Ah oui donc pour la première opération tu as fait 7 petits points puis tu as ajouté 9 petits points et tu as tout compté, c'est ça ?

Élève A : Oui c'est ça.

Moi : Comment avez-vous réalisé vos calculs ?

Élève C : Moi je fais comme si je posais mon calcul dans ma tête. En fait, je vois mon calcul dans ma tête.

Victoire : Moi aussi je fais ça mais je n'arrive pas avec les retenus c'est plus dur.

Élève D : Moi j'ai calculé avec mes doigts parce qu'après je me perds quand je calcule dans ma tête.

Élève A : Moi j'ai fait des petits points sur ma feuille et j'ai compté les petits points pour trouver le résultat du calcul.

Moi : Comment avez-vous résolu 17-29 ?

Élève B : J'ai ajouté des retenues.

Moi : Et si je vous dis que j'ai 2 doigts, est ce que je vais pouvoir en retirer 9 ?

Élève A : Bah oui, tu as juste à ajouter des retenues et tu pourras trouver le résultat.

Moi : Les filles, vous êtes d'accord ?

Élève C : Je ne sais pas.

Élève B : Oui.

Élève D : Je ne sais pas.

Annexe 6 : Entretien semi-directif n°2

Moi : Est-ce que la résolution de problème était plus simple à cette séance ou à la première séance ?

Élève C : À cette séance.

Élève B : À cette séance.

Élève D : Au tout début.

Moi : Pourquoi ?

Élève D : Je ne sais pas.

Élève C : Moi je sais, euh bah là parce que comme on l'avait déjà fait, c'était plus simple là.

Élève B : Euh bah parce qu'on l'a déjà fait et parce que bah je ne sais pas.

Élève A : Moi c'est parce que on l'avait déjà fait et je me souvenais que le premier problème c'était « des plus » et après « des moins ».

Moi : Donc tu te souvenais de la procédure que tu avais utilisée ?

Élève A : Oui je me souviens même du résultat.

Moi : Est-ce que c'était plus facile de résoudre les problèmes quand vous aviez le boulier ?

Toutes : Oui.

Moi : Pourquoi ?

Élève C : Oui parce qu'avec les bouliers on pouvait compter plus vite.

Élève D : Pareil que Chloé.

Moi : Pourquoi vous pouviez compter plus vite ?

Élève D : Parce qu'on pouvait compter de 10 en 10.

Élève B : C'est plus facile parce que par exemple si on fait 100 moins quelque chose, on n'est pas obligé de compter sur nos doigts.

Élève C : Ah oui ça c'est bien, on s'économise nos doigts.

Élève A : J'aimais bien le boulier parce que ça nous aidait à calculer plus vite et aussi quand tu as les boules t'as juste à les pousser pour réussir à trouver le bon résultat.

Moi : Est-ce que le travail avec le boulier que l'on a fait avant vous a aidé à résoudre vos problèmes maintenant ?

Élève C : Oui je pense parce que c'est mieux avec le boulier.

Élève B : Non ce n'était pas plus facile parce que j'essaie de compter dans ma tête bah je me perds.

Moi : Est-ce que justement le travail avec le boulier ne vous a pas aidé à ne pas vous perdre dans votre tête ?

Élève B : Ça m'a aidé à calculer plus vite quand j'avais le boulier.

Élève D : Bah moi je trouve que ça m'a aidé parce que j'ai plus besoin de compter sur mes doigts ou d'avoir le sous-main que j'ai en classe.

Moi : Donc maintenant tu n'utilises plus ton sous-main ?

Élève A : Moi encore un petit peu.

Élève D : Non je ne l'utilise plus beaucoup.

Moi : Qu'est-ce qui vous a aidé dans le boulier ?

Élève A : Parce que en fait moi je fais semblant qu'il y a le boulier et du coup à chaque fois je fais ça dans ma tête et ça m'aide.

Élève D : Moi je réfléchis d'abord dans ma tête.

Moi : Peut-on faire 19-27 ?

Élève C : Oui.

Élève B : Oui.

Élève D : Non.

Moi : Expliquez-moi.

Élève B : Si on pose en colonne oui on peut le faire.

Moi : D'accord et si je vous donne votre boulier, pouvez-vous le faire ?

Élève A : Bah non on peut faire que 27-19.

Élève B : Bah oui bah ça fait pareil c'est le même résultat.

Moi : Si je vous donne le boulier, et que je vous demande de faire $19-27$, est ce que vous allez pouvoir le faire ?

Élève B : Bah je vais pouvoir faire $19+27$.

Moi : Oui mais est-ce que tu peux faire une soustraction ?

Élève B : Bah si on met 27 et on fait moins 19 oui.

Moi : Et dans ton problème aujourd'hui, est-ce que tu as réussi à faire $12-25$?

Élève B : Non je n'ai pas réussi.

Élève D : C'est normal, on fait $25-12$.

Moi : Pourquoi on fait $25-12$ et pas $12-25$?

Élève D : Parce que 12 c'est plus petit que 25.

Élève B : Mais si on peut !

Moi : Montre-moi comment tu fais.

Élève B : Je pose la soustraction et j'ajoute des retenues. Ah bah non je n'arrive pas. Il faudrait qu'à la place du 1 ce soit un 3 pour pouvoir résoudre.

Moi : Ah oui donc faire $32-25$ c'est ça ?

Élève B : Oui c'est ça donc le plus grand en haut.

Lisa QUITERIO

L'utilisation du boulier pour les élèves dyscalculiques

Résumé (200 mots) :

Ce travail de recherche est centré sur les élèves dyscalculiques en classe. En effet, ces élèves rencontrent de grosses difficultés en mathématiques dues à leur trouble qui peut rapidement les faire décrocher de leurs apprentissages. Pour éviter cela, des outils peuvent leur être proposés afin de les aider au quotidien dans leurs apprentissages mathématiques. Ici, le boulier est apparu comme solution pertinente pour ces élèves. Ce mémoire cherche donc à savoir en quoi le boulier est une aide pour les élèves dyscalculiques. Afin de répondre à cette problématique et d'évaluer l'efficacité du boulier sur les apprentissages mathématiques des élèves dyscalculiques, une expérimentation a été menée auprès de quatre élèves de CE2. Cette expérimentation porte sur la résolution de problèmes additifs et l'automatisation du calcul grâce à l'utilisation du boulier. Nous observons alors que l'utilisation de ce dispositif est pertinente pour les élèves dyscalculiques après cette séquence.

Mots clés (5 maximum) : Dyscalculie – Boulier – Mathématiques – Résolution de problèmes – Calcul

Abstract (200 words):

This research focuses on dyscalculic students. In fact, these students have great difficulties in mathematics because of their disorder, which can quickly make them drop out of their learning. To avoid this, we can offer tools to the students to help them in their daily mathematical learning. Here, the abacus appeared as a relevant solution for these students. The problem raised here is to know how the abacus can help the dyscalculic students. To respond to this problem and to evaluate the effectiveness of the abacus on the mathematical learning of dyscalculic students, an experiment was conducted with four 3rd grade students. This experiment is about solving additive problems and automating the calculation using the abacus. We observe that the use of this device is relevant for dyscalculic students after this unit.

Keywords (5 maximum): Dyscalculia – Abacus – Mathematics – Solving problems - Calculation