Éducation et francophonie

La dyade contribue-t-elle à l'adoption de conduites d'autorégulation en résolution de problèmes mathématiques chez les élèves du milieu du secondaire?

Does the dyad contribute to the adoption of self-regulating behaviours in solving mathematical problems among high school students?

¿La díada contribuye a la adopción de comportamientos de auto-regulación en la resolución de problemas matemáticos entre los alumnos de secundaria?

Vanessa Hanin et Catherine Van Nieuwenhoven

Volume 47, numéro 3, automne 2019

Les interactions sociales au service des apprentissages mathématiques

URI : https://id.erudit.org/iderudit/1066513ar
DOI : https://doi.org/10.7202/1066513ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Association canadienne d'éducation de langue française

ISSN

1916-8659 (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Hanin, V. & Van Nieuwenhoven, C. (2019). La dyade contribue-t-elle à l'adoption de conduites d'autorégulation en résolution de problèmes mathématiques chez les élèves du milieu du secondaire? *Éducation et francophonie*, *47*(3), 58–82. https://doi.org/10.7202/1066513ar

Résumé de l'article

La présente étude s'appuie sur les champs de recherche centrés sur l'apprentissage coopératif et les régulations interactives afin d'identifier les modalités les plus déterminantes dans l'efficacité du travail de groupe. L'étude a été menée au sein d'une classe de troisième secondaire (14 filles) de l'enseignement général d'un établissement scolaire situé au coeur de Bruxelles. Deux dyades d'élèves ont été choisies pour leur type d'interaction contrastée et ont été analysées afin de caractériser le type d'interaction, l'objet des discussions, le niveau de responsabilité individuelle de chaque membre, ainsi que la présence de conduites d'autorégulation.

La dyade contribue-t-elle à l'adoption de conduites d'autorégulation en résolution de problèmes mathématiques chez les élèves du milieu du secondaire?

Vanessa HANIN
Université catholique du Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique

Catherine VAN NIEUWENHOVEN
Université catholique du Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique

RÉSUMÉ

La présente étude s'appuie sur les champs de recherche centrés sur l'apprentissage coopératif et les régulations interactives afin d'identifier les modalités les plus déterminantes dans l'efficacité du travail de groupe. L'étude a été menée au sein d'une classe de troisième secondaire (14 filles) de l'enseignement général d'un établissement scolaire situé au cœur de Bruxelles. Deux dyades d'élèves ont été choisies pour leur type d'interaction contrastée et ont été analysées afin de caractériser le type d'interaction, l'objet des discussions, le niveau de responsabilité individuelle de chaque membre, ainsi que la présence de conduites d'autorégulation.

ABSTRACT

Does the dyad contribute to the adoption of self-regulating behaviours in solving mathematical problems among high school students?

Vanessa HANIN, Catholic University of Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium
Catherine VAN NIEUWENHOVEN, Catholic University of Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgiume

This study is based on research fields focused on cooperative learning and interactive regulation in order to identify the most important modalities for the effectiveness of group work. The study was conducted in a general education high school class (14 girls) at a school in downtown Brussels. Two student dyads were chosen for their contrasting interactions and were analyzed to characterize the type of interaction, the purpose of the discussions, each member's level of individual responsibility and the presence of a variety of self-regulating behaviours.

RESUMEN

¿La díada contribuye a la adopción de comportamientos de auto-regulación en la resolución de problemas matemáticos entre los alumnos de secundaria?

Vanessa HANIN, Universidad Católica de Lovaina, Lovaina la Nueva, Bélgica
Catherine VAN NIEUWENHOVEN, Universidad Católica de Lovaina, Lovaina la Nueva, Bélgica

El presente estudio se base en los campos de investigación centrados en el aprendizaje cooperativo y las regulaciones interactivas con la finalidad de identificar las modalidades más determinantes en la eficiencia del trabajo de grupo. El estudio se realizó en una clase de tercero de secundaria (14 muchachas) de enseñanza general en un establecimiento escolar situado en el centro de Bruselas. Dos díadas de alumnas fueron seleccionadas por su tipo de interacción contrastado y fueron analizadas con el fin de caracterizar el tipo de interacción, el objeto de las discusiones, el nivel de responsabilidad individual de cada miembro, así como la presencia de comportamientos de autorregulación.

INTRODUCTION

Depuis le passage à l'ère des compétences, la résolution de problèmes est devenue un enjeu clé de l'enseignement des mathématiques à travers le monde et occupe une place centrale dans les curricula de formation (Hanin et Van Nieuwenhoven, 2016; Lajoie et Bednarz, 2014; Marcoux, 2012; Verschaffel, Greer et Van Dooren, 2008). Il est ainsi attendu des élèves qu'ils soient capables de mobiliser, de manière intégrée, des ressources externes et internes pour résoudre des tâches complexes, voire inédites (Demonty et Fagnant, 2014). De nombreuses recherches ont, cependant, identifié les difficultés importantes rencontrées par les élèves face à ces tâches.

Parmi les travaux qui se sont penchés sur le développement de compétences, un nombre important se sont intéressés à la régulation[1] des apprentissages en classe (Allal, 2007; Mottier-Lopez, 2012). Parmi les différents types de régulations couramment épinglés, les régulations interactives, et, plus précisément, celles résultant des interactions entre élèves ont particulièrement fait leurs preuves. Ce type de régulation a le potentiel de susciter des conduites d'hétérorégulation pouvant conduire à des conduites autorégulées et, ainsi, à une hausse des performances (Fagnant, Dupont et Demonty, 2016; Lepareur et Grangeat, 2017; Mottier Lopez, 2007).

Pourtant, les recherches conduites dans l'enseignement secondaire soulignent la réticence des enseignants à recourir régulièrement au travail de groupe (Ginsburg *et al.*, 2005; Topping, 2011). Le coût temporel, le manque de compétence des enseignants et leurs doutes quant aux bienfaits d'une telle approche sont invoqués pour rejeter cette modalité pédagogique (Plante, 2012). De plus, les enseignants y recourent souvent de façon déstructurée (Slavin, 2010). La mise en place d'un travail de groupe structuré, c'est-à-dire pour lequel la composition des groupes, le type de relations entre les membres du groupe, etc. ont été pensés *a priori*, exige, en effet, une formation spécifique de la part des enseignants (Baudrit, 2005; Buchs, Lehraus et Crahay, 2012; Plante, 2012). Or ce n'est que dans sa version structurée que le travail de groupe produit les effets bénéfiques qu'on lui connaît (Buchs *et al.*, 2012; Plante, 2012). Quelles sont les modalités de travail qui rendent les interactions entre élèves efficaces? Si de nombreux chercheurs s'y sont déjà intéressés, en comparant les effets de l'introduction de modalités de travail différentes, les résultats ne sont pas toujours concordants. La présente étude souhaite participer à la clarification des résultats actuels en identifiant les modalités qui rendent les interactions entre élèves efficaces, le tout par l'analyse de leurs échanges en contexte naturel de résolution de problèmes mathématiques. Plusieurs questions sont ainsi posées: est-ce bénéfique en matière d'apprentissage de constituer des groupes d'élèves homogènes sur le plan des habiletés mathématiques? Plus spécifiquement, regrouper des élèves présentant un niveau d'habileté faible permet-il le dépassement des nœuds conceptuels des

1. La régulation renvoie aux «mécanismes qui assurent le guidage, le contrôle, l'ajustement des activités cognitives, affectives et sociales, favorisant ainsi la transformation des compétences de l'apprenant» (Allal, 2007, p. 9).

problèmes à résoudre et le développement de conduites d'autorégulation? La nature des interactions entre les membres d'un même groupe varie-t-elle selon le niveau de complexité du problème?

ANCRAGE THÉORIQUE

Interactions entre élèves

Que ce soient les recherches sur l'apprentissage coopératif (Baudrit, 2005; Buchs *et al.*, 2012), sur les régulations interactives (Allal, 2007; Mottier Lopez, 2012) ou sur les interactions entre élèves porteuses de conflits sociocognitifs (Fuchs *et al.*, 1995), toutes s'accordent pour reconnaître les bénéfices du travail en groupe. Ce dernier, en permettant l'échange, la mise en commun et la confrontation d'idées, offre des occasions d'apprentissage que le travail individuel à lui seul ne permet pas. Le travail en groupe se démarque également, positivement, d'un traitement collectif des tâches. Plusieurs travaux révèlent en effet que, lorsque les tâches de mathématiques font l'objet d'une analyse collective, les interventions de l'enseignant s'apparentent, bien souvent, à un guidage directif orienté par le raisonnement de l'adulte plutôt qu'un guidage axé sur celui de l'élève (Bonnery, 2009; Fagnant *et al.*, 2016; Ginsburg *et al.*, 2005). Toutefois, le simple fait de grouper les élèves est loin de garantir un apprentissage coopératif effectif (Buchs, Gilles et Butera, 2012).

Plusieurs chercheurs ont tenté d'identifier empiriquement les modalités de travaux de groupes efficaces dans le contexte de la résolution de problèmes mathématiques. Dans leur étude conduite auprès d'élèves de grades 3 et 4, Fuchs *et al.* (2000) se penchent sur la **taille du groupe** (groupe de 4 élèves vs dyade) et le **niveau de structuration du groupe** (collaboration structurée[2] vs collaboration non structurée) avec comme principe de base de constituer des groupes avec une forte hétérogénéité quant au niveau d'habileté en mathématiques. Si les élèves bénéficient de façon semblable de la structure collective dans les deux formes de structuration, le nombre d'échanges et la participation des élèves de niveau faible sont plus importants au sein des dyades que des groupes de quatre élèves. Pour les élèves de niveau élevé, la structure groupale, en ce qu'elle offre plus d'occasions de conflits sociocognitifs que la dyade, est à privilégier. Cependant, plusieurs auteurs précisent que lorsque la différence de niveau est trop importante entre les deux élèves, le travail n'est pas efficace : le plus « fort » fait le travail (Baudrit, 2005).

Buchs *et al.* (2008) ajoutent que les relations asymétriques favorisent la complaisance. En d'autres termes, les groupes constitués d'individus présentant des niveaux

2. Dans la condition « collaboration structurée », les élèves sont amenés à prendre des rôles spécifiques, lecteur, moniteur, contrôleur et scripteur. Dans le cas des dyades, les élèves alternent dans les rôles de lecteur/contrôleur et de scripteur/moniteur.

d'habiletés différents sont moins favorables aux conflits sociocognitifs, indispensables à l'apprentissage. Ils induisent plutôt un accord de surface ou une simple imitation.

De leur côté, Demonty, Dupont et Fagnant (2014) se sont attardées sur quatre modalités: la constitution du groupe, le type d'interaction, le rôle des indices et les objets de discussion auprès d'élèves en fin d'enseignement primaire. Concernant les **types d'interaction**, elles en mettent en relief trois. Le premier type d'interaction, que nous avons appelé interaction «unilatérale», s'observe lorsqu'un des élèves du groupe impose sa démarche, ne cherche pas à l'expliquer, et que les autres ne posent pas de question d'éclaircissement. Le deuxième type d'interaction, appelé «explicitation», se caractérise par l'explication par chacun des membres du groupe de sa démarche dans le but de convaincre les autres de sa pertinence. Le troisième type d'interaction, baptisé «coconstruction», se caractérise par une construction collective de la démarche de résolution. Les membres du groupe échangent leur avis en vue de résoudre ensemble la tâche proposée. Si la présence d'échanges au sein du groupe (interactions de type «explicitation» et «coconstruction») «est loin de garantir la réussite de la tâche […], à contrario, l'absence d'échanges a souvent abouti à une réponse incorrecte» (Demonty *et al.*, 2014, p. 188). Quant aux **objets de discussion**, l'efficacité ou non des groupes semble surtout liée à la stratégie mise en œuvre pour résoudre la tâche. Ensemble, ces constats amènent ces chercheures à conclure que des modalités de travail plus structurées conduiraient à une plus grande efficacité des travaux de groupe (Demonty *et al.*, 2014).

De l'hétérorégulation à l'autorégulation

Rappelons ici que les travaux conduits dans le champ théorique de l'analyse des régulations interactives (Hanin et Van Nieuwenhoven, 2018; Demonty *et al.*, 2014; Lepareur et Grangeat, 2017; Mottier Lopez, 2007) ont aussi mis à jour, dans le domaine de la résolution de tâches complexes, le potentiel des interactions entre pairs. Ces dernières constituent «des sources potentielles de régulation qui ont une fonction de médiation à l'**autorégulation** de l'élève» (Mottier Lopez, 2012, p. 31). Toutefois, compte tenu des difficultés rencontrées par les élèves dans la résolution de tâches complexes, il est nécessaire que l'enseignant dispense un **enseignement explicite de stratégies cognitives**, de manière à favoriser l'adoption d'une conduite d'hétérorégulation pouvant donner lieu à des comportements d'autorégulation (Hanin et Van Nieuwenhoven, 2018; Jaegers, Lafontaine et Fagnant, 2016; Kramarski et Mevarech, 2003).

Lorsque la régulation est stimulée par des facteurs externes tels que les interactions entre élèves (E-E), entre l'élève et le maître ou la maîtresse (E-M) ou entre l'élève et les outils mis à sa disposition (E-O), on parle d'hétérorégulation, tandis que lorsqu'elle relève directement du chef de l'élève, d'efforts internes, on parle d'autorégulation.

S'il ne faut pas sous-estimer l'importance des interventions externes, dès lors que les conduites d'autorégulation ne s'acquièrent pas spontanément et automatiquement (Schunk, 2001), il ne faut pas non plus perdre de vue que ce sont les conduites d'autorégulation, seules, qui assurent l'apprentissage (Allal, 2007). S'il n'y a pas de consensus à l'heure actuelle sur le nombre et la dénomination des stratégies d'autorégulation cognitive, beaucoup de chercheurs se rallient autour d'une typologie à quatre dimensions (par exemple Cartier, Butler et Janosz, 2007; Focant et Grégoire, 2008; Patrick, Ryan et Pintrich, 1999; Zimmerman, 2011) : la détermination du but, la planification, les stratégies de contrôle et les stratégies de régulation.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE

La présente étude s'appuie sur les deux champs de recherche mentionnés *supra* afin d'identifier les modalités les plus déterminantes dans l'efficacité des groupes. Nous entendons par « groupes efficaces » ceux qui favorisent l'adoption par les élèves de conduites d'autorégulation (compréhension approfondie du problème, planification de la démarche de résolution et vérification), le dépassement des enjeux conceptuels identifiés dans les tâches proposées et qui aboutissent à une réponse correcte comprise par tous les membres du groupe. L'étude a été menée auprès d'élèves plus âgés que ceux repris dans les recherches antérieures, plus précisément au sein d'une classe de troisième secondaire (14 filles) de l'enseignement général d'une école située à Bruxelles et présentant un indice socioéconomique[3] faible. Bien que l'idée soit d'analyser les interactions entre élèves sans manipulation, au vu de la revue de la littérature, nous avons pris plusieurs précautions, structurant *a minima* les groupes. Premièrement, compte tenu du niveau fragile des élèves, nous avons opté pour un format en dyade. Deuxièmement, pour limiter au maximum le phénomène de comparaison sociale, l'enseignant a pris soin d'associer des élèves de même niveau d'habiletés et entretenant une relation non conflictuelle. Pour la présente étude, nous avons retenu deux dyades[4] se composant, toutes deux, d'élèves faibles en résolution de problèmes et dont le français est la langue maternelle. Elles ont été choisies pour leur type d'interaction *a priori* très contrasté : l'un efficace et l'autre inefficace.

COLLECTE DE DONNÉES

Pendant quatre semaines, à raison d'une séance par semaine, les élèves de la classe ont été invités à résoudre un problème algébrique (voir annexe), d'abord individuellement, puis en dyade. Une analyse de ces problèmes axée sur les relations et le niveau de complexité est proposée en annexe.

3. Cet indice varie entre 1 et 20 et prend en compte cinq facteurs : le revenu par habitant, le niveau de diplôme des parents, le taux de chômage, les activités professionnelles et le confort des logements (Ministère de la Communauté française, 2009).

4. Sur les sept dyades participantes, seules deux répondaient à l'ensemble des conditions susmentionnées (élèves faibles, entretenant une relation non conflictuelle et ayant le français comme langue maternelle).

Notons que les problèmes ont été choisis par l'enseignant et qu'il s'agit de problèmes de réinvestissement. En donnant l'occasion aux élèves de résoudre d'abord individuellement le problème, nous souhaitions permettre à chacun de s'approprier le problème. Les démarches spontanées individuelles viennent nourrir les échanges en dyade. En accord avec les recherches soulignant la nécessité d'un enseignement explicite de stratégies cognitives de résolution de problèmes pour favoriser le développement de conduites hétérorégulées et autorégulées (Hanin et Van Nieuwenhoven, 2018; Blum, 2011; De Corte, Verschaffel et Masui, 2004; Kramarski et Mevarech, 2003), préalablement à la première séance, l'enseignant a expliqué à l'ensemble de la classe une démarche de résolution de problèmes en quatre étapes (Fagnant, 2008; Verschaffel *et al.*, 2004) : construction d'un modèle de situation, élaboration d'un plan d'attaque, vérification de la justesse et de la pertinence de la réponse obtenue et communication de la réponse. Cette démarche a ensuite été mise en application, par celui-ci, sur deux problèmes algébriques différents de ceux travaillés lors des quatre séances.

Afin d'être en mesure de comprendre toute la complexité des interactions entre élèves, nous avons adopté une approche qualitative à visée descriptive et compréhensive, et, plus précisément, l'étude de cas (Baxter et Jack, 2008; Willig, 2013; Yin, 2011). Effectivement, cette approche permet d'accéder à une description et à une compréhension détaillées et contextualisées du cas qui nous préoccupe et de ses complexités. Ce sont donc les échanges qui constituent l'unité d'analyse et non les individus eux-mêmes.

MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Les enregistrements ont été retranscrits sous forme de verbatim (Fereday et Muir-Cochrane, 2006; Zhou, 2014). Les codes et les thèmes ont été identifiés en utilisant une combinaison d'approches inductive et déductive, et ce, afin de mettre en exergue les liens dynamiques entre la théorie et les données. Par ailleurs, la procédure de codage a suivi un processus itératif (Urdan, Solek et Schoenfelder, 2007).

Les échanges verbaux ont été classés, selon leur nature, en sept catégories : 1) compréhension (ex. : retour à l'énoncé, compréhension de l'explication du pair); 2) explication (ex. : description spontanée, où à la demande, de sa démarche); 3) proposition (ex. : suggestion de stratégie, de mise en équation, de réponse); 4) clarification (ex. : question d'éclaircissement); 5) directive (ex. : calcul à effectuer); 6) désaccord (c.-à-d. remise en question de la proposition de l'autre); et 7) vérification (c.-à-d. vérification empirique[5] et pragmatique[6], et vérification de la solution obtenue). Ces catégories

5. Le contrôle empirique consiste à s'assurer qu'aucune faute de calcul n'a été commise en refaisant les calculs ou en effectuant la preuve (Focant et Grégoire, 2008).
6. Le contrôle pragmatique consiste à remettre en question la nature de la réponse et ses conditions de validité en fonction du contexte (Houdement, 2011).

serviront, par la suite, à caractériser le type d'interaction, l'objet des discussions, le niveau de responsabilité individuelle de chaque membre, ainsi que la présence de conduites d'autorégulation.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

La section consacrée aux résultats est scindée en deux parties. La première s'attache à dresser des constats généraux relatifs à la nature des échanges verbaux au sein de chaque dyade. La seconde cherche à affiner ces premiers constats en examinant chacune des séances sous quatre angles : le type d'interaction, l'objet des discussions, le niveau de responsabilité individuelle de chaque membre de la dyade et la présence de conduites d'autorégulation.

Nature des échanges verbaux

Le tableau 1 nous informe sur la nature des échanges verbaux au sein des dyades lors de chaque problèmes. Au sein de la dyade Anaëlle-Barbara, un premier constat est le nombre restreint d'échanges. Le problème 2 est celui qui comprend le nombre le plus important d'échanges, témoignant de sa complexité pour les deux élèves. La nature de ces échanges connaît une évolution positive au cours des problèmes. Effectivement, si au problème 1 les clarifications sollicitées par Anaëlle sont d'ordre pratique, elles deviennent, dès le problème 2, de nature conceptuelle. De plus, l'orientation directive, non propice à l'apprentissage, prise par Barbara dès le problème 1, se dissipe dès le problème 3 au profit de l'explication. *A contrario*, la dyade Camille-Dorothée se caractérise par un nombre élevé d'échanges. Au cours des quatre problèmes, Dorothée privilégie l'explication. Camille, pour sa part, recourt à une palette d'échanges variés, significatifs en termes d'apprentissage (compréhension, proposition, explication et clarification), sauf pour le problème 2, pour lequel elle fait essentiellement des propositions.

Tableau 1. **Évolution de la nature des échanges verbaux entre la séance 1 et la séance 4 pour chaque élève**

		Compréhension	Explication	Proposition	Clarification	Directive	Désaccord	Vérification	**Total**
P1	Anaëlle	1	1	1	2*	0	1	0	**7**
	Barbara	0	1	1	0	3	0	0	**5**
	Camille	7	5	6	5	0	1	2	**26**
	Dorothée	2	8	3	0	0	3	0	**16**
P2	Anaëlle	1	1	2	2	0	1	0	**7**
	Barbara	0	3	1	1	3	0	1	**9**
	Camille	1	1	4	1	0	1	0	**8**
	Dorothée	1	5	1	2	0	1	0	**10**
P3	Anaëlle	0	1	1	2	0	0	0	**4**
	Barbara	0	4	0	0	1	1	0	**6**
	Camille	2	9	0	5	0	3	0	**19**
	Dorothée	1	10	5	3	0	3	1	**23**
P4	Anaëlle	2	0	2	0	0	1	0	**5**
	Barbara	0	2	0	0	0	0	1	**3**
	Camille	3	2	1	4	0	0	0	**10**
	Dorothée	2	4	0	1	0	1	2	**10**

* Il s'agit dans ce cas-ci de clarifications d'ordre pratique.
Légende : P1 = problème 1; P2 = problème 2; P3= problème 3; P4= problème 4.

Caractériser l'évolution des interactions au sein de chaque dyade

Pour rappel, trois critères ont été retenus pour la caractérisation des interactions : le type d'interaction, le ou les objets de discussion et le niveau de responsabilité individuelle de chaque membre.

Dyade Anaëlle-Barbara

Lors du premier problème, plusieurs indices attestent d'un fonctionnement de type « unilatéral ». Barbara « impose » sa démarche à Anaëlle et dirige l'échange (transcription 1). Le fait qu'elle ne se soucie ni de la démarche d'Anaëlle ni des propositions que cette dernière lui fait pour l'affiche commune, et qu'elle refuse d'adapter sa démarche, en témoigne. S'il est vrai qu'à la demande d'Anaëlle Barbara explique sa démarche, ses explications sont trop rapides pour que sa condisciple puisse se les approprier. Notons également qu'Anaëlle ne pose aucune question de clarification d'ordre conceptuel. Si cette dernière ne semble pas réticente à reprendre la démarche de Barbara (« Et si on fait comme tu as fait ici? »), à plusieurs reprises elle tente de prendre sa place au sein de l'échange en mentionnant le plan d'attaque tel que défini par l'enseignant, et en demandant de pouvoir écrire sur l'affiche commune. Si, la première fois, elle se fait rabrouer par Barbara, la seconde elle n'arrive pas à suivre le débit de parole de cette dernière. Au niveau des objets de discussion, il s'agit d'une discussion tournant essentiellement autour de considérations pratiques. Par ses propos, on constate qu'Anaëlle n'a pas intégré le raisonnement de Barbara. Cette dernière ne s'assure à aucun moment de sa compréhension.

Transcription 1. **Illustration des échanges au sein de la dyade Anaëlle-Barbara pour le problème 1**

A : L'âge de la mère, tu as fait comment pour trouver ça?

B : J'ai écrit tout mais ... Attends ! J'ai écrit l'âge, puis j'ai fait le triple. Et puis j'ai fait plus 11 les 2. Et puis j'ai fait ... l'âge de la fille plus 11 fois 2. Et j'ai que la mère elle a 51 ans et la fille, elle a 24 ans après 11 ans.

A : Moi, j'ai fait la même chose mais sauf que j'ai pas trouvé.

B : Ben, on a qu'à faire le mien.

[...]

A : Mais, le plan d'attaque du problème ce n'est pas ça. C'est le plan, c'est comment tu vas résoudre ton problème.

B : Ben oui, mais moi j'ai fait comme ça. Donc ça va être un peu dur de l'écrire.

A : Et si on fait comme tu as fait ici?

B : Non, ça c'est trop long. Je vais juste écrire à partir d'ici. Donc, 10 c'est 30; 11 c'est 33; 12 c'est 36; 13 c'est 39. On va barrer ceux qui sont faux, c'est celui-là qui est juste... Plus 11, ça fait 24.

A : J'écris la fin? ... Donc 24 et quoi?

B : Et 51. Le double de l'âge de la fille...

A : Stop, tu vas trop vite!

Lors du deuxième problème, on peut observer un changement dans le type d'interaction entre Anaëlle et Barbara (transcription 2). Effectivement, si, au début, Barbara semble encore tenir fermement les rênes de l'échange, elle se remet en question et écoute davantage les propositions d'Anaëlle quand elle se rend compte que sa démarche ne fonctionne pas. La modélisation sous la forme d'un système d'équations et la compréhension des relations entre les états et les taux constituent de réels obstacles pour le duo. De plus, bien que l'on ne puisse pas encore parler « d'explicitation », leurs échanges, en contestant la stratégie à utiliser et la pertinence d'obtenir un nombre décimal, prennent une tournure plus propice à l'apprentissage.

Transcription 2. **Illustration des échanges au sein de la dyade Anaëlle-Barbara pour le problème 2**

B : Mais oui, mais on ne sait pas faire 16 divisé par 20.

A : Je ne comprends pas. Alors c'est pas comme ça qu'il faut faire?

B : Non

A : Peut-être les spectateurs divisés par la recette?

B : Ça fera quand même un chiffre à virgule…

B : Peut-être que ça, il ne faut pas s'en occuper peut-être? Peut-être qu'on doit faire 28 740 divisés par 20 et ça nous fait le nombre de places et 28 740 divisés par 14.

A : Ben, 1 437 places achetées pour 20. Et pour 14…

B : Non, pour 14 c'est pas comme ça. Enfin, je sais pas… Attends, vas-y, fais quand même. Ben on écrit euh… non ce n'est pas possible. [Voyant qu'Anaëlle obtient un nombre décimal.]

A : On doit pas faire 20 plus 14?

B : Pourquoi?

A : Je ne sais pas.

Lors du troisième problème, elles explicitent toutes les deux leurs démarches, mais l'interaction nous semble plus « unilatérale » que relever de l'« explicitation ». L'analyse des objets de discussion abonde dans le même sens.

Lors du quatrième problème, il semblerait que la relation soit à nouveau « unilatérale » (transcription 3). Effectivement, si, à plusieurs reprises, Barbara explique son raisonnement à Anaëlle et lui démontre que l'approche par essais-erreurs est pertinente dans ce cas-ci, quand cette dernière se propose d'expliciter le sien, sa proposition reste sans réponse. Comme précédemment, Anaëlle cherche à prendre sa place au sein de l'échange. Et, cette fois, ses interventions semblent témoigner de sa compréhension du problème (« Oui, et fois 11, ça fait 99 »; « 108 plus les 300 »). Précisons que, comme Anaëlle le souligne d'entrée de jeu, elle n'a pas compris le problème, on peut faire l'hypothèse que ce sont les explications de Barbara qui lui ont permis de comprendre.

Transcription 3. **Illustration des échanges au sein de la dyade Anaëlle-Barbara pour le problème 4**

A : T'as eu combien?

B : Euh, attends, 12.

A : Moi aussi. Enfin, j'ai pas trouvé… en fait, le calcul je n'ai pas très bien compris.

B : Eh bien, le calcul, moi j'ai fait le nombre de T-shirt, attends… Le nombre de T-shirts fois 20. Puis j'ai fait 9 euros fois x. Non… oui fois x. Puis après fois 10. D'office c'est pas fois 10 parce qu'alors il n'y a que 90 euros.

A : Oui, et fois 11, ça fait 99.

B : Oui.

A : Regarde comment j'ai fait mon calcul, moi.

B : Donc 9 fois 10 ça fait que 90, donc c'est pas possible. 9 fois 11 ça fait 99… Ben 9 euros fois 12, regarde ça fait 108 + 300, ça fait 408.

A : Oui, mais il faut un calcul pour trouver ça!

B : Mais non, parce qu'on a fait au hasard. Regarde, on a fait 9 fois 10 c'est 90, donc pas possible, car ça fait 390. Puis on a fait 9 fois 11 ça fait 99, donc ça fait 399 donc, c'est pas possible. Puis on a fait 9 fois 12 et ça c'est possible, car 9 fois 12 égale…

A : 108 plus les 300… [Elle est coupée par B.]

B : 108 euros. 300 + 108 = 408. Il faudra donc vendre au minimum 12 casquettes. Voilà, problème fait!

Si l'augmentation des tentatives d'Anaëlle de prendre place au sein de l'échange, de prêter main-forte pour les calculs, témoigne d'une certaine «responsabilité individuelle» vis-à-vis de l'apprentissage de la dyade, le fait qu'elle ne pose presque pas de questions de clarification alors qu'elle n'a pas compris le problème laisse sous-entendre qu'elle ne ressent pas de forte responsabilité vis-à-vis de son propre apprentissage. *A contrario*, la prise en charge par Barbara de chaque problème et son peu d'intérêt pour les suggestions d'Anaëlle semble attester chez elle d'une forte responsabilité vis-à-vis de son propre apprentissage et d'une faible responsabilité pour celui de la dyade.

Dyade Camille-Dorothée

Déjà, au problème 1, l'interaction entre Camille et Dorothée relève de l'«explicitation» et de la «coconstruction». Effectivement, quand elle apprend que Camille n'a pas réussi à résoudre le problème, Dorothée entreprend de le lui expliquer sans lui imposer sa démarche. Les interventions de Camille montrent que celle-ci cherche à comprendre le raisonnement de Dorothée et à contribuer à la construction de celui-ci. Chaque fois que l'une des deux filles propose une nouvelle mise en équation (suite au non-fonctionnement de la précédente), elle est corésolue. Comme le montre la transcription 4, elles échangent leurs avis, font des propositions, sont à l'écoute l'une de l'autre. La relation entre Camille et Dorothée est symétrique. Soulignons la difficulté que représente, pour les deux élèves, le traitement algébrique des relations («inférieur de trois»; «le triple de») et la compréhension des relations entre les grandeurs.

Transcription 4. **Illustration des échanges au sein de la dyade Camille-Dorothée pour le problème 1**

C : Donc, ça fait 5x+3=0, après le -3 on le met de l'autre côté… mais c'est pas logique… C'est quoi ton calcul à toi?

D : x fois 3x est égal à 11 fois 2x-3.

C : Et on met tous les x d'un côté et tous les nombres de l'autre?

D : Oui.

C : Mais c'est plus et pas fois non? Donc, x plus 3x.

D : Ah oui, c'est plus, car c'est fois 3.

C : Oui oui…

D : Donc l'âge x+3x, ça fait 4x.

C : Plus 2x.

D : Moins 2x.

C : Ah oui.

D : Est égal à ... 8.

C : Hein?

D : Oui, parce que 11-3.

C : Ah oui, ça fait 8 plus x.

D : Attends, là ça fait 2x.

C : Oui, et après on fait x est égal à 8 divisé par 2… ça fait 4.

D : Attends, donc ici x est égal à 8 divisé par 2.

C : Oui, et x est égal à 4.

C : Et ça c'est l'âge de qui?

D : De la fille.

C : La fille elle a 4 ans.

Quant à l'objet de la discussion, comme on peut le voir dans les différents extraits (figures 4 à 6), il porte sur le cœur de l'activité mathématique (pertinence de la stratégie utilisée, principes de résolution d'une équation, sens du résultat trouvé, etc.). Cette coconstruction de la démarche de résolution est adoptée dans les trois problèmes suivants. Leurs propos se nourrissent mutuellement et leur permettent de remettre en question leur procédure et d'en tester de nouvelles.

Par exemple, au problème 3 (transcription 5), bien que Dorothée soit dubitative à l'idée que « 3x » et « 3+x » soient deux écritures identiques, non seulement elle accepte de tester la proposition de Camille, mais elle s'y implique cognitivement. Relevons à nouveau la difficulté que représente le traitement algébrique des relations impliquées dans le problème (« triple de »; « 50 €de moins que »).

Transcription 5. **Illustration des échanges au sein de la dyade Camille-Dorothée pour le problème 3**

C : Je sais pas, j'ai l'impression que ça va pas.

D : C'est normal.

C : Euh, attends, attends.

D : On va essayer.

C : Donc, x+3. Je dois faire x+3+x+3-50?

D : Oui.

C : Est égal à 1000. Donc si on fait x+3, le truc de Clara.

D : Oui.

C : Plus Youssef, donc x+3-50, plus le x de Tanguy est égal à 1000.

D : Attends, tu dois mettre ça entre parenthèses.

C : Quoi?

D : Oui parce que ça c'est quelque chose, ça c'est quelque chose, ça c'est quelque chose. Enfin quand tu feras le calcul ça changera rien, mais il faut le mettre entre parenthèses… Donc ça fait 3x en tout.

C : Oui, mais le moins 50 on le met là.

D : Non, mais tu le mets là… Attends, regarde… donc ça fait 44.

C : Pourquoi 44?

D : Parce que regarde là, j'enlève.

C : Ah oui, parce que tu as fait 50-6.

Conduites hétérorégulées et autorégulées

Dyade Anaëlle-Barbara

Au problème 1, Anaëlle attire l'attention de Barbara sur la nécessité de faire un plan, mais Barbara, n'ayant pas procédé ainsi, rejette la proposition. Dans le second problème, Barbara opère un contrôle pragmatique de la réponse quand elle dit que ce n'est pas possible d'obtenir un nombre décimal (transcription 6). La réaction d'Anaëlle (« Euh, il faut prendre deux chiffres après la virgule? ») induit chez Barbara une remise en question de sa procédure et l'essai d'une nouvelle stratégie (« Peut-être que ça, il ne faut pas s'en occuper peut-être? Peut-être qu'on doit faire 28 740 divisés par 20 et ça nous fait le nombre de places et 28 740 divisés par 14. »). Ce processus d'hétérorégulation semble donc s'être soldé par une conduite autorégulée de la part de Barbara. Malheureusement, ce processus est à sens unique. Au problème 4, les propos de Barbara (« Regarde, on a fait 9 fois 10 c'est 90, donc pas possible, car ça fait 390. Puis on a fait 9 fois 11 ça fait 99, donc ça fait 399 donc, c'est pas possible. Puis on a fait 9 fois 12 et ça c'est possible, car 9 fois 12 égale… »), traduisent un contrôle pragmatique. Barbara s'est, en effet, souciée de respecter les contraintes posées dans l'énoncé (pour rappel: la vente des T-shirts et des casquettes doit être supérieure à 405 €). Notons, cependant, l'absence de référence au contexte du problème (stratégie de détermination du but) et de planification.

Transcription 6. **Illustration des échanges au sein de la dyade Anaëlle-Barbara pour le problème 2**

A: Euh, il faut prendre deux chiffres après la virgule?

B: Je sais pas… Mais, c'est n'importe quoi si c'est un chiffre à virgule.

A: Mais non, on peut payer 11euros 47, mais on peut pas payer 11 euros 57 et 41, 12, 73. C'est impossible. Donc, on les prend pas tous, on prend les deux.

B: Mais oui, mais on ne sait pas faire 16 divisé par 20.

A: Je ne comprends pas. Alors c'est pas comme ça qu'il faut faire.

B: Non.

A: Peut-être les spectateurs divisés par la recette?

B: Ça fera quand même un chiffre à virgule…

B: Peut-être que ça, il ne faut pas s'en occuper peut-être? Peut-être qu'on doit faire 28 740 divisés par 20 et ça nous fait le nombre de places et 28 740 divisés par 14.

Dyade Camille-Dorothée

Tout au long des quatre problèmes, tant Camille que Dorothée recourent aux stratégies de détermination du but, de contrôle et de régulation. Concernant la stratégie de détermination du but, elles n'hésitent pas à se référer à l'énoncé lorsqu'elles sont coincées ou qu'elles constatent que leur démarche ne fonctionne pas (transcription 7). Il est à noter que, pour le problème pour lequel elles semblent rencontrer le plus difficulté, elles ne se réfèrent qu'une seule fois à l'énoncé, et ce, au tout début de leurs échanges.

Transcription 7. **Illustration de l'utilisation de la stratégie de détermination du but par Camille et Dorothée dans les quatre problèmes**

(P1) Regarde, donc là, l'âge de la mère est le triple de celui-là de sa fille, donc c'est trois fois plus. Dans 11 ans, c'est le double, donc deux fois plus. Le double de l'âge de la fille sera inférieur de 3 ans à celui-là de sa mère. Donc si c'est 3x + 2x est égal à -3.

(P2) 28 740 spectateurs ont assisté à un match pour lequel le prix des places était soit de 14 €, soit de 20 €.

(P3) Sachant que la recette fut de 447 600 €, détermine le nombre de places à 14 et à 20 €.

(P4) Oui, donc voilà, on dit que Clara a le triple de Tanguy.

Leurs échanges sont dynamisés par l'application de contrôles pragmatiques et de stratégies de régulation. Ainsi, dans le problème 1, quand elles arrivent à la conclusion que «Elle a 0 an, c'est pas possible», Camille enchaîne directement avec une autre proposition de mise en équation. Un autre exemple nous est donné au problème 2: après le constat par Barbara du non-fonctionnement de sa stratégie («Mais ça fait pas assez. Genre quand tu fais fois 14 et puis après fois 20.»), Camille surenchérit («Mais, on peut pas faire 20 + 14 = 34 comme pgcd?»). Elles déploient, toutes deux, des conduites d'hétérorégulation permettant de faire progresser l'échange et de permettre à l'initiatrice de la démarche testée de se rendre compte du non-fonctionnement de celle-ci et, ainsi, de s'autoréguler.

DISCUSSSION DES RÉSULTATS

S'appuyant sur une analyse qualitative, la présente étude s'est donné pour objectif d'identifier les modalités qui rendent les interactions entre pairs efficaces en contexte de résolution de problèmes mathématiques. Un de nos objectifs était de constituer des dyades homogènes pour éviter toute menace de compétence par le phénomène de comparaison sociale. Nos constats semblent montrer que cette menace a été évitée au sein des deux dyades. Pour la dyade Camille-Dorothée, les deux élèves osent toutes les deux dire qu'elles n'ont pas compris, poser des questions de clarification, faire des propositions, etc. Dans l'autre dyade, le fait qu'Anaëlle précise, d'entrée de jeu, qu'elle n'a pas compris le problème, qu'elle ose faire part de son raisonnement semble indiquer que la menace de compétence n'était pas présente.

Si les quatre énoncés proposés étaient jugés abordables par l'enseignant, l'analyse des problèmes et la nature des échanges révèlent des niveaux d'exigence différents. Les deux premiers problèmes sont très exigeants: types de problèmes complexes, états inconnus, nombre important de relations et modélisation complexe. D'ailleurs, les deux dyades recourent préférentiellement à la méthode d'essai-erreur plutôt qu'à la mise en équation. Ce constat témoigne de la complexité de la compréhension des relations entre les grandeurs en jeu. Le problème 3, en ce qu'il ne présente que deux relations, apparaît moins complexe que les deux premiers. Cependant, comme les deux premiers, il a mis en exergue la difficulté qu'ont les dyades à traiter algébriquement des relations telles que «plus que», «moins que», «le triple de», etc. Quant au problème 4, on peut constater que l'emprise du contrat didactique («Madame a dit qu'il s'agissait de problèmes algébriques, donc je dois essayer de formuler avec des "x".») a fait que les dyades n'ont pas tout de suite perçu qu'il s'agissait d'un problème connecté[7] (Bednarz et Janvier, 1994). Afin de favoriser le sentiment de compétence de ces dyades fragiles, il aurait donc été plus judicieux de proposer les deux derniers

7. Un problème est dit connecté quand «une relation peut facilement être établie entre deux données connues, induisant alors un raisonnement de type arithmétique s'articulant sur les données connues du problème pour aboutir en fin de processus à retrouver la donnée inconnue» (Bednarz et Janvier, 1994, p. 279).

problèmes en début de séquence. Ces constats soulignent l'importance, en formation initiale, de former les enseignants à une analyse approfondie des problèmes. L'enjeu est de sélectionner des problèmes suffisamment complexes pour favoriser de réels échanges entre les élèves et justifier un travail en groupe sans que la complexité devienne un frein à l'échange.

Même si les problèmes n'ont pas toujours été correctement résolus, un processus de recherche est bien engagé entre les deux élèves. Camille, par exemple, recourt à une palette d'échanges variés, significatifs en termes d'apprentissage : compréhension, proposition, explication et clarification. Au niveau des stratégies de régulation cognitive, la planification ne semble pas être utilisée. Comme le souligne Focant (2008), la planification requiert de pouvoir projeter les actions et stratégies à mettre en œuvre et d'évaluer leurs potentielles retombées (Focant, 2008). Cela nécessite d'avoir une compréhension approfondie du problème ce qui, pour des résolveurs novices, n'est pas chose aisée.

Étant donné les difficultés rencontrées par les élèves, le rassemblement en dyade n'a pas permis de franchir les nœuds conceptuels rencontrés. Ainsi, si Camille et Dorothée troquent l'expression « 3 +€*x* » pour celle de « 3*x* », c'est parce que la première ne donnait pas un résultat satisfaisant et non parce qu'elles se sont rendu compte que leur expression était incorrecte. À plusieurs reprises, elles commettent également des erreurs de priorité des opérations. La question se pose ici d'envisager des leviers qui pourraient leur permettre de dépasser les nœuds conceptuels rencontrés. Allal (2007) et Mottier-Lopez (2012) proposent de soutenir les interactions entre pairs par l'intervention de l'enseignant ou la mise à disposition d'outils. Dans le premier cas, Perrenoud met en garde quant à la possibilité d'interprétation de l'enseignant au niveau des démarches adoptées par les élèves pour « interférer adéquatement avec les processus de pensée en cours » (Perrenoud, 1993, p. 45) et pour le second levier, Demonty *et al.* (2014) précisent la difficulté de proposer des indices pertinents au bon moment du processus de résolution. L'analyse des échanges entre nos deux dyades met clairement en évidence des fonctionnements différents, traduisant des besoins différents. Étant donné le niveau scolaire des élèves concernées et leur capacité à se rendre compte de l'impasse dans laquelle elles se trouvent parfois, le recours autonome à des indices pourrait être une piste d'amélioration du dispositif de classe.

Quant au fonctionnement interne des dyades, Camille et Dorothée alternent différents types d'interaction positive de type « explicitation » et « coconstruction » (Demonty *et al.*, 2014) et développent des conduites hétérorégulées et autorégulées, même si elles restent toutes les deux fragiles au niveau du raisonnement mathématique et n'atteignent pas toujours un résultat correct. Nos résultats corroborent les études de Fuchs et collaborateurs (2000, 2008), qui précisent qu'il ne faut donc pas nécessairement constituer des dyades hétérogènes et que les relations symétriques sont favorables aux apprentissages. À ce sujet, plusieurs recherches révèlent que lorsqu'il y a un décalage entre les deux élèves, le plus « fort » a spontanément tendance à mettre en place une démarche assez directive plutôt que d'aider le plus « faible » à s'approprier la démarche, tandis que ce dernier a spontanément tendance à se positionner en situation de « dépendance » par rapport au premier (Baudrit, 2005; Berzin, 2012; Peyrat-Malaterre, 2011). Pour infléchir cette tendance, et faire en sorte que l'élève le plus faible de la dyade ne soit plus un simple exécutant, une option consiste à grouper des élèves ayant des solutions différentes avec pour mission de se mettre d'accord sur une seule réponse qui sera ensuite défendue devant la classe complète (Maurel et Sackur, 2010). Et les auteurs de cette proposition de préciser l'importance d'amener chaque groupe à un échange argumenté sur les démarches empruntées par chaque membre, plutôt qu'à un accord public formel. Il s'agit donc de favoriser des échanges productifs sur le plan des apprentissages.

CONCLUSION

Notre but était d'identifier les modalités les plus déterminantes dans l'efficacité du travail de groupe, c'est-à-dire celles qui favorisent l'adoption par les élèves de conduites d'autorégulation, le dépassement des enjeux conceptuels ciblés et qui aboutissent à une réponse correcte comprise par tous les membres du groupe. Pour soutenir davantage le travail en groupe et en accord avec Crahay, Hindryckx et Lebe (2001), il semble important de proposer un dispositif qui s'échelonne dans le temps pour permettre à la dynamique d'interaction de s'installer entre les membres d'une dyade. D'autres questions restent en suspens : les types d'interaction qui apparaissent dans les dyades influencent-ils l'efficacité des apprentissages? Les contenus mêmes des discussions influencent-ils l'efficacité de la dyade? Quelle place réserver à l'enseignant pour soutenir le dépassement des nœuds conceptuels?

Si la présente étude apporte une contribution aux avancées tant sur le plan de la recherche que de la pratique, plusieurs limites sont à souligner. Premièrement, notre analyse porte seulement sur deux dyades. Nos résultats devraient donc être confirmés auprès d'un échantillon plus large. Deuxièmement, les études ayant montré des rapports différents à la discipline mathématique selon le genre (Frenzel *et al.*, 2007; Rozendaal, Minnaert et Boekaerts, 2001), il serait intéressant de répéter la présente étude avec des dyades constituées exclusivement de garçons et des dyades mixtes, et d'en comparer les résultats. Troisièmement, si la plus-value d'un travail en dyade « homogène » invite à réitérer l'expérience, la persistance de difficultés d'ordre conceptuel incite à tester l'efficacité de différentes modalités de soutien, telles que la mise à disposition d'indices bien pensés et une séquence de problèmes plus progressive.

Références bibliographiques

ALLAL, L. (2007). Régulations des apprentissages : orientations conceptuelles pour la recherche et la pratique en éducation. Dans L. Allal et L. Mottier Lopez (dir.). *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (p. 7-24). Bruxelles : De Boeck.

BAUDRIT, A. (2005). *L'apprentissage coopératif : origines et évolutions d'une méthode pédagogique*. Bruxelles : De Boeck.

BAXTER, P. et JACK, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The qualitative report*, *13*(4), 544-559.

BEDNARZ, N. et DUFOUR-JANVIER, B. (1994). The emergence and development of algebra in a problem solving context: A problem analysis. Dans J. da Ponte et J. Matis (dir.). *Proceedings of the 18th International Conference of the Psychology of Mathematics Education* (vol. II, p. 64-71). Lisbonne : Université de Lisbonne.

BLUM, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. Dans Kaiser, G., Blum, W., Borromeo Ferri, R. et Stillman, G. (dir.). *Trends in Teaching and Learning Mathematical Modelling* (p. 15-30). New York : Springer.

BONNERY, S. (2009). Scénarisation des dispositifs pédagogiques et inégalités d'apprentissage. *Revue française de pédagogie*, *167*, 13-23.

BUCHS, C., DARNON, C., QUIAMZADE, A., MUGNY, G. et BUTERA, F. (2008). Conflits et apprentissage. Régulation des conflits sociocognitifs et apprentissage. *Revue française de pédagogie*, *163*, 105-125.

BUCHS, C., GILLES, I. et BUTERA, F. (2012). Optimiser les interactions sociales lors d'un travail de groupe grâce à l'apprentissage coopératif. Dans E. Bourgeois et G. Chapelle (dir.). *Apprendre et faire apprendre* (pp. 211-220). Paris : Presses Universitaires de France.

BUCHS, C., LEHRAUS, K. et CRAHAY, M. (2012). Coopération et apprentissage. Dans M. Crahay (dir.). L'école peut-elle être juste et efficace? (p. 421-454). Bruxelles : De Boeck.

CARTIER, S. C., BUTLER, D. L. et JANOSZ, M. (2007). L'autorégulation de l'apprentissage par la lecture d'adolescents en milieu défavorisé. *Revue des sciences de l'éducation*, *33*(3), 601-622.

DE CORTE, E., VERSCHAFFEL, L. et MASUI, C. (2004). The CLIA-Model: A Framework for Designing Powerful Learning Environments for Thinking and Problem Solving. *European Journal of Psychology of Education*, *19*, 365-384.

DEMONTY, I., BLONDIN, C., MATOUL, A., BAYE, A. et LAFONTAINE, D. (2013). La culture mathématique à 15 ans. Premiers résultats de Pisa 2012 en Fédération Wallonie-Bruxelles. *Les Cahiers des Sciences de l'Éducation*, *34*, 1-26.

DEMONTY, I., DUPONT, V. et FAGNANT, A. (2014). Analyse des régulations interactives entre élèves lors de la résolution d'un problème mathématique en groupe. *Cahiers des Sciences de l'Éducation*, *36*, 175-214.

DEMONTY, I. et FAGNANT, A. (2014). Tâches complexes en mathématiques : difficultés des élèves et exploitations collectives en classe. *Éducation et francophonie*, *42*(2), 173-89.

FAGNANT, A. (2008). Des outils didactiques pour développer la résolution de problèmes dans l'enseignement fondamental. Aperçu des fondements théoriques et entrée au cœur de quelques activités. *Cahiers des Sciences de l'Éducation–Université de Liège (aSPe)*, *27*(28), 51.

FAGNANT, A., DUPONT, V. et DEMONTY, I. (2016). Régulation interactive et résolution de tâches complexes en mathématiques. Dans L. Mottier Lopez et W. Tessaro (dir.), *Le jugement professionnel au cœur de l'évaluation et de la régulation des apprentissages*. Berne : Peter Lang.

FEREDAY, J. et MUIR-COCHRANE, E. (2006). Demonstrating rigor using thematic analysis: a hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development. *International Journal of Qualitative Methods*, *5*(1), 80-92.

FOCANT, J. et GREGOIRE, J. (2008). Les stratégies d'autorégulation cognitive : une aide à la résolution de problèmes arithmétiques. Dans M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte et J. Gregoire (dir.), *Enseignement et apprentissages des mathématiques. Que disent les recherches psychopédagogiques?* (p. 201-221). Bruxelles : De Boeck.

FRENZEL, A.C., PEKRUN, R. et GOETZ, T. (2007). Girls and mathematics. A "hopeless" issue? A control-value approach to gender differences in emotions towards mathematics. *European Journal of Psychology of Education*, *4*(22), 497-514.

FUCHS, L. S., FUCHS, D., PHILLIPS, N. B., HAMLETT, C. L. et KARNS, K. (1995). Acquisition and transfer effects of classwide peer-assisted learning strategies in mathematics for students with varying learning histories. *School Psychology Review*, *24*, 604–620.

GINSBURG, A., COOKE, G., LEINWAND, S. et POLLOCK, E. (2005). *Reassessing U.S. international mathematics performance: New findings from 2003 TIMSS and PISA*. Washington, D.C. : American institute for Research.

GUZMAN, J., BEDNARZ, N. et HITT, F. (2003). A Theoretical Model of Analysis of Rate Problems in Algebra. *International Group for the Psychology of Mathematics Education, 3,* 9-16.

HANIN, V. et VAN NIEUWENHOVEN, C. (2018). Évaluation d'un dispositif d'enseignement apprentissage en résolution de problèmes mathématiques: Évolution des comportements cognitifs, métacognitifs, motivationnels et émotionnels d'un résolveur novice et expert. *Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et Formation*, 4(1), 37-66.

HANIN, V. et VAN NIEUWENHOVEN, C. (2016). Évaluation d'un dispositif pédagogique visant le développement de stratégies cognitives et métacognitives en résolution de problème en première secondaire. Évaluer. *Journal international de Recherche en Éducation et Formation*, 2(1), 53-88.

JAEGERS, D., LAFONTAINE, D. et FAGNANT, A. (2016). Favoriser la co-régulation et la co-construction d'une démarche efficace de résolution de problèmes mathématiques en fin d'enseignement primaire. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, *38*(3), 1-21.

JOHNSON, D. W. et JOHNSON, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative Learning. *Educational Researcher*, *38*(5), 265–379.

KRAMARSKI, B. et MEVARECH, Z.R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal*, *40*(1), 281-310.

LAJOIE, C. et BEDNARZ, N. (2014). La résolution de problèmes mathématiques au Québec: évolution des rôles assignés par les programmes et des conseils donnés aux enseignants. *Éducation et Francophonie*, *42*(2), 7-23.

LEPAREUR, C. et GRANGEAT, M. (2017). L'évaluation formative: un soutien à l'autorégulation des apprentissages dans les enseignements scientifiques? Dans S. Cartier et L. Mottier-Lopez (dir.), *Soutien à l'apprentissage autorégulé en contexte scolaire* (p. 183-212). Québec: Presses de l'Université du Québec.

MARCOUX, G. (2012). *Tâches scolaires et mobilisation adaptée de procédures: Quels paramètres sont influents?* (Thèse de doctorat). Université de Genève.

MAUREL, M. et SACKUR, C. (2010). Il ne faut pas désarticuler un nombre. Mise en œuvre du dispositif Cesame en primaire. *Grand N, 85*, 43-59.

MOTTIER-LOPEZ, L. (2012). *La régulation des apprentissages en classe*. Bruxelles : De Boeck.

MOTTIER-LOPEZ, L. (2007). Régulations interactives situées dans des dynamiques de microculture de classe. *Mesure et évaluation en éducation*, *30*(2), 23-47.

PATRICK, H., RYAN, A.M. et PINTRICH, P.R. (1999). The differential impact of extrinsic and mastery goal orientations on males' and females' self-regulated learning. *Learning and Individual Differences*, *11*(2), 153-171.

PERELS, F., GÜRTLER, T. et SCHMITZ, B. (2005). Training of self-regulatory and problem-solving competence. *Learning and Instruction*, *15*(2), 123-139.

PLANTE, I. (2012). L'apprentissage coopératif : des effets positifs sur les élèves aux difficultés liées à son implantation en classe, *Revue Canadienne de l'Éducation*, *35*(3),252-283.

ROZENDAAL, J. S., MINNAERT, A. et BOEKAERTS, M. (2001). Motivation and self-regulated learning in secondary vocational education: Information-processing type and gender differences. *Learning and Individual Differences*, *13*(4), 273-289.

SABOYA, M., TREMBLAY, M., ADIHOU, A., SQUALLI, H. *et al.* (2013). *Résolution de problèmes écrits au moment de l'introduction de l'algèbre : analyse de productions d'élèves du premier cycle du secondaire*. Article présenté à Actes du colloque GDM.

SCHUNK, D.H. (2001). Social cognitive theory and self-regulated learning. Dans B.J. Zimmerman et D.H. Schunk (dir.). *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (p. 125-152). Mahwah, NJ : Erlbaum.

SLAVIN, R.E. (2010). L'apprentissage coopératif : pourquoi ça marche? Dans H. Dumont, D. Istance et F. Benavides (dir.). *Comment apprend-on? La recherche au service de la pratique* (p. 171-189). Paris, France : Publication de l'OCDE.

TOPPING, K. (2011). Primary-secondary transition: differences between teachers' and children's perceptions. *Improving schools*, *14*(3), 268-285.

URDAN, T., SOLEK, M. et SCHOENFELDER, E. (2007). Students' perceptions of family influences on their academic motivation: *A qualitative analysis. European Journal of Psychology of Education*, *22*(1), 7-21.

VERSCHAFFEL, L., GREER, B. et VAN DOOREN, W. (2008). La résolution de problèmes. Dans A. Van Zanten (dir.), *Dictionnaire de l'éducation* (p. 588-590). Paris : Presses universitaires de France.

ZIMMERMAN, B.J. (2011). Motivational sources and outcomes of self-regulated learning and performance. Dans B. Zimmerman et D. Schunk (dir.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (p. 49-64). New York : Routledge.

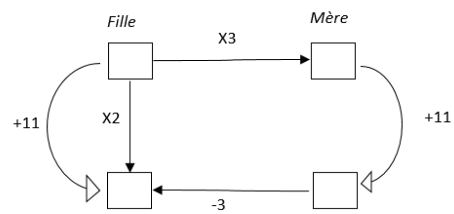
WILLIG, C. (2013). *Introducing qualitative research in psychology* (3e éd.). Buckingham, UK : Open University Press.

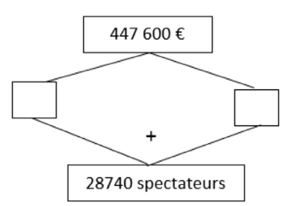
YIN, R.K. (2011). *Qualitative Research from Start to Finish*. New York : The Guilford Press.

ZHOU, J. (2015). International students' motivation to pursue and complete a Ph.D. in the U.S. *Higher Education, 69*(5), 719-733.

ANNEXE

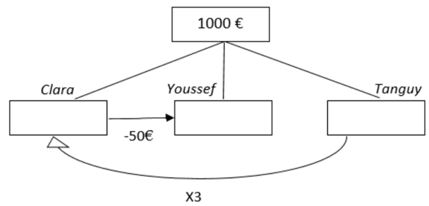
PROBLÈMES ALGÉBRIQUES PROPOSÉS DANS LES QUATRE SÉANCES

<table>
<tr><th></th><th>Énoncés</th><th>Type de problème</th><th>Modélisation et résolution</th><th>Analyse en matière de relation</th><th>Analyse en matière de complexité</th></tr>
<tr><td>Séance 1</td><td>P1 : « Question d'âge! »
L'âge d'une mère est actuellement le triple de celui de sa fille. Dans 11 ans, le double de l'âge de la fille sera inférieur de 3 ans à celui de sa mère. Quel est l'âge actuel de sa fille?</td><td>• Problème de transformation dans le temps et de relation de comparaison (Guzman, Bednarz et Hitt, 2003)
• Problème déconnecté[8] (Bednarz et Janvier, 1994)</td><td>

x : âge de la fille
$3x$: âge de la mère
Âge de la fille dans 11 ans : $(x+11)$
Age de la mère dans 11 ans : $(3x+11)$
$2(x+11)=(3x+11)-3$
La fille a 14 ans et sa mère a 42 ans</td><td>• 4 états inconnus
• 2 relations multiplicatives
• 1 relation additive
• 1 relation de transformation dans le temps</td><td>• Deux types de problèmes en un seul.
• Pas d'état donné, on ne dispose que de relations.
• 4 états à considérer et non 2 (mère et fille)
• Jeu de parenthèse : 2x+11 ou 2(x+11).
• La relation « inférieur de 3 » demande une réflexion sur où va le « -3 ».</td></tr>
<tr><td>Séance 2</td><td>P2 : « Match de foot »
28 740 spectateurs ont assisté à un match pour lequel le prix des places était soit de 14€, soit de 20€. Sachant que la recette fut de 447 600€, détermine le nombre de places à 14€ et à 20€.</td><td>• Problème de taux
• Problème déconnecté</td><td>

x = nombre de spectateur à 14 euros la place
y = nombre de spectateurs à 20 euros la place
$x+y=28\ 740$
$14x+20y=447\ 600$
Il y avait 7540 places à 20€ et 21200 places à 14€</td><td>• 2 états inconnus
• 2 totaux connus
• 2 relations de taux
• 1 relation additive</td><td>• Mise en relation de deux informations : le nombre de places à 14€ et 20€ avec le nombre de spectateurs.
• Modélisation sous la forme d'un système d'équations.
• La présence de taux.</td></tr>
</table>

8. Un problème est dit « déconnecté » lorsqu'« aucun pont ne peut être établi *a priori* directement entre les données connues du problème » (Bednarz et Janvier, 1994, p. 279).

	Énoncés	Type de problème	Modélisation et résolution	Analyse en matière de relation	Analyse en matière de complexité
Séance 3	**P3 : « Partage d'argent »** Clara, Youssef et Tanguy se partagent la somme de 1 000 €. Sachant que Clara reçoit le triple de Tanguy et que Youssef reçoit 50 € de moins que Clara, quelle est la somme reçue par chacun d'eux?	• Problème de **comparaison** et, plus précisément, de composition (Bednarz et Janvier, 1994) • Problème **déconnecté**	 x : montant perçu par Tanguy $3x$: montant perçu par Clara $3x - 50$: montant perçu par Youssef $x + (3x) + (3x - 50) = 1000$ Tanguy a reçu 150€, Clara 450€ et Youssef 400€	• 3 états inconnus • 1 total connu • 1 relation additive • 1 relation multiplicative	• Identifier judicieusement le générateur (« *x* »). Ils peuvent tous les trois l'être, mais selon le choix fait, la mise en équation peut être plus difficile (présence de fractions) (Saboya, Tremblay, Adihou, Squalli *et al.*, 2013).
Séance 4	**P4 : « Casquettes et lunettes »** Tu vends des t-shirts à 15 € et des casquettes à 9 €. Après une heure tu as vendu tous les T-shirts (20) et il te reste des casquettes. Si tu dois avoir une recette supérieure à 405 €, combien de casquettes minimum devras-tu vendre?	• Problème **connecté**[9]	Prix des T-shirts : $20x15 = 300€$ $405 - 300 = 105$ $\frac{105}{9} = 11{,}66 \ldots 66 \ldots$ Il faut vendre au minimum 12 casquettes		• Interprétation du « au moins » comme une inégalité et comme conduisant à une diversité de réponses possibles. • Réponse décimale qui nécessite une interprétation de la solution.

9. Voir note 7.