McGill Journal of Education
Revue des sciences de l'éducation de McGill

La résolution des problèmes écrits : l’étude auprès d’une élève présentant une dyslexie
Word Problem-Solving: The Case of a Student with Dyslexia

Ildiko Pelczer, Elena Polotskaia and Olga Fellus

Volume 55, Number 2, Spring 2020

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1077971ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1077971ar

See table of contents

Publisher(s)

Faculty of Education, McGill University

ISSN

1916-0666 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Pelczer, I., Polotskaia, E. & Fellus, O. (2020). La résolution des problèmes écrits : l’étude auprès d’une élève présentant une dyslexie. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, *55*(2), 326–351. https://doi.org/10.7202/1077971ar

Article abstract

In our previous studies, we developed an approach to teaching problem-solving we termed Equilibrated Development that allows students to better understand the quantitative relationships that arise in a mathematical problem and to better choose a solution strategy. We used the method of a teaching experiment to evaluate the applicability of the developed approach to cases of students with dyslexia and to modify it, if necessary, to meet these students’ needs. Our data suggest that: a) the understanding of the mathematical structure of a problem is independent of the student's basic numerical knowledge, and b) there are conditions that allow a dyslexic student to develop mathematical reasoning to solve written problems despite difficulties in reading and writing of numbers and text.

LA RÉSOLUTION DES PROBLÈMES ÉCRITS : L'ÉTUDE AUPRÈS D'UNE ÉLÈVE PRÉSENTANT UNE DYSLEXIE

ILDIKO PELCZER *Université Concordia*

ELENA POLOTSKAIA *Université du Québec en Outaouais*

OLGA FELLUS *Université d'Ottawa*

RÉSUMÉ. Dans nos projets antérieurs, nous avons développé une approche à l'enseignement de résolution de problèmes écrits permettant aux élèves de mieux comprendre les relations quantitatives qui se présentent dans un problème et ainsi de mieux planifier leur démarche de résolution. Nous avons utilisé la méthode de l'entretien d'enseignement pour tester l'applicabilité de l'approche dans le cas d'élèves ayant une dyslexie développementale. Nous présentons certains résultats d'expérimentation auprès d'un élève particulier. Nos données suggèrent que : a) la compréhension de la structure mathématique d'un problème est indépendante de la connaissance numérique de base de l'élève, et b) il existe des conditions permettant à l'élève de saisir les relations quantitatives malgré certaines difficultés associées à une dyslexie et une dyscalculie.

WORD PROBLEM-SOLVING: THE CASE OF A STUDENT WITH DYSLEXIA

ABSTRACT. In our previous studies, we developed an approach to teaching problem-solving we termed Equilibrated Development that allows students to better understand the quantitative relationships that arise in a mathematical problem and thus to better choose a solution strategy. We used the method of a teaching experiment to evaluate the applicability of the developed approach to cases of students with dyslexia and to modify it, if necessary, to meet these students' needs. Our data suggest that: a) the understanding of the mathematical structure of a problem is independent of the student's basic numerical knowledge, and b) there are conditions that allow a dyslexic student to develop mathematical reasoning to solve written problems despite difficulties in reading and writing of numbers and text.

La résolution de problèmes et le développement du raisonnement mathématique au primaire sont le sujet de nombreuses recherches en didactique des mathématiques. D'une part, le succès dans la résolution est souvent vu comme indicateur de bonne connaissance en mathématique (Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport [MELS], 2001). D'autre part, l'activité de résolution est reconnue comme un moyen indispensable dans le développement du raisonnement mathématique des élèves (Westwood, 2011).

Toutefois, nombreux sont les élèves présentant des difficultés significatives dans la résolution des problèmes écrits au primaire (Jupri et Drijvers, 2016). Dans les cas d'élèves présentant une dyslexie, une dyspraxie, un déficit d'attention, etc., on observe souvent des difficultés accrues en mathématique incluant en résolution de problème (Theis et coll., 2014). Malheureusement, peu nombreuses sont les recherches concernant l'enseignement de la résolution de problèmes aux élèves ayant des troubles d'apprentissage spécifiques (Mancl, 2011; Neef et coll., 2003). En ce qui concerne la dyslexie, nous n'avons trouvé aucune publication sur l'enseignement de la résolution de problèmes au début du primaire. Notre recherche peut donc répondre à ce besoin spécifique des spécialistes scolaires et chercheurs en proposant une approche novatrice.

La dyslexie développementale est un trouble d'apprentissage qui se manifeste, entre autres, par une grande difficulté en lecture et/ou écriture (Fédération des syndicats de l'enseignement [FSE], 2013). La dyslexie est largement étudiée du point de vue de ses caractéristiques comportementales observables et plusieurs sous-types y sont identifiés (FSE, 2013). La recherche (Deshaies et coll., 2015; Peters et coll., 2018) démontre qu'un trouble de lecture et d'écriture des nombres à plusieurs chiffres accompagne souvent la dyslexie. Le comptage et le calcul peuvent aussi être affectés par un trouble phonologique (Simmons et Singleton, 2008). Le terme dyscalculie est utilisé pour identifier les troubles associés aux nombres et au sens de nombres. Toutefois, il n'existe pas une définition claire de la dyscalculie (FSE, 2013). Son lien avec la dyslexie n'est pas clair non plus. La recherche récente en neuroscience (Deshaies et coll., 2015; Peters et coll., 2018) suggère que ce groupe de troubles ayant des caractéristiques observables variées a toutefois un même profil quant au fonctionnement du cerveau (mesuré par Résonance magnétique fonctionnelle (fMRI)). Dans notre texte, nous allons donc entendre par *dyslexie* le trouble phonologique de lecture et/ou écriture de textes et de nombres. Quant au comptage et au calcul, ils ne sont pas au centre de notre projet.

Dans le contexte de résolution de problèmes écrits mathématiques, une élève présentant des troubles de lecture et d'écriture de textes et de nombres (écrits à la base 10 et ayant plus d'un chiffre) se trouve dans une situation fort désavantageuse. Un trouble phonologique peut affecter négativement sa productivité dans la résolution (raisonnement mathématique), car les opérations mentales de lecture et d'écriture augmentent significativement la charge cognitive de ces élèves (FSE, 2013). Au début du primaire, la réussite dans la résolution d'un problème mathématique implique un calcul correct. Une difficulté, par exemple, à additionner deux nombres à deux chiffres, dans le contexte de résolution d'un problème écrit (verbal), peut être perçue par l'élève ou par l'enseignant comme un échec de la résolution.

Les élèves présentant une dyslexie (et une dyscalculie) peuvent bénéficier d'interventions en orthophonie leur permettant de développer leurs habiletés en lecture et en écriture. Ils bénéficient aussi de l'aide de type compensatoire, par exemple une assistance en lecture (réalisée par l'enseignant en classe ou dans un environnement informatique). En ce qui concerne l'apprentissage des mathématiques (cas identifié comme dyscalculie), l'accent est mis sur le développement des connaissances et des processus mathématiques de base, ce qui se traduit par le comptage et le dénombrement des objets, le codage et le décodage des nombres dans le système de base 10 et les opérations sur les nombres. Ces connaissances occupent une partie importante du curriculum au Québec (MELS, 2009). Souvent, les chercheurs et les enseignants considèrent ces compétences numériques comme des prérequis pour la résolution de problèmes écrits (Westwood, 2011). Cette tradition est renforcée par l'attitude de certains enseignants pour approcher un problème écrit comme un exercice de calcul plutôt qu'une opportunité d'analyse mathématique (Boote et Boote, 2016). En conséquence, les élèves présentant de grandes difficultés dans l'apprentissage dit « de base » sont souvent privés de l'opportunité de participer pleinement à des activités de résolution de problèmes mathématiques non triviaux, impliquant de grands nombres et des structures mathématiques plus complexes.

Cependant, plusieurs chercheurs accordent une plus grande valeur à la modélisation et au choix d'opération qu'au calcul (Davydov, 2008; Schliemann et coll., 2017; Thompson 1993; Vergnaud, 2009). Selon eux, c'est cette partie du processus de la résolution qui aide l'élève à développer son raisonnement mathématique. Les chercheurs soulignent l'importance des aspects relationnels dans le raisonnement mathématique, notamment le développement de la compréhension des relations entre les quantités. Selon Davydov (2008), ce raisonnement relationnel est à la base de développement du concept du nombre et des opérations arithmétiques.

Depuis sept ans, nous développons l'Approche à l'enseignement par Développement Équilibré (ADÉ) basé sur les travaux de Vassili Davydov (2008), disciple de Lev Vygotsky. Plusieurs éléments de cette approche ont déjà été publiés (Polotskaia et Freiman, 2016; Polotskaia et Savard, 2018). L'objectif premier de l'ADÉ est de permettre aux élèves (des classes ordinaires) de mieux comprendre les relations quantitatives qui se présentent dans un problème écrit ou une situation mathématique, et ainsi de mieux planifier leur démarche de résolution arithmétique. L'ADÉ vise à contribuer au développement du raisonnement mathématique non numérique (relationnel) des élèves. Les résultats de nos recherches démontrent l'efficacité de l'approche dans le cas des classes ordinaires. La question se pose : l'ADÉ est-elle utilisable et profitable dans les cas d'élèves présentant des troubles d'apprentissage?

Dans le cadre du projet pilote présenté en partie dans cet article, nous avons expérimenté l'ADÉ auprès des élèves identifiés comme ayant des troubles d'apprentissage pour clarifier les défis didactiques et pour ajuster l'enseignement en fonction des besoins des élèves. Nous nous sommes appuyés sur l'idée de Vygotsky (1983) proposant que dans le cas d'un déficit développemental, il faut s'intéresser plutôt aux schèmes mentaux que l'enfant développe pour compenser ce déficit. Ces schèmes sont particuliers pour l'enfant, et c'est le rôle de l'enseignant de les découvrir et de les utiliser comme levier pour assurer le développement de l'enfant. L'ADÉ, peut-elle permettre aux élèves dyslexiques de profiter de leurs forces en résolution de problèmes écrits (verbaux) mathématiques?

Dans cet article, nous présenterons le cas d'une élève identifiée comme présentant une dyslexie développementale. Nous allons d'abord présenter brièvement l'ADÉ comme étant le cadre théorique à la base du projet. Nous présenterons ensuite la méthodologie de l'entretien d'enseignement individuel (*teaching experiment*; Steffe et Thompson, 2000) utilisée pour ce projet-pilote. Nous allons discuter de nos observations et présenterons nos conclusions théoriques et pratiques.

L'APPROCHE PAR DÉVELOPPEMENT ÉQUILIBRÉ

Dans la littérature concernant le raisonnement mathématique, plusieurs types de pensée sont identifiés. Plus précisément, dans le contexte de la résolution de problèmes écrits, on parle de *pensée arithmétique* versus *pensée algébrique* ou *analytique* (i.e. Bednarz et Janvier, 1993). Nous avons choisi une perspective différente, décrite dans Polotskaia et Savard (2018), pour distinguer une *pensée séquentielle* (par exemple, suivre mentalement une séquence d'actions ou d'opérations arithmétiques) et une *pensée holistique* (par exemple, apprécier une image ou un schéma graphique). Selon les auteures, cette distinction clarifie mieux la nature de certaines difficultés des élèves face aux problèmes écrits au début de l'apprentissage. L'ADÉ prévoit l'utilisation de ces deux types de pensée mathématique (séquentielle et holistique) chez l'élève, tout en développant l'équilibre et la coordination entre les deux. Il est possible que cette même coordination serve de base au raisonnement (adéquat) arithmétique ainsi qu'algébrique.

Dans le contexte de résolution de problèmes écrits, la *pensée séquentielle* permet d'interpréter le texte du problème comme une séquence d'actions, telle une histoire. L'action de l'histoire se traduit souvent par une opération arithmétique directement. L'interprétation séquentielle peut donc conduire à une opération arithmétique qui est appropriée dans certains cas, mais n'est pas appropriée dans d'autres. Dans les exemples plus bas, l'opération d'addition (associée avec le sens du mot *donné*) est appropriée pour résoudre le problème de pommes, mais pas pour le problème de poires.

> Margo avait 3 pommes. Julien lui a *donné* 7 pommes. Combien de pommes Margo a-t-elle maintenant? (3+7=)

> Margo avait 3 poires. Julien lui a *donné* des poires. Margo a maintenant 7 poires. Combien de poires Julien lui a données? (7-3=)

La *pensée holistique* permet de voir le problème comme un ensemble de quantités qui sont en relation. Le problème de poires peut être représenté mentalement ou graphiquement comme un total de poires, que Margo possède maintenant, composé de deux parties : les poires qu'elle avait au début et celles que Julien lui a données (la Figure 1 présente la *relation de composition additive*). Cette vision du problème est de nature holistique, puisqu'aucune action n'y est représentée. Le passage de la vision séquentielle vers une vision holistique (une relation) est la première composante à développer chez l'élève dans le cadre de l'ADÉ.

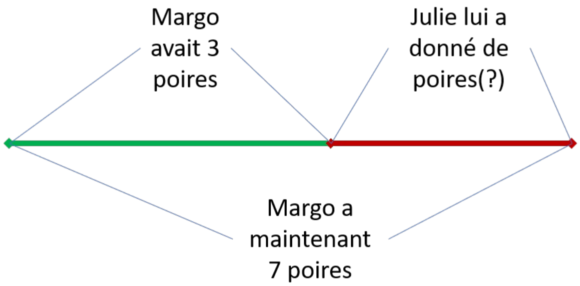

FIGURE 1. *Schéma du problème de poires*

Tout en s'appuyant sur les relations représentées, en utilisant le schéma comme un modèle du problème, l'élève peut planifier la stratégie de recherche des éléments inconnus du problème. Dans le cas du problème de poires, pour trouver une partie d'un tout, il faut enlever l'autre partie du total. Ainsi, l'élève doit transformer sa vision holistique de la relation en une séquence de calcul (une ou plusieurs opérations arithmétiques). Le passage de la vision holistique vers une séquence de calcul est la deuxième composante à développer chez l'élève pour assurer l'équilibre et la flexibilité de son raisonnement mathématique.

Les deux composantes du raisonnement décrites plus haut (les passages holistiques-séquentiels et séquentiel-holistique) supportent une stratégie de résolution générique du problème, indépendante des valeurs concrètes des nombres, car elles s'appuient principalement sur les relations quantitatives. Ainsi, l'ADÉ préconise la possibilité de développer chez l'élève un raisonnement mathématique qui supporte les stratégies de résolution génériques, indépendantes des nombres du problème. Cette caractéristique de l'approche suggère son applicabilité dans des cas d'élèves présentant une difficulté en lecture et écriture des nombres, car l'accent est mis sur les relations et non pas sur les valeurs des nombres.

Une autre caractéristique importante de l'ADÉ est l'utilisation de schémas et de conversations orales. Bien que l'enseignement des schémas comme tels ou des expressions verbales relationnelles (« plus que », « moins que », « une partie de », « le total de ») ne soit pas le but principal de l'ADÉ, on exploite largement ces éléments comme outils d'échange sur les relations quantitatives. Ces deux modes de communication peuvent potentiellement soutenir une communication mathématique adéquate avec l'élève dans des cas de difficultés en lecture et en écriture.

Dans ce projet pilote, nous avons essayé de répondre aux questions suivantes : Quel est l'apport de l'ADÉ dans le cas d'une élève présentant de troubles de lecture/écriture (dyslexie)? Quelles sont les conditions permettant à une telle élève de participer à une conversation mathématique adéquate au sujet des relations additives présentes dans un problème écrit mathématique?

MÉTHODE

Entretien d'enseignement individuel

La méthodologie de l'entretien d'enseignement individuel est utilisée principalement pour donner au chercheur un accès direct au processus d'apprentissage de l'élève (Steffe et Thompson, 2000). En enseignant directement à l'élève, le chercheur peut observer de près tous les détails du processus pour en déduire le sens que l'élève développe de l'activité. Malgré ses limites évidentes dues aux relations uniques qui se forment entre le chercheur et l'enfant, cette méthodologie est pertinente pour explorer le potentiel d'une approche nouvelle auprès d'un nouveau public cible (Steffe et Thompson, 2000). Cet enseignement expérimental peut alors être ajusté en cours de route pour préparer les futures expérimentations.

Un autre élément négatif peut souvent être associé à l'entretien d'enseignement individuel, puisque durant l'intervention, l'élève est affecté par le traitement expérimental et aussi par l'enseignement régulier en classe. Ces deux traitements peuvent s'avérer contradictoires. Dans notre cas, l'élève participait à l'enseignement traditionnel en classe. Cet enseignement ne supporte pas l'ADÉ (pas d'analyse de relations et pas de représentation par schéma). L'accent est mis plutôt sur le codage et décodage des nombres et sur les opérations arithmétiques. Notre traitement expérimental a donc été un complément au traitement en classe.

La participante. Une élève de dix ans, identifiée comme ayant une dyslexie développementale et un trouble d'attention sans hyperactivité (médicamenté), a accepté de participer au projet (un nom et un genre fictifs sont utilisés pour identifier l'élève : Catherine). Lors de notre première rencontre, Catherine a confirmé qu'elle avait une difficulté à lire le texte et les nombres, qu'elle pouvait lire seulement les nombres de 0 à 13 et que son enseignante ne lui proposait pas de problèmes mathématiques contenant des nombres plus grands que 13. Nous n'avons pas cherché à évaluer les habiletés de l'élève en lecture ou en écriture, mais nous avons plutôt cherché des modifications possibles à apporter à l'application de l'ADÉ pour répondre aux besoins de l'élève. Lors de notre première rencontre, Catherine a exprimé clairement sa préférence pour le travail avec les problèmes écrits : elle aimerait que le problème soit lu par l'expérimentateur à voix haute. Toutefois, elle essayait de suivre le texte avec ses yeux ou son doigt. Évidemment, cette condition a été incluse dans notre protocole de travail immédiatement.

La procédure. Nous avons administré un pré-test de résolution de problèmes écrits avant l'intervention et un post-test (contenant les mêmes problèmes) après la dernière intervention (les énoncés des problèmes sont donnés dans le Tableau 1). Chaque problème du test pouvait être résolu par une addition ou par une soustraction. Le chercheur lisait l'énoncé du problème à l'élève plusieurs fois, selon la demande de l'élève. Pour chaque problème, l'expérimentateur a demandé à l'élève de lui indiquer l'expression mathématique qui pouvait calculer la réponse au problème (une expression qu'on peut taper sur la calculatrice et ainsi obtenir la réponse numérique). L'élève pouvait indiquer avec son doigt quels nombres utiliser et proposer une opération sur ces nombres. L'expérimentateur écrivait l'expression mathématique proposée.

L'intervention. Nous avons réalisé 10 interventions de 55 minutes à raison d'une intervention aux 1 à 2 semaines. Ce choix est dû aux disponibilités de l'élève et du chercheur et ne reflète pas nécessairement les besoins réels de l'élève. Nous avons utilisé les activités développées lors du projet précédent (Polotskaia et Savard, 2018) en quatre phases :

1. Préparation : Une activité de comparaison des longueurs des ficelles et de construction d'une partie inconnue de la ficelle. Cette activité sert à sensibiliser l'élève aux relations de comparaison additive et de composition additive dans le contexte d'objets ayant une longueur.
2. Construction : Deux activités de type Situation mathématiquement incohérente (SMI ; Savard et Polotskaia, 2017) en utilisant les nombres inférieurs à 10. On présente à l'élève un texte décrivant une situation semblable à un problème mathématique, mais comportant des valeurs numériques contradictoires. Par exemple : « J'ai eu 3 pommes; j'en ai reçu encore 2; maintenant, j'ai 4 pommes ». Ces activités servent à sensibiliser l'élève à l'interdépendance sémantique des valeurs des quantités dans un problème écrit ainsi qu'à introduire la modélisation (schématisation) des relations quantitatives.

3. Développement : Quatre activités de résolution de problèmes écrits variés en utilisant des représentations schématisées des quantités et des relations entre elles (relations additives simples).
4. Développement : Trois activités de résolution de problèmes écrits variés en utilisant l'environnement informatique (Polotskaia et Freiman, 2016) et des représentations schématisées des quantités et des relations (additives) entre elles.

Voici la procédure d'intervention que nous avons adoptée au début de l'expérimentation :

1. Lire le problème à l'élève plusieurs fois.
2. Demander à l'élève de représenter le problème par un schéma en précisant oralement quel est le rôle de la quantité représentée par chaque segment (transformation séquentiel-holistique).
3. Demander à l'élève de proposer oralement l'opération à faire pour trouver la quantité inconnue en utilisant le schéma sans nombres (transformation holistique-séquentiel).
4. Demander à l'élève de formuler la phrase mathématique finale oralement en se référant aux nombres du texte. Réaliser le calcul sur une calculatrice et discuter du résultat.

À la demande de l'élève, le chercheur lit le texte du problème pour elle à plusieurs reprises et l'aide à calculer la réponse numérique sur la calculatrice, une fois l'expression du calcul déterminée. La construction du schéma et le choix d'opération ont été réalisés sous forme de discussion, guidée par l'expérimentateur ou *scaffolding* (Mancl, 2011).

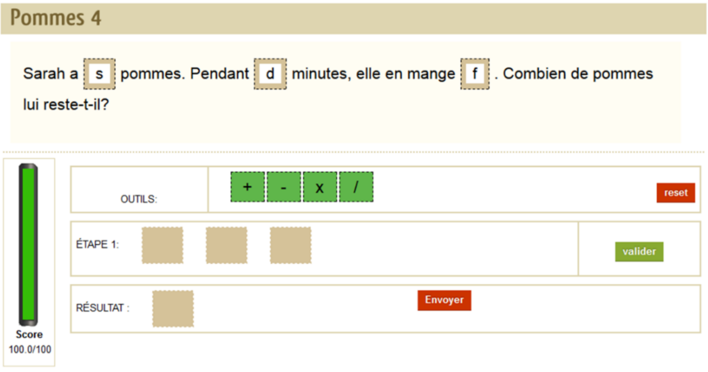

FIGURE 2. *Problème présenté par l'environnement informatique*

L'environnement informatique (Polotskaia et Freiman, 2016) utilisé lors de la quatrième phase présente à l'élève le texte du problème et les quatre opérations à choisir pour former l'expression (ou les expressions) mathématique(s) permettant le calcul de la réponse au problème (Figure 2). Les données numériques sont cachées sur l'écran derrière des boîtes identifiées à l'aide de lettres (dans notre exemple, les lettres *s*, *d*, et *f* cachent les nombres 6, 5 et 2). À n'importe quel moment, l'élève peut cliquer sur la boîte pour que l'ordinateur remplace la lettre par le nombre donné issu du problème. Toutefois, l'élève est encouragé à formuler l'expression mathématique en lettres après avoir bien analysé le problème (dans notre exemple, l'expression désirée est *s-f* ou 6-2). L'ordinateur peut vérifier la réponse en lettres ou chiffres pour donner une rétroaction à l'élève.

Nous avons enregistré une vidéo pour toutes les séances d'intervention et ensuite, nous les avons analysées pour voir si le raisonnement relationnel est accessible à l'élève dans le contexte des activités proposées.

RÉSULTATS

Le Tableau 1 présente les résultats de l'élève lors du pré-test et du post-test.

TABLEAU 1. *Résultats de pré-test et de post-test*

Énoncé	Pré-test	Post-test
Une coccinelle âgée de 3 ans a 17 petits points sur son dos. Matthew a compté 8 petits points sur le côté droit du dos de la coccinelle. Combien de petits points se trouvent sur le côté gauche?	oui	oui
Il y avait 48 enfants dans l'autobus scolaire. Aux 3 premiers arrêts, quelques enfants sont descendus. Ensuite, 8 enfants sont montés dans l'autobus. Il y a maintenant 29 enfants qui continuent le voyage. Combien d'enfants sont descendus?	non	non
Maman fait des brioches à la cannelle. Elle doit faire 36 brioches. Après 25 minutes de travail, elle a déjà fait 28 brioches. Combien de brioches lui reste-t-il à faire?	non	oui
Danielle a quelques problèmes mathématiques à résoudre pour le devoir de cette semaine. Après 3 jours de travail, elle a résolu 14 problèmes. Il y a encore 7 problèmes que Danielle n'a pas résolus. Combien de problèmes y a-t-il dans le devoir de Danielle?	oui	oui
Il y a quelques billes et 36 petits cubes dans la boîte. Les 14 billes sont rouges. Les 27 autres billes sont vertes. Combien de billes y a-t-il dans la boîte?	oui	oui
Mélanie a acheté 17 pommes et quelques poires. Elle a 9 pommes de plus que de poires. Combien de poires Mélanie a-t-elle achetées?	non	oui

Nous avons identifié plusieurs épisodes de travail qui démontrent la participation adéquate de l'élève dans les activités proposées. Lors de la phase de préparation, elle n'a démontré aucune difficulté à résoudre des situations, là où les objets ayant une longueur ont été utilisés. La limitation de cet article ne nous permet pas de donner des détails sur cette étape d'expérimentation.

Lors des activités SMI, l'élève a accepté graduellement « les règles du jeu » : les nombres présents dans le texte ne sont pas corrects, il faut les questionner un à la fois. Elle a aussi accepté avec aisance la représentation des quantités et des collections par des segments en se référant à des ficelles utilisées lors de la première activité de sensibilisation. Dans les épisodes qui suivent, nous présentons le comportement de l'élève face aux nombres (en chiffres) et aux relations quantitatives discutées. Nous désignons par « E. » l'expérimentateur et par « C. » Catherine.

(Épisode 1)

La situation mathématiquement incohérente suivante est présentée à l'élève :

> Nadia a 3 robes dans sa garde-robe.
>
> Elle a 2 jupes de plus que de robes.
>
> Nadia a 4 jupes.

> E. : [Lit le texte et discute les expressions « plus » et « plus que ». On confirme avec l'élève que l'expression « plus que » est utilisée et qu'il s'agit de comparaison entre « les robes » et « les jupes ». On utilise ces expressions comme des identificateurs des quantités, pas comme les noms des objets.]
>
> E. : Maintenant, je te pose la question. Qu'est-ce qu'on compare ici? Et j'te lis une autre fois. Et tu... tu vas me dire qu'est-ce qu'on compare. Ou tu peux dire tout de suite.
>
> C. : Ben... [pointe le problème]. La robe avec la jupe.
>
> E. : Les robes avec les jupes. Oui, parce qu'il y a plusieurs robes, il y a plusieurs jupes, et on compare les robes, avec les jupes. Et, on a dit : si on compare, il y a quelque chose qui est plus grand et l'autre qui est plus petit.
>
> C. : [Affirme.] Mmm-mmm.
>
> E. : Qu'est-ce qui est plus grand?
>
> C. : Le quatre.

Dans cet épisode, Catherine utilise le nombre 4 pour se référer à quelque chose qui est plus grand. Toutefois, il n'est pas clair, si elle le dit parce que c'est le nombre (en chiffre) le plus grand dans le texte ou parce qu'il y a plus de jupes que de robes. Dans la discussion qui suit, l'élève confirme qu'il y a plus de jupes. On déduit donc que l'élève utilise « le quatre » comme un nom (étiquette) de l'ensemble des jupes.

(Épisode 2a)

Après avoir discuté de la première situation pendant quelques minutes pour travailler le vocabulaire, la représentation et la recherche des opérations, nous avons proposé à l'élève la situation suivante :

> Nadia a 38 robes dans sa garde-robe.
>
> Elle a 26 jupes de plus que de robes.
>
> Nadia a 43 jupes.

> E. : [Lit le texte et explique que Nadia est une princesse et que c'est la raison pour laquelle elle possède un grand nombre de vêtements. On discute que les grands nombres peuvent être nommés différemment, « trente-huit » ou « trois-huit ».]
>
> E. : Est-ce que t'as reconnu [montre à l'élève la feuille sur laquelle les quatre expressions sont écrites] une expression ? Quelque part?
>
> C. : [Prend la feuille du problème dans ses mains et semble le relire. Silence pendant 20 secondes. Pointe ensuite l'expression « plus que ».]
>
> E. : Donc. Est-ce qu'il s'agit de comparaison?
>
> C. : [Fait « oui » de la tête.]
>
> E. : Est-ce que ça ressemble à l'autre histoire ?
>
> C. : Ben c'est... parce que l'autre euh... l'autre c'était bien avec des robes et des jupes, tout ça, mais... y'a rien qu'une affaire que j'comprends très bien ! Et cette affaire-là... (inaudible) [dépose vigoureusement la feuille du problème sur la table]. Ça, ben... ça, les princesses ne portent pas de jupes.

Cet épisode peut témoigner de la frustration que l'élève développe dès qu'on lui propose un texte comportant des nombres à deux chiffres (qu'elle n'arrive pas à lire), bien que l'histoire du problème soit identique à la précédente (sauf les nombres) et qu'elle reconnaisse bien l'expression de comparaison « plus que ». Ainsi, l'expérimentateur décide d'utiliser des autocollants pour cacher les nombres dans le texte et pour identifier les quantités.

(Épisode 2b)

En utilisant le schéma développé précédemment, on propose à l'élève de travailler avec les autocollants plutôt que les nombres.

> E. : On va placer un p'tit soleil [prend un autocollant bleu] pour dire que c'est le nombre de robes. Où on doit coller ça?

C. : Ici? [Indique un endroit au-dessus de la ligne bleue qui représentait les robes dans la situation précédente.]

E. : [Affirme.] Mmm-mmm!

C. : Je vais le coller ici…

E. : Donc. Pour les jupes. Qui est total de jupes?

C. : Ça va être le vert!

E. : Toutes les jupes. C'est… On va dire… [tend un collant jaune à l'élève]. On va utiliser ce p'tit soleil jaune pour toutes les…

C. : Pour… toutes?

E. : …jupes. Oui.

C. : Toutes, ben j'vais le mettre ici au complet [indique un endroit au début de la ligne orange représentant des jupes (Figure 3)] pour faire au complet ici…

E. : Ben, on va le mettre ici [indique la place en dessous de la ligne orange pour respecter les conventions des schémas] pour dire… c'est le nombre qu'on écrit.

C. : [Décolle le collant et le colle à l'endroit indiqué par l'expérimentateur.]

E. : Ok. Ça, c'est toutes… [Glisse l'index sur le trait orange complet.] Ça signifie toutes les jupes qui sont là.

C. : Ok.

E. : Et pour désigner la différence… [*prend un autocollant vert*] nous allons coller celui-là. Où on va coller la différence? Les jupes qui dépassent?

C. : La différence… [pointe le segment orange qui correspond au « plus que »].

E. : Donc on va le mettre ici.

Dans cet épisode, on voit que l'élève semble être à l'aise avec la méthode de travail en utilisant les autocollants. Les autocollants de couleurs différentes représentent les quantités pour l'élève aussi bien que les nombres, même mieux que les nombres.

(Épisode 2c)

On continue la discussion pour dégager l'opération arithmétique.

E. : Qu'est-ce qu'on doit faire pour trouver combien de jupes qui dépassent?

C. : [Place le côté de sa main sur la frontière des deux segments de la ligne orange. Elle fait un mouvement de « scie ».] Couper comme ça, mais si on voit que ça, c'est pareil [délimite de ses deux mains le trait bleu et le segment orange égal au trait bleu] et c'… et qu'on voit que ça continue, ça veut dire que… ça montre, ça, que c'est pas pareil.

E. : [Affirme.] Mmm-mmm, donc tu me… proposes de prendre toutes les jupes, [glisse l'index sur le trait orange complet] on regarde toutes les jupes, et ensuite on fait quelle opération? Si on coupe, [place le côté de sa main sur la frontière des deux segments orange] tu m'as dit « faut couper ici ».

C. : Oui.

E. : C'est quelle opération?

C. : Ben c'est comme… [Hésite de dire.]

E. : Ça ou ça ? [Montre les deux symboles « + » et « - » sur la feuille.]

C. : … l'opération, enlever.

L'élève hésite sur le choix de mot et de symbole d'opération (soustraction), malgré les gestes qu'elle a posés correctement sur le schéma.

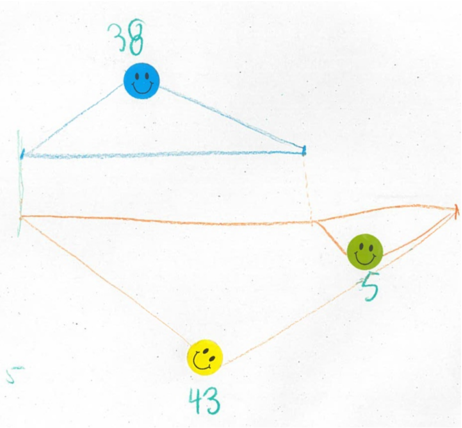

FIGURE 3. *Schéma de SMI avec les nombres à deux chiffres*

NOTES. Ce schéma, produit par l'expérimentateur lors de la discussion précédente, est réutilisé pour traiter la situation décrite à l'aide de grands nombres.

À la demande de l'expérimentateur, l'élève parvient à composer l'opération en copiant les nombres du texte et en les nommant « quatre-trois » et « trois-huit ».

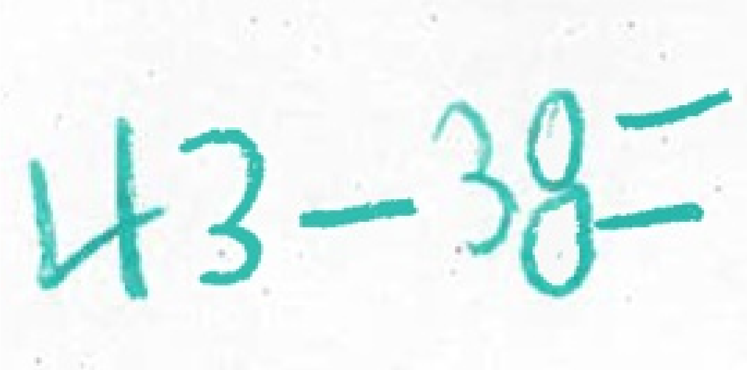

FIGURE 4. *Expression de calcul composée par l'élève*

Lors de cette activité, nous avons constaté que l'élève essayait de se référer aux quantités en utilisant les nombres (en chiffres), mais qu'elle avait toujours une difficulté à lire les nombres à deux chiffres. Elle éprouve une certaine difficulté quant au choix de mot et de symbole d'opération arithmétique. Par contre, l'élève semble être à l'aise avec les autocollants et la représentation par schéma. Suite à cette observation, nous avons ajusté la procédure de résolution que nous proposons à l'élève. Voici la procédure ajustée :

1. Lire le problème à l'élève.
2. Coller des autocollants de couleurs différentes sur les quantités identifiées dans le texte (connues et inconnus) en cachant les nombres.
3. Demander à l'élève de représenter le problème par un schéma en respectant les couleurs pour identifier les quantités.
4. Demander à l'élève de proposer une opération pour trouver la quantité inconnue en utilisant le schéma, sans nombres.
5. Demander à l'élève d'enlever les autocollants du texte et les mettre sur les éléments appropriés du schéma un par un et de mettre le nombre à côté de l'élément approprié.
6. Demander à l'élève de formuler la phrase mathématique finale par écrit.

(Épisode 3a)

L'épisode 3 présente notre première session consacrée à la résolution de problèmes.

> Problème : Maman et Victor lavent des assiettes et 37 tasses. Maman a lavé 14 assiettes. Combien d'assiettes Victor a-t-il lavées si ensemble, ils en ont lavé 31?

Catherine identifie immédiatement qu'il y a beaucoup de tasses et qu'on ne doit pas en tenir compte pour résoudre le problème.

> C. : On met toutes les assiettes en ligne [fait en mouvement de gauche à droite avec ses deux mains], là. Puis, les assiettes manquantes, ce seraient celles que lui aurait lavées.
>
> E. : Probablement. [Pose les autocollants sur les nombres dans le texte du problème.]

L'expérimentateur fait un rappel de la tâche à réaliser : identifier s'il s'agit d'une comparaison ou non, et représenter le problème en utilisant un schéma.

> C. : Je vais utiliser le noir pour les assiettes.
>
> E. : Quelles assiettes vas-tu mettre dans ta ligne?
>
> C. : Les assiettes seront les petites lignes. [Dessine quelques petits traits verticaux (Figure 5), continue jusqu'à l'extrémité droite de la feuille, ensuite ajoute des traits à gauche.]

On peut observer que le nombre de traits, 36, ne correspond à aucune donnée du problème.

> E. : Ça, c'est la ligne des assiettes. Et qu'est-ce qu'on fait avec?
>
> C. : Je ne sais plus.
>
> E. : Premièrement, tu as choisi la couleur noire, mais nous avons les tasses en rouge, nous avons en bleu…quoi?
>
> C. : Le noir, je les ai mis noir parce que ce sera plus utile pour différentier. S'il y a d'autres couleurs, il y aura différentes assiettes de couleur.
>
> E. : Ce ne sont pas les couleurs des assiettes. C'est les couleurs, selon ce que nous avons lu dans la situation. Je vais te relire. Maman a lavé [montre le cercle bleu] assiettes.
>
> C. : [Prend un crayon bleu et encercle la partie gauche de sa ligne d'assiettes.]
>
> E. : Ça, c'est…?
>
> C. : Partie des bleus.
>
> E. : C'est les assiettes de qui?
>
> C. : Maman.
>
> E. : C'est maman qui les a lavées. Combien d'assiettes Victor a-t-il lavées si, ensemble, ils ont lavé « orange »?

C. : Ce qu'ils ont lavé, je dois faire avec un gros orange [fait un geste circulaire avec ses deux mains].

E. : Où sont les assiettes qu'ils ont lavées ensemble?

C. : [Encercle en orange toute la ligne.]

E. : Maintenant, il te demande combien d'assiettes Victor a lavées. Est-ce que tu peux me montrer avec ton doigt ce que Victor a lavé?

C. : Ils ont fait ensemble, c'est toutes ces assiettes [montre avec ses deux mains toute la ligne].

E. : [Glisse son doigt sur la ligne.] Ce sont les assiettes qu'ils ont lavées ensemble. Où sont les assiettes que maman a lavées? Montre-moi avec ton doigt.

C. : [Montre toute la ligne.] Tout ça ensemble.

E. : Est-ce qu'elle a lavé ça aussi [glisse son doigt sur la partie droite] ou juste celles-là [glisse son doigt sur la partie gauche]?

C. : Ils ont lavé ensemble, donc je pense qu'elle les a faites ensemble [encercle la partie droite de sa ligne des assiettes avec la couleur bleue.]

E. : Ils ont lavé ensemble les mêmes assiettes? Si moi, je lave une assiette, puis toi tu la laves?

C. : Non, l'un lave et l'autre l'essuie.

E. : Dans le problème, on ne dit pas qu'un lavait et l'autre essuyait. On dit que maman a lavé certaines assiettes et les autres...

C. : Donc, ce bout-là [glisse son doigt sur la partie gauche], l'autre [glisse son doigt sur la partie droite] ... c'est l'autre.

E. : L'autre, c'est qui?

C. : Ben, Victor.

Dans cet épisode, Catherine propose immédiatement de placer les objets (assiettes) en ligne (transformation séquentiel-holistique). Toutefois, elle ne dessine pas une ligne continue, mais les petits traits rangés en ligne (Figure 5). Le nombre de traits ne correspond à aucune donnée du problème. Cette représentation n'est pas un schéma conventionnel, mais elle respecte l'esprit de l'approche enseignée. On doit imaginer les objets rangés en ligne pour faciliter notre raisonnement. Il est important de remarquer que Catherine n'utilise jamais son dessin pour compter les assiettes. On peut penser qu'elle ne représente pas le nombre pour l'identifier, mais elle schématise à sa façon pour appuyer son raisonnement sur les relations. Dans nos autres expérimentations, nous avons observé plusieurs élèves utilisant leurs représentations dans le but unique de compter les objets dessinés, ne portant aucune attention aux relations entre les quantités représentées.

(Épisode 3b)

> E. : On doit maintenant proposer une opération. On doit commencer par un nombre et ajouter ou soustraire quelque chose. Par où doit-on commencer et qu'est-ce que nous devons faire pour voir juste les assiettes de Victor? [Glisse son doigt sur la partie droite.]
>
> C. : Il dit, ensemble ils ont lavé *tel*.
>
> E. : [Glisse son doigt sur la ligne au complet.] C'est *ça* qu'ils ont lavé ensemble.
>
> C. : [Met sa main sur la ligne qui sépare les deux parties.] Si on veut faire juste ici [tape avec sa main sur la partie droite], il va falloir…
>
> E. : Est-ce qu'on doit prendre tout et ajouter quelque chose [mime sur le schéma] ou on doit prendre tout et enlever quelque chose [cache la partie gauche avec sa main].
>
> C. : Enlever les choses [cache la partie gauche avec sa main].
>
> E. : Qu'est-ce que tu enlèves?
>
> C. : L'autre partie que maman a lavée.

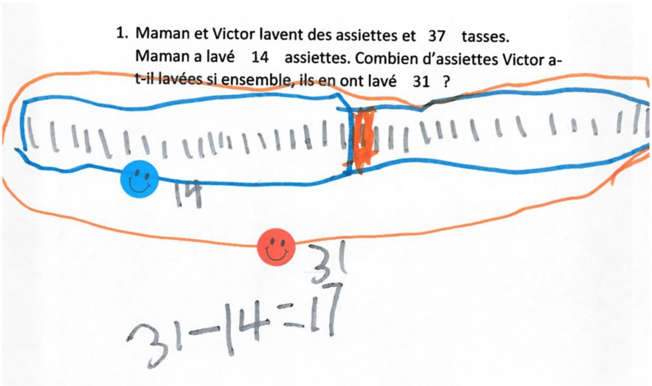

FIGURE 5. *Résolution du problème des assiettes*

Dans cet épisode, Catherine n'a aucune difficulté à se référer aux quantités sans l'utilisation des nombres chiffrés. Elle utilise son dessin comme modèle pour en déduire la démarche de calcul pour retrouver l'élément inconnu de la relation (transformation holistique-séquentiel). Toutefois, elle devient confuse avec la signification de l'expression « lavé ensemble ». Il est vrai que cette expression accepte des interprétations différentes, donc la clarification est nécessaire.

(Épisode 3c)
On déplace les autocollants pour identifier les valeurs des quantités. On pose chaque autocollant sur le schéma en respectant le rôle de la quantité dans la situation. Catherine n'a pas de difficulté à écrire et nommer le nombre 14. Toutefois, au moment où elle pose l'autocollant orange (31), elle copie les chiffres, mais hésite à les lire.

> C. : Je ne connais pas ça.
>
> E. : Mais tu peux le lire.
>
> C. : Trois-un.
>
> E. : Ça représente quoi?
>
> C. : Trente-et-un? [Catherine est très contente, elle sourit.]
>
> E. : [Après une discussion.] Donc on doit prendre toutes les assiettes, c'est combien?
>
> C. : [Hésite à prononcer le nombre.]
>
> E. : Tu peux juste le lire.
>
> C. : Trois-un.
>
> E. : Et on doit enlever quoi?
>
> C. : La partie de la maman.
>
> E. : La partie de la maman, c'est… [Cache la partie gauche, marquée par le collant bleu.]
>
> C. : Le bleu.
>
> E. : Le bleu. Et c'est combien?
>
> C. : Quatorze.

Dans cet épisode, on voit Catherine toujours hésitante devant les nombres à deux chiffres. Toutefois, elle n'est plus frustrée et parvient même à donner du sens au nombre 31. Elle parvient aussi à écrire la phrase mathématique désirée et à réaliser le calcul sur la calculatrice.

(Épisode 4)

> Problème à l'ordinateur : Line a *a* ans. Line a *b* oranges et quelques bananes. Elle a en tout *c* fruits. Combien de bananes a-t-elle?

Au début, Catherine propose qu'il s'agisse d'une comparaison et qu'il faille utiliser les deux boîtes *b* et *c*. Elle hésite quant à l'opération à faire.

L'expérimentateur propose de dessiner une représentation, comme d'habitude.

> E. : Nous avons des oranges et des bananes et nous savons combien il y a de fruits en tout. Comment peut-on le dessiner?
>
> C. : [Dessine un segment bleu.] Ce sera les oranges. [Elle continue la ligne pour dessiner un segment orange.] Ça, c'est les bananes. [Elle pose un point-interrogation pour la partie orange.] On ne connait pas les bananes. C'est, genre, un mystère. [Elle hésite pour identifier la partie bleue.]
>
> E. : Ici, on connait, c'est *b*.
>
> C. : On ne sait pas le nombre de chiffres.
>
> E. : C'est un nombre caché. On peut le savoir. Tu peux mettre *b* sur ta représentation. [Discute de la différence entre les nombres cachés et les nombres inconnus dans le problème.] Où doit-on mettre *c*? c, c'est quoi?
>
> C. : C'est le nombre de fruits qu'elle a. Même les bananes.
>
> E. : Est-ce que tu peux me montrer avec ton doigt où sont tous les fruits?
>
> C. : [Glisse son doigt sur la ligne complète de deux segments.]
>
> E. : Où doit-on placer la lettre *c*?
>
> C. : On doit le mettre ici. [Dessine deux lignes pour réunir les deux segments ensemble et écrit *c*.] Figure 6.

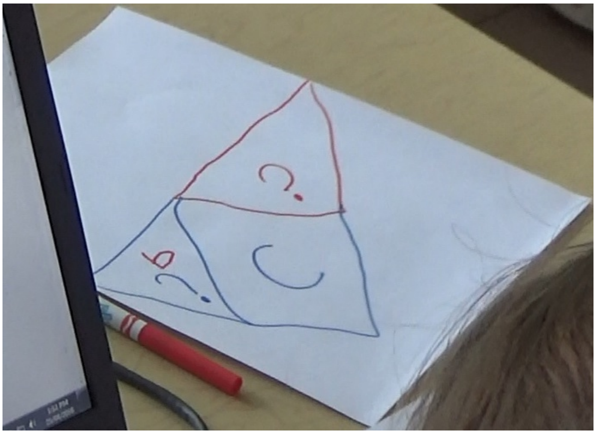

FIGURE 6. *La représentation du problème de fruits produite par l'élève*

E. : Si je connais mon *c* [glisse son doigt sur toute la ligne] et je connais cette partie qui est *b* [glisse son doigt sur la partie bleue]. Comment est-ce que je peux trouver cette partie [glisse son doigt sur la partie orange]?

C. : C'est genre… [Pose sa main gauche sur le dessin pour séparer les deux parties de la ligne.] Je dois couper cette partie [avec sa main droite, indique la partie gauche] et je dois garder celle-là [avec sa main droite, indique la partie droite].

E. : C'est quelle opération?

C. : Couper. [Pointe sur le symbole « - » sur l'écran d'ordinateur.]

E. : Enlever. Donc, on commence par quel nombre? Quand on voit tous les fruits?

C. : [Opère sur l'ordinateur pour choisir la lettre *c*. Elle déplace ensuite le symbole « - » et la lettre *b*.]

Dans cet épisode, Catherine n'éprouve pas de difficulté à travailler avec un problème qui présente les quantités identifiées à l'aide des lettres. À la suite de l'explication de l'expérimentateur sur les nombres cachés derrière les boîtes, elle identifie avec aisance les rôles des quantités et elle représente correctement le problème par un schéma (transformation séquentiel-holistique). Elle utilise ensuite cette représentation pour mimer l'opération désirée et composer l'expression mathématique (transformation holistique-séquentiel).

Le travail dans l'environnement informatique a été bien apprécié par Catherine. Contrairement à nos autres expérimentations avec les élèves des classes ordinaires, Catherine ne cherche pas à travailler avec les nombres, mais se sert des lettres pour formuler les phrases mathématiques. Elle était capable d'identifier les données inutiles et de distinguer les lettres qu'il fallait utiliser pour trouver la réponse. Toutefois, le choix d'opération n'était pas évident, ce qui lançait une discussion et rendait nécessaire une représentation par schéma.

Dans tous les épisodes, sauf le premier, Catherine participe avec plaisir à la discussion mathématique. Ses commentaires et questions sont généralement pertinents et témoignent d'une participation consciente et adéquate. Toutefois, nos observations nous suggèrent que la connaissance mathématique de Catherine sur les relations additives et son habileté à résoudre des problèmes additifs sont limitées (relativement à son âge). Les résultats du post-test sont toutefois encourageants. Lors du post-test, Catherine n'a presque pas utilisé de représentation par schéma. Néanmoins, elle a résolu 5 problèmes sur 6, comparativement au pré-test où elle a résolu 3 problèmes sur 6.

DISCUSSION

Nous avons proposé que l'Approche par Développement Équilibré à l'enseignement de résolution de problèmes écrits puisse soutenir l'apprentissage chez les élèves présentant une dyslexie. Nous avons cherché les moyens pour inclure ces élèves dans une discussion mathématiquement adéquate et riche. Nous avons réalisé une séquence d'enseignement basée sur cette approche auprès d'une élève du primaire présentant une dyslexie développementale. La séquence inclut une variété d'activités de manipulation des objets, d'analyse d'énoncés des problèmes, de représentation de problèmes par un schéma et de résolution de problèmes dans un environnement informatique spécial.

Nos observations suggèrent que la présence des nombres à deux chiffres dans le texte du problème peut créer une frustration indésirable pour un élève qui n'arrive pas à les lire ou à les interpréter. Le fait de cacher les nombres derrière des autocollants a enlevé la tension et a facilité le travail de l'élève avec les relations quantitatives décrites dans les problèmes tout en facilitant les transformations séquentiel-holistique et holistique-séquentiel — les deux composants de l'ADÉ. À la suite de ce projet, nous avons récupéré la nouvelle technique et l'avons intégrée dans nos autres activités dans des classes ordinaires. La relation particulière de l'élève dyslexique aux nombres écrits a apparemment provoqué chez l'élève une plus grande ouverture vers les relations et vers la représentation de ces relations par de schémas. En accord avec les écrits de Vygotski (1983), nous avons retrouvé et réutilisé une force cachée de l'élève, notamment l'abstraction des valeurs numériques, au profit de relations quantitatives.

Le principe de « ranger les objets en ligne » a été adopté par Catherine assez facilement. Au début, elle l'a appliqué à sa façon, en dessinant les objets eux-mêmes (assiettes) rangés en ligne. Toutefois, les objets dessinés n'étaient pas utilisés pour dénombrer, mais pour clarifier les rôles de leurs ensembles ainsi que les relations entre les ensembles. Par la suite, elle dessinait des segments pour représenter les quantités et pour dégager l'opération. Cependant, après 10 interventions, la méthode de travail désirée (analyser–représenter–opérer) n'est pas devenue la méthode personnelle de l'élève. La tendance naturelle de Catherine, ou plutôt une tendance développée par l'apprentissage en classe, restait celle d'essayer de trouver l'opération sans passer par une représentation. Ce comportement peut être observé dans des classes ordinaires, car dans l'enseignement traditionnel, une représentation du problème est souvent interprétée comme une représentation des objets pour soutenir le calcul et pour expliquer la solution déjà trouvée. Dans notre approche, et spécifiquement dans le travail avec Catherine, nous avons choisi de réaliser le calcul sur une calculatrice, et ce au tout dernier moment, une fois que l'analyse des relations avait été réalisée et l'opération à calculer avait été trouvée. Ce choix didactique (l'utilisation de calculatrice pour réaliser le calcul à la fin de l'analyse du problème) s'avère intéressant pour les jeunes élèves des classes ordinaires (1e année) dont la compétence en calcul n'est pas développée. Il permet à l'enfant de concentrer ses efforts sur le développement du raisonnement relationnel ainsi que sur la compétence de résolution de problèmes écrits comme telle.

En ce qui concerne la communication mathématique et la discussion sur la structure d'un problème, plusieurs manières d'identifier une quantité ont été employées par l'élève. Ayant une difficulté en lecture et écriture, l'élève a été très efficace dans sa communication en utilisant d'autres moyens sémiotiques que les nombres chiffrés ou descriptifs écrits. Notamment, Catherine a fait référence à une quantité :

- En nommant le rôle de la donnée (« les assiettes de maman »);
- En représentant la quantité par un segment;
- En glissant son doigt sur le segment représentant la quantité;
- En utilisant la couleur (la couleur d'autocollant ou la couleur du segment);
- En utilisant une lettre de façon algébrique (dans l'environnement informatique et sur papier).

Nous constatons que la dyslexie n'empêchait pas Catherine de participer à des discussions mathématiquement riches sur la résolution de problèmes écrits ni de profiter pleinement de ces discussions pour son apprentissage. Les résultats du post-test suggèrent que les interventions expérimentales (ensemble avec l'enseignement régulier en classe) ont affecté positivement l'apprentissage de l'élève. Encore une fois, la force de l'élève est provoquée par sa faiblesse. N'ayant pas de possibilité d'identifier les quantités à l'aide de nombres écrits, Catherine adopte facilement plusieurs autres moyens, incluant des lettres (un moyen algébrique). Son progrès éducatif témoigne de la possibilité d'application de l'ADÉ dans des cas d'élèves présentant une dyslexie.

CONCLUSION

Les résultats de notre projet-pilote suggèrent que les élèves dyslexiques, même ceux ayant des compétences numériques peu développées, peuvent participer adéquatement à une discussion sur le rôle des données dans une histoire et sur les relations quantitatives entre les données. Sur le plan théorique, nos données suggèrent que la compétence numérique n'est pas un prérequis pour comprendre la structure mathématique d'un problème.

Il y a un grand potentiel dans l'utilisation des représentations graphiques (à l'aide de segments) des relations quantitatives. Ce type de représentation ouvre la possibilité à un dialogue mathématique soutenu par des gestes significatifs de la part de l'élève et de l'enseignant, des gestes porteurs du sens qui, à certains moments, remplacent l'écriture-lecture chiffrée des nombres. Selon certains auteurs, comme Wagner et coll. (2008), les gestes significatifs renforcent la rétention du savoir développé, surtout chez les élèves éprouvant des difficultés d'apprentissage. Grâce à la représentation par segments, les élèves peuvent identifier la structure mathématique du problème écrit et opérer sur cette structure afin de résoudre le problème. L'utilisation d'un environnement informatique spécifique à la résolution de problèmes démontre qu'un élève dyslexique peut facilement s'approprier la façon algébrique pour traiter les données du problème, notamment sous forme de lettres. Nous suggérons que l'inclusion des élèves comme Catherine dans les activités de l'ADÉ dans une classe ordinaire peut s'avérer positive, non seulement pour les élèves inclus, mais aussi pour tous ceux qui seront exposés à sa façon de penser et de représenter.

Cette recherche a été financée par les fonds de recherche de l'Université du Québec en Outaouais et par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

RÉFÉRENCES

Bednarz, N. et Janvier, B. (1993). The arithmetic-algebra transition in problem solving: Continuities and discontinuities. Proceedings of the 15th Annual Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (North American chapter), 2, 19–25.

Boote, S. K. et Boote, D. N. (2016). ABC problem in elementary mathematics education: Arithmetic before comprehension. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *21*(2), 99–122. https://doi.org/10.1007/s10857-016-9350-2

Davydov, V. V. (2008). *Problems of developmental instruction: A theoretical and experimental psychological study*. Nova Science.

Deshaies, I., Miron, J. M. et Masson, S. (2015). Comprendre le cerveau des élèves pour mieux les préparer aux apprentissages en arithmétique dès le préscolaire. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant [ANAE]*, *27*(134), 39–45. http://www.labneuroeducation.org/s/Deshaies2015.pdf

Fédération des syndicats de l'enseignement (FSE). (2013). *Référentiel. Les élèves à risque et HDAA.*

Jupri, A. et Drijvers, P. (2016). Student difficulties in mathematizing word problems in algebra. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12*(9), 2481–2502. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1299a

Mancl, D. B. (2011). *Investigating the effects of a combined problem-solving strategy for students with learning difficulties in mathematics* (publication n°927) [thèse de doctorat, University of Nevada]. UNLV Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones. http://dx.doi.org/10.34917/2268935

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2001). *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire. Enseignement primaire. Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie.* http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PFEQ/prform2001-062.pdf

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2009). *Document d'accompagnement. Progression des apprentissages : Mathématique*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/PDA-mathematique-1cycle-primaire.pdf

Neef, N. A., Nelles, D. E., Iwata, B. A. et Page, T. J. (2003). Analysis of precurrent skills in solving mathematics story problems. *Journal of Applied Behavior Analysis*, *36*(1), 21–33. https://doi.org/10.1901/jaba.2003.36-21

Peters, L., Bulthé, J., Daniels, N., Op de Beeck, H. et De Smedt, B. (2018). Dyscalculia and dyslexia: Different behavioral, yet similar brain activity profiles during arithmetic. *NeuroImage: Clinical*, *18*(Juillet 2017), 663–674. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.03.003

Polotskaia, E. et Freiman, V. (2016). Technopédagogie et apprentissage actif. *Bulletin AMQ*, *LVI*(3), 55–69. http://www.amq.math.ca/wp-content/uploads/bulletin/vol56/no3/07-contribution-appuyer-apprentissage.pdf

Polotskaia, E. et Savard, A. (2018). Using the relational paradigm: effects on pupils' reasoning in solving additive word problems. *Research in Mathematics Education*, *20*(1), 70–90. https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1442740

Savard, A., et Polotskaia, E. (2017). Who's wrong? Tasks fostering understanding of mathematical relationships in word problems in elementary students. *ZDM Mathematics Education*, *49*(6), 823–833. https://doi.org/10.1007/s11858-017-0865-5

Schliemann, A. D., Liu, C., Carraher, D. W et Teixidor i Bigas, M. (2017, 3-5 avril). *If y = 3x, is y greater than x? Teachers evolving understanding of operations on quantities* [communication orale]. NCTM 2017 Research Conference, San Antonio, TX. https://www.researchgate.net/publication/333277530_If_y_3x_is_y_greater_than_x_Teachers_Evolving_Understanding_of_Operations_on_Quantities.

Simmons, F. R. et Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*, *14*(2), 77–94. https://doi.org/10.1002/dys.341.

Steffe, L. P. et Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. Dans R. Lesh et A. E. Kelly (dir.), *Research design in mathematics and science education* (p. 267–307). Erlbaum.

Theis, L., Morin, M., Koudogbo, J., Tambone, J. et Marchand, P. (2014). Quelles fonctions potentielles d'un dispositif d'aide pour soutenir la résolution d'une situation-problème mathématique chez des élèves en difficulté du primaire? *Éducation et Francophonie*, *XLII*(2), 158–172. https://doi.org/10.7202/1027911ar

Thompson, P. W. (1993). Quantitative reasoning, complexity, and additive structures*. *Educational Studies in Mathematics*, *25*(3), 165–208.

Vergnaud, G. (2009). The theory of conceptual fields. *Human Development*, *52*(2), 83-94. https://doi.org/10.1159/000202727

Vygotsky, L. S. (1983). *Osnovy Defectologii* [Fondamentals of defectology]. Pedagogika.

Wagner, S., Mitchell, Z. et Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, *106*(2), 1047–1058. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.04.010

Westwood, P. (2011). The problem with problems: Potential difficulties in implementing problem-based learning as the core method in primary school mathematics. *Australian Journal of Learning Difficulties*, *16*(1), 5–18. https://doi.org/10.1080/19404158.2011.563475

ILDIKO PELCZER est professeure adjointe à l'Université Concordia. Elle détient un baccalauréat en mathématiques de l'Université de Bucarest, ainsi qu'une maîtrise en informatique de la National Autonomous University of Mexico (UNAM) et un doctorat en enseignement des mathématiques de l'Université Concordia. Ses recherches portent sur l'impact des compétitions mathématiques sur l'engagement, la résolution de problèmes et la compréhension des mathématiques chez les élèves. Elle est également impliquée dans l'organisation de compétitions et d'activités de rayonnement des mathématiques. ildiko.pelczer@concordia.ca

ELENA POLOTSKAIA enseigne les mathématiques à l'Université du Québec en Outaouais. Elle a obtenu en 1982 un diplôme en enseignement des mathématiques de la Moscow State Pedagogical University (MSPU), une maîtrise en enseignement des mathématiques de l'Université de Montréal en 1997, ainsi qu'un doctorat en enseignement des mathématiques de l'Université McGill en 2015. Elle s'intéresse actuellement aux difficultés d'enseigner les mathématiques et aux défis développementaux en contexte d'enseignement et d'apprentissage. elena.polotskaia@uqo.ca

OLGA FELLUS possède un doctorat en éducation, enseignement, apprentissage et évaluation, ainsi qu'une maîtrise en traduction et interprétation. Elle détient également une maîtrise en enseignement du français en tant que langue étrangère. Auparavant enseignante au secondaire, Olga cible dans ses recherches le point de convergence de la formation de l'identité en mathématiques, dans le discours, en pragmatique, ainsi que dans le contexte de l'enseignement des mathématiques au primaire et des changements éducationnels. Ses récentes publications comportent une conceptualisation étendue de la formation de l'identité en enseignement des mathématiques (Fellus, 2019), une approche ethnographique en duo pour comprendre les théories de l'apprentissage de Vygotsky et Piaget (Fellus et Biton, 2017) et une étude culturelle et historique de l'introduction de la pensée algébrique dans l'enseignement des mathématiques (Freiman et Fellus, 2021). Madame Fellus a été rédactrice en chef de la série Lead the Change du groupe d'intérêts spéciaux en changement en éducation de l'American Educational Research Association olga.fellus@uottawa.ca

ILDIKO PELCZER is an assistant professor at Concordia University. She holds a B.Sc. in Mathematics from Bucharest University; a master's degree in Computer Science from the National Autonomous University of Mexico (UNAM), and a Ph.D. in Mathematics Education from Concordia University. Her interest is in studying the impact of mathematics competitions on student engagement, problem solving and understanding of mathematics. She is involved in organizing math competitions and outreach activities. ildiko.pelczer@concordia.ca

ELENA POLOTSKAIA is a professor of mathematics education at the Université du Québec en Outaouais. She holds a B.Sc. in Mathematics Education from Moscow State Pedagogical University (MSPU) (1982), an M.Ed. in Mathematics Education from the Université de Montréal (1997), and a Ph.D. in Mathematics Education from McGill University (2015). She is currently interested in the difficulties of teaching mathematics and developmental teaching and learning. elena.polotskaia@uqo.ca

OLGA FELLUS holds a Ph.D. in Education, Teaching, Learning, and Evaluation; an M.A. in Translation and Interpretation; and an M.Ed. in TESOL. A former high school teacher, Olga's research interests focus on the intersection point of identity-making in mathematics, discourse, pragmatics, elementary mathematics, and educational change. Her recent publications include a paper that introduces a broader conceptualization of identity-making in mathematics education (Fellus, 2019); a duoethnographical approach to understanding Vygotsky's and Piaget's theories of learning (Fellus & Biton, 2017); and a cultural-historical study of the introduction of algebraic thinking into elementary mathematics (Freiman & Fellus, 2021). Olga is a past editor of the AERA Educational Change SIG Lead the Change series. olga.fellus@uottawa.ca