

Rôle des régulations interactives entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes : une étude de cas

Vanessa Hanin – vanessa.hanin@uclouvain.be

Prof. Département des Sciences de l'Éducation - Université catholique de Louvain, Belgique

Catherine Van Nieuwenhoven – catherine.vannieuwenhoven@uclouvain.be

Prof. Département des Sciences de l'Éducation - Université catholique de Louvain, Belgique

Pour citer cet article : Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2019). Rôle des régulations interactives entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes : une étude de cas. *Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et formation*, 5(1), 87-111.

Résumé

Pour endiguer les difficultés rencontrées tant par les élèves que par les enseignants face aux tâches de résolution de problèmes mathématiques, les chercheurs se sont lancés dans la conception et l'évaluation de dispositifs d'enseignement-apprentissage favorisant le développement d'une expertise adaptative. Cependant, l'évaluation de l'efficacité de ces dispositifs de nature cognitive et métacognitive repose essentiellement sur des comparaisons « pré-post », qui ne permettent pas de mettre à jour les changements plus diffus et de nature processuelle, ni de comprendre les changements observés. Ces aspects supposent de se pencher sur ce qui se passe tout au long du dispositif. L'identification des changements (méta)cognitifs, (méta)émotionnels et (méta)motivationnels advenant tout au long du dispositif chez un résolveur « novice » et « expert » a déjà fait l'objet d'une recherche précédente, il s'agit maintenant de comprendre ces changements à la lumière des composantes du dispositif. Plus précisément, cette étude examine le rôle des régulations interactives dans le développement, chez un résolveur « novice », d'une expertise adaptative en résolution de problèmes. L'analyse croisée des traces écrites et des explications orales de l'apprenant témoigne d'une évolution progressive du statut de novice vers celui d'expert : analyse approfondie de la situation, appropriation réfléchie des stratégies heuristiques enseignées, développement de stratégies de contrôle et d'ajustement, adoption de croyances motivationnelles et d'émotions plus adaptées. Les résultats indiquent qu'en invitant l'apprenant à questionner et à réfléchir sur sa propre démarche de résolution, les interactions entre pairs, soutenues par les interactions avec l'enseignant et les outils mis à sa disposition, y ont largement contribué.

Mots-clés

Résolution de problèmes mathématiques, régulations interactives, étude de cas, croyances motivationnelles, émotions

Abstract

To overcome the difficulties encountered by both students and teachers in learning and teaching mathematical problem solving, researchers have embarked on the designing and evaluation of training-programs that promote the development of adaptive expertise. However, the evaluation of the effectiveness of these training programs is mainly based on “pre-post” comparisons, which do not allow for highlighting the more diffuse and process-oriented changes or understanding the changes observed. These aspects involve looking at what happens throughout the intervention. The identification of (meta)cognitive, (meta)emotional, and (meta)motivational changes occurring throughout the intervention among novice and expert solvers has already been the subject of previous research; the focus is now being shifted to understanding these changes in light of the training program’s components. More specifically, this study examines the role of interactive regulations in the development of adaptive expertise in problem-solving, in a “novice” solver. The cross-analysis of the written traces and the oral explanations of the learner testify to a progressive evolution of the status of a novice to that of an expert. An in-depth analysis of the situation, the thoughtful appropriation of the heuristic strategies taught, the development of control and adjustment strategies, as well as more positive motivational beliefs and emotions, demonstrate this evolution. The results indicate that inviting the learner to question and reflect on her problem-solving approach and peer interactions, combined with supportive interactions with the teacher and the tools at her disposal, make a significant contribution to her progress.

Keywords

Mathematical problem solving, interactive regulation, case study, motivational beliefs, emotions

1. Introduction

Le développement de compétences d'analyse et de résolution de tâches complexes est devenu un enjeu majeur de nos sociétés occidentales (NTCM, 2000 ; Verschaffel, Greer & Van Dooren, 2008). Au niveau des curricula en mathématiques, cette demande s'est traduite par la propulsion de la résolution de problèmes au cœur des apprentissages mathématiques. Depuis lors, force est de constater que la résolution de problèmes mathématiques constitue une véritable pierre d'achoppement pour les élèves tant du primaire que du secondaire (Crahay & Detheux, 2005 ; Demonty & Fagnant, 2014 ; Montague, Enders, & Dietz, 2011 ; Ozsoy, & Ataman, 2009). Effectivement, si ces derniers ne rencontrent que très peu de difficultés à appliquer, mécaniquement, des procédures de calculs automatisées, la mobilisation réfléchie de ces mêmes procédures relève, pour beaucoup, de l'impossible (Demonty, Blondin, Matoul, Baye & Lafontaine, 2013 ; Perels, Gürtler & Schmitz, 2005). En outre, les recherches mettent en évidence des sentiments de compétence et de contrôlabilité fragiles ainsi qu'un rapport très souvent négatif vis-à-vis des tâches de résolution de problèmes chez ces mêmes élèves (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b ; OECD, 2017 ; Zimmerman & Campillo, 2003). Or, c'est justement sur une implémentation réfléchie, flexible et avisée de stratégies cognitives et d'autorégulation cognitive, sur des croyances motivationnelles positives et sur un rapport émotionnel positif que se fondent les tâches de résolution de problèmes. Ces différentes aptitudes recouvrent, ce que plusieurs chercheurs ont appelé l'expertise adaptative (Hatano et Inagaki 1986 ; Verschaffel, Greer & De Corte, 2000). Du côté des enseignants, plusieurs recherches soulèvent les difficultés qu'ils rencontrent pour aider les élèves face à ce type de tâche (Demonty & Fagnant, 2014 ; Ginsburg, Cooke, Leinwand & Pollock, 2005).

Les chercheurs se sont penchés sur la question et ont évalué l'efficacité de nombreux dispositifs d'enseignement-apprentissage visant à développer, une expertise adaptative (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2016, 2018a ; Blum & Leiß, 2007 ; Hohn & Frey, 2002 ; Mevarech & Kramarski, 1997 ; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2014 ; Verschaffel *et al.*, 2000). Cette efficacité a, cependant, essentiellement été évaluée via des comparaisons « pré-post ». Par conséquent, s'il est possible de mettre à jour de grandes tendances qui concernent l'ensemble des élèves, les changements plus diffus, plus lents, de nature processuelle sont plus difficiles à faire ressortir avec une telle approche. En outre, les informations ainsi recueillies ne permettent pas de comprendre les changements advenus. Pour éclairer ces aspects, il faut se pencher sur ce qui se passe durant le dispositif. A ce propos, nous avons souligné, dans une étude précédente, la nécessité de compléter ce type d'évaluation de l'efficacité des dispositifs d'enseignement-apprentissage par une évaluation reposant sur l'identification des changements (méta)cognitifs, (méta)émotionnels et (méta)motivationnels qui s'opèrent, chez des élèves à profils spécifiques (« novice¹ » vs. « expert ») tout au long de l'implémentation d'un dispositif (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b). Nous y avons dépeint l'évolution des comportements et stratégies adoptés par un résolveur « novice » et par un résolveur « expert » et montré que s'ils bénéficiaient tous deux du dispositif, ils en tiraient des bénéfices de nature bien différente. Cependant, si cette approche a permis d'approfondir, d'affiner et de nuancer les constats généraux résultant des évaluations de type « pré-post », elle ne documente pas l'origine des changements observés. Documenter cet aspect suppose d'adopter une autre approche de l'évaluation de l'efficacité des dispositifs centrée sur ses composantes. A ce sujet, les régulations interactives entre pairs constituent une des composantes centrales des dispositifs d'enseignement-apprentissage (Blum & Leiß, 2007 ; Hohn & Frey, 2002 ; Mevarech & Kramarski, 1997 ; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2014 ; Verschaffel *et al.*, 2000). Si jusqu'à présent c'est le

¹ A l'instar de plusieurs chercheurs (Bassok, 2003 ; Brand, Reimer & Opwis, 2003), nous utilisons les termes « novice » et « expert » pour désigner les élèves avec de faibles ou bonnes compétences en résolution de problèmes non routiniers. En ce sens, notre conception d'élève « novice » et d'élève « expert » est relative (Novick, 1988).

dispositif, dans son ensemble, qui fait l'objet de l'évaluation, les recherches conduites dans le champ théorique de l'analyse des régulations interactives ont mis à jour, dans le domaine des mathématiques, le potentiel des régulations interactives à induire, chez les élèves, des conduites d'hétérorégulation, pouvant conduire à des conduites d'autorégulation (Fagnant, Dupont & Demonty, 2016 ; Lepareur & Grangeat, 2017 ; Mottier Lopez, 2007). La présente étude s'inscrit dans le prolongement de notre étude précédente, en évaluant le rôle joué par les régulations interactives, et, en particulier, celles intervenant entre pairs, dans les changements observés tout au long du dispositif, dit autrement, dans l'appropriation des stratégies cognitives et métacognitives enseignées mais également dans l'adoption de croyances motivationnelles et d'émotions positives.

2. Composantes de l'expertise adaptative

Une modélisation des différentes composantes impliquées dans l'expertise adaptative en résolution de problèmes mathématiques est proposée à la Figure 1. Les variables examinées dans le cadre de cette étude sont présentées dans les paragraphes ultérieurs.

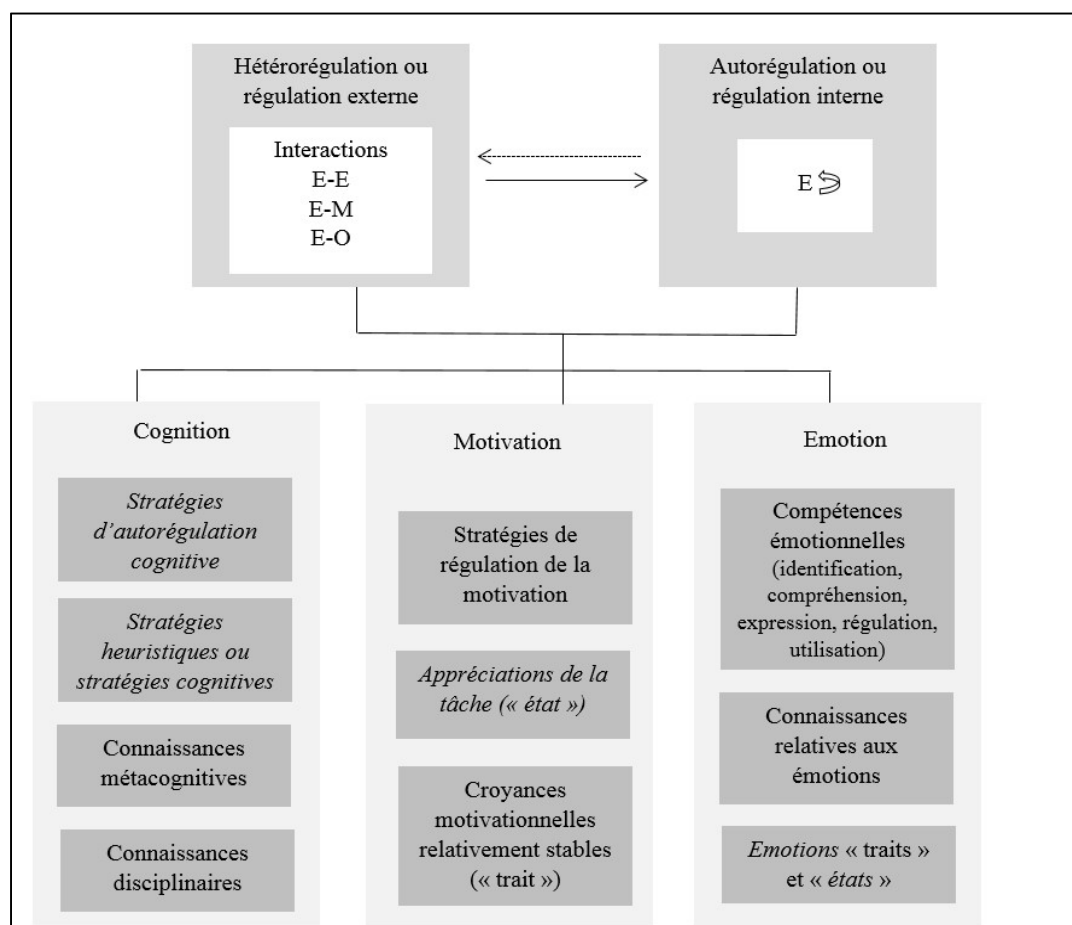


Figure 1. Composantes (méta)cognitives, (méta)motivationnelles et (méta)émotionnelles impliquées dans l'expertise adaptative

Note. Les variables examinées dans le cadre de cette étude apparaissent en italique.

2.1. Les régulations interactives

Introduit en 1988 par Allal, le concept de régulation interactive désigne les régulations prenant place dans les interactions entre l'élève et les ressources de son environnement social et matériel (Allal, 2007). La régulation interactive intervient donc au cours de l'activité de l'élève pour soutenir les processus de régulation. Trois principales modalités de régulation interactive ont été

distinguées : l'interaction entre l'enseignant et un élève ou un groupe d'élèves (M-E), l'interaction entre élèves (E-E) et l'interaction entre l'élève et les outils matériels mis à sa disposition (E-O). Ces trois modalités de régulation interactive constituent des sources potentielles d'hétérorégulation pouvant déclencher des conduites d'autorégulation chez l'élève (Allal, 2007 ; Mottier-Lopez, 2012). Au niveau de l'interaction M-E, de nombreux travaux soulignent le rôle fondamental de l'enseignant en tant que « questionneur », encourageant ainsi les élèves à réfléchir sur leurs actions et démarches (Fagnant *et al.*, 2016 ; Lepareur & Grangeat, 2017 ; Mottier Lopez, 2007). Concernant l'interaction E-E, les gains, tant en termes cognitifs que motivationnels et affectifs, d'une réelle coopération entre les élèves dans la réalisation de tâches complexes et, de l'évaluation mutuelle ont été soulignés par diverses études (Buchs, Lerhaus & Crahay, 2013 ; Laveault, 2007). Quant à l'interaction E-O, cette modalité de régulation est surtout utile pour soutenir les deux modalités de régulation précédentes (Allal, 2007). Cependant, s'il ne faut pas sous-estimer l'importance des régulations interactives, dès lors que les conduites d'autorégulation ne s'acquièrent pas spontanément, ni 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).

2.2. Les stratégies heuristiques et d'autorégulation cognitive

A l'heure actuelle, plusieurs processus de résolution cycliques sont utilisés pour décrire les étapes mises en œuvre par les élèves pour résoudre un problème verbal non routinier² (Blum & Leiß, 2007; Galbraith & Stillman, 2006; Polya, 1957; Schoenfeld, 1992; Verschaffel *et al.*, 2000). Dans une étude précédente (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2016, 2018a), nous proposons une intégration des principaux processus de résolution existants et des recommandations résultant d'études empiriques (Fuchs, Fuchs, Prentice, Burch, Hamlett, et al., 2003; Fagnant & Demonty, 2005) au sein d'un processus de résolution cyclique unique (Figure 2). Notons que la majorité des étapes constituant ce processus de résolution sont des stratégies heuristiques. Si la disposition linéaire constitue une chronologie pour l'enseignement du processus de résolution, des allers-retours entre les différentes stratégies heuristiques sont indispensables.

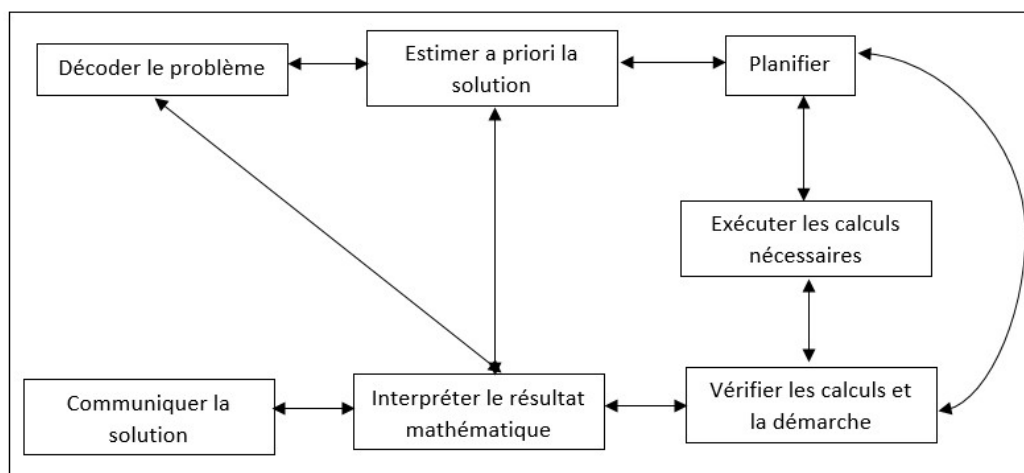


Figure 2. Modélisation processuelle des étapes clés d'une démarche experte de résolution de problèmes

² Dans la présente étude, nous utilisons les termes « problème non routinier » et « problème » de façon interchangeable, au sens de Elia, van den Heuvel-Panhuizen et Kolovou (2009), pour désigner des problèmes dont la solution n'apparaît pas immédiatement et, dont la résolution ne repose pas sur l'application d'une procédure apprise quelques jours plus tôt.

Cependant, résoudre un problème requiert, d'une part, de pouvoir mobiliser ses connaissances et ses stratégies heuristiques avec discernement et flexibilité de façon à s'adapter au contexte donné et, d'autre part, de pouvoir contrôler le(s) produit(s) de leur implémentation (De Corte, 2012 ; Focant & Grégoire, 2008). Ces fonctions sont remplies par les stratégies d'autorégulation cognitive. A ce sujet, s'il n'y a pas de consensus à l'heure actuelle sur leur nombre et leur dénomination, beaucoup de spécialistes se rallient autour d'une typologie à quatre dimensions (Cartier, Butler & Janosz, 2007 ; Focant & Grégoire, 2008 ; Patrick, Ryan & Pintrich, 1999 ; Zimmerman, 2011). Si la détermination du but et la stratégie de planification concernent la préparation de l'action, les stratégies de contrôle et d'ajustement, pour leur part, soutiennent l'action en cours et son résultat (pour une revue plus détaillée des stratégies d'autorégulation cognitive, voir Focant & Grégoire, 2008).

Comme nous pouvons le constater, les stratégies cognitives et d'autorégulation cognitive entretiennent un étroit parentage conceptuel. A ce sujet, Veenman, Van Hout-Wolters et Afflerbach (2006) précisent que « There is a higher-order agent overlooking and governing the cognitive system, while simultaneously being part of it » (p. 5). Pour comprendre en profondeur ces deux construits, il ne s'agit donc pas de chercher à les démêler mais plutôt d'éclaircir leurs contributions respectives au sein de cette relation symbiotique. A ce propos, les chercheurs inscrivent les activités cognitives et métacognitives au sein d'un processus circulaire. La métacognition y est vue comme un ensemble d'auto-instructions (décisions autonomes et réfléchies) auxquelles les activités cognitives donnent sens. Ces activités cognitives sont, à leur tour, soumises à des processus métacognitifs tels que le contrôle et la régulation. Comme le soulignent Berger et Büchel (2012, p. 110), « ce qui justifie le qualificatif de métacognitif attribué à ces stratégies est la décision ou le choix de les utiliser ainsi que la décision d'arrêter de les utiliser ou d'en changer, de les appliquer plus précisément, etc. ». Ainsi, l'action délibérée de vérifier le résultat obtenu (métacognitif) ne peut se faire sans opérer de nouveaux calculs (stratégie cognitive).

Cependant, disposer d'un répertoire de connaissances et de stratégies appropriées n'induit pas de facto leur mise en œuvre. Encore faut-il que l'apprenant soit motivé et émotionnellement disposé à les activer et à maintenir les efforts déployés tout au long du processus d'apprentissage (Ahmed, 2017 ; Berger & Büchel, 2012 ; Cosnefroy, 2004 ; Zimmerman, 2011).

2.3. L'importance des croyances motivationnelles

Dans cette section, nous nous intéressons à trois croyances motivationnelles (« trait ») ou appréciations motivationnelles (« état ») — selon que l'on s'intéresse à la résolution de problèmes mathématiques, en général, ou à une tâche de résolution spécifique — qui jouent un rôle particulièrement déterminant dans le processus d'apprentissage : le sentiment d'efficacité personnelle (SEP), la perception de contrôlabilité et les attributions causales (Boekaerts, 1997 ; Zimmerman, 2011).

Le premier désigne la perception qu'a l'individu de sa capacité à entreprendre les actions nécessaires pour accomplir avec succès une tâche donnée (Bandura, 1997). A ce sujet, les recherches montrent que les apprenants qui ont un SEP élevé ont un recours plus fréquent aux stratégies cognitives et métacognitives, persévèrent davantage face aux difficultés, déploient plus d'effort et ont de meilleures performances en résolution de problèmes comparativement à ceux qui doutent de leurs capacités (Bandura, 1997 ; Pajares, 2008 ; Zimmerman, 2011). La perception de contrôlabilité, quant à elle, réfère à « la perception qu'a un élève du degré de contrôle qu'il peut exercer sur le déroulement et les conséquences d'une activité pédagogique » (Viau & Bouchard, 2000, p.18). Si cette dernière caractérise le degré de contrôle qu'a le sujet à l'entrée dans la tâche, les attributions causales, pour leur part, informent, de la perception qu'il a de son degré de contrôle sur le produit de ses actions (Weiner, 1979). Les études montrent qu'attribuer ses résultats à des causes incontrôlables (e.g., talent, chance) entrave l'initiation du processus d'autorégulation suivant tandis

que la convocation de causes contrôlables (e.g., effort, stratégie utilisée) soutient l'engagement dans la tâche suivante et la mise en œuvre de conduites d'autorégulation (Graham & Williams, 2009; Weiner, 1979).

2.4. L'importance des émotions

Si les disciplines et tâches scolaires activent des croyances motivationnelles chez l'apprenant, elles font également émerger des émotions positives et négatives. Ces émotions influencent notablement la qualité de l'apprentissage. Plus précisément, il a été démontré que, globalement, à l'inverse des émotions positives, les émotions négatives détournent l'attention de l'apprenant de la tâche, diminuent sa motivation pour celle-ci et favorisent l'usage de stratégies rigides, un traitement superficiel de l'information de même que le recours à une régulation externe (Ashcraft & Krause, 2007; Clore & Hunstinger, 2009 ; Isen, 2000 ; Pekurn, 2014). Les études empiriques conduites auprès d'apprenants du primaire mettent à jour un ressenti plutôt négatif vis-à-vis de la résolution de problèmes mathématiques (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b ; D'Mello & Graesser, 2011 ; Frenzel, Pekrun & Goetz, 2007; Peixoto, Mata, Monteiro & Sanches, 2017).

3. Objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude est de proposer une nouvelle approche de l'évaluation de l'efficacité d'un dispositif d'enseignement-apprentissage qui s'inscrit en complémentarité des approches existantes. Ces dernières, comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, sont de deux types : d'une part, les évaluations qui reposent sur des comparaisons « pré-post » (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2016, 2018a ; Mevarech & Kramarski, 1997 ; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2014 ; Verschaffel et al., 2000) et, d'autre part, les évaluations qui prennent appui sur une analyse des changements advenant tout au long de l'implémentation d'un dispositif (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b). L'approche évaluative adoptée ici consiste à évaluer le rôle des régulations interactives, et particulièrement, celui des interactions entre pairs, dans le développement d'une expertise adaptative, c'est-à-dire, dans l'appropriation des stratégies cognitives et métacognitives enseignées et dans l'adoption de croyances motivationnelles et d'un rapport émotionnel positifs, tout au long de l'implémentation d'un dispositif de nature cognitive et métacognitive. Il s'agit donc ici de comprendre les changements advenant tout au long de la mise en place du dispositif à la lumière des différentes modalités de régulation interactives proposées au sein du dispositif. Afin d'être en mesure de saisir toute la complexité du phénomène à l'étude, nous avons adopté une approche qualitative à visée explicative et, plus spécifiquement, une étude de cas unique (Baxter & Jack, 2008 ; Yin, 1994). Cette approche permet d'accéder à une description et compréhension détaillées et contextualisées du cas qui nous préoccupe et de ses complexités. De plus, l'étude de cas est un format d'investigation qui se préoccupe, tout particulièrement, de changements et de processus de développement (Willig, 2013 ; Yin, 1994). L'unité d'analyse retenue est donc le rôle des régulations interactives dans le processus de développement d'une expertise adaptative et non l'individu lui-même.

4. Méthodologie

4.1. Participant

Le dispositif en résolution de problèmes mathématiques, dont il est question dans la présente étude, a été implémenté dans une classe de cinquième primaire située en Belgique francophone. Le choix de l'élève pour l'étude de cas repose sur deux critères. Premièrement, la sélection a été réalisée parmi les élèves présentant un profil de résolveur « novice » et ce afin d'être en mesure de documenter le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes. Effectivement, les recherches qui se sont penchées sur les comportements des résolveurs « experts » et « novices » ont montré que, si les premiers mobilisent spontanément diverses

stratégies heuristiques et d'autorégulation cognitive, ce n'est pas le cas des seconds (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b ; Muir, Beswick & Williamson, 2008). L'identification du profil de résolveur « novice » repose sur le croisement de l'appréciation de l'enseignant avec les performances de l'élève à un test de résolution de problèmes conçu par nos soins. Deuxièmement, parmi les élèves présentant un profil de résolveur « novice », notre choix s'est porté sur une élève, Léa, qui n'a pas de difficulté à s'exprimer, n'hésite pas à dire ce qu'elle pense et qui s'est portée volontaire pour notre étude.

4.2. Dispositif d'enseignement-apprentissage

Le dispositif d'enseignement-apprentissage, objet de l'évaluation, s'étale sur sept semaines (à raison de deux à quatre heures de travail par semaine) et repose sur deux piliers majeurs. D'une part, il s'ancre dans les travaux de Veenman et collègues (2006) qui soulignent l'importance de non seulement expliciter en quoi consiste chacune des stratégies heuristiques, mais également leur utilité, à quel(s) moment(s) dans la démarche de résolution il est pertinent de les convoquer et la manière de les mettre en œuvre. D'autre part, ce dispositif prend appui sur les travaux d'Allal et Mottier Lopez relatifs aux régulations interactives. La façon dont les trois modalités de régulations interactives sont promues au sein du dispositif est décrite dans le Tableau 1.

Tableau 1. Description de la méthodologie utilisée pour chaque problème

Problème	Méthodologie adoptée
Problème 1 : Jeu de billes	- Résolution individuelle ; - Mise en commun des démarches individuelles en petits groupes (3-4 élèves) et élaboration d'une démarche de résolution et d'une solution communes ; - Exploitation des productions de groupe par l'enseignant en interaction avec les élèves avec pour objectif de faire ressortir les heuristiques caractéristiques d'une démarche experte de résolution ; - Etayage, par l'enseignante, de ces heuristiques en précisant en quoi elles consistent, quand il est opportun de les utiliser, leur utilité et comment il faut procéder pour les mettre en œuvre ; - Distribution à chaque élève d'un carnet de synthèse des heuristiques.
Problème 2 : Au restaurant & Problème 3 : Un partage bien inégal	- Résolution individuelle à l'aide du carnet de synthèse ; - Evaluation individuelle de sa propre démarche de résolution à l'aide d'une grille d'évaluation ; - Evaluation dyadique croisée sur la base de la même grille d'évaluation, discussion autour de la double évaluation (auto et co-évaluation) de chaque production et révisions conjointes ; - Correction collective.
Problème 4 : Le plein de vitamines	- Résolution individuelle à l'aide du carnet de synthèse ; - Mise en commun des démarches individuelles en petits groupes (3-4 élèves) et élaboration d'une démarche de résolution et d'une solution communes ; - Evaluation de la production par le groupe à l'aide de la grille d'évaluation ; - Evaluation de la production du groupe par l'enseignante à l'aide de la même grille d'évaluation.

4.3. Récolte de données

Afin de mettre en lumière le degré d'implication des régulations interactives entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes et la manière dont elles y contribuent, une triangulation de données issues de sources variées, récoltées à différents moments clés du dispositif a été opérée. Ainsi, les productions écrites de Léa ont été croisées avec ses explications orales, récoltées à deux moments clés – avant de se lancer dans la résolution du problème, mais après avoir pris connaissance de celui-ci et, après avoir résolu le problème, mais avant la correction collective –, ainsi qu'avec ses échanges avec d'autres pairs, lors des interactions en petit groupe et en dyade. En outre, afin de décrire l'évolution du rapport émotionnel de Léa vis-à-vis de la résolution de problèmes mathématiques, un questionnaire sous la forme d'illustrations lui a été proposé après chaque problème (voir Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b pour une explication plus détaillée).

4.4. Analyse des données

Les données d'enregistrement ont été retranscrites sous forme de verbatim (Fereday & Muir-Cochrane, 2006; Zhou, 2014). L'identification des codes et thèmes s'est faite 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 (Urda, Solek & Schoenfelder, 2007). Concrètement, un premier extrait de données (production écrite ou verbatim) est lu plusieurs fois et une première proposition de codage est proposée. Ensuite, sur la base des composantes (méta)cognitives, (méta)motivationnelles et (méta)émotionnelles de l'expertise adaptative, définies dans la littérature, et des premiers thèmes qui ont émergé, un nouvel extrait de données est codé. Ces deux premiers codages sont ensuite comparés ce qui donne lieu à une spécification et à un affinement des thèmes et codes existants. Par la suite, de nouvelles données sont codées sur la base des thèmes et codes ainsi ajustés. Le système de codage initial s'amplifie donc progressivement au fur et à mesure que de nouvelles données sont analysées. Finalement, les données présentant un même codage sont rassemblées et la cohérence entre celles-ci est vérifiée (Braun & Clarke, 2006). Afin de documenter l'évolution de Léa en résolution de problèmes mathématiques, le codage des informations s'est fait distinctement pour chaque production écrite et pour chaque problème (voir exemple de codage en annexe). En outre, afin de nous assurer de la stabilité du codage dans le temps, le codage a été effectué, à deux reprises, par le premier auteur.

5. Analyse et interprétation des résultats

Dans la première partie, nous proposons une analyse chronologique et dialogique des productions écrites de Léa, d'extraits de ses interventions lors d'échanges entre pairs et de verbatims individuels. La seconde partie complète la précédente en documentant l'évolution des changements d'ordre motivationnel et émotionnel apparus durant la mise en place du dispositif. L'analyse est présentée en suivant la chronologie adoptée pour le codage et repose sur les catégories de codage utilisées, à savoir, les stratégies heuristiques, les stratégies métacognitives de contrôle et de régulation, la dimension motivationnelle (sentiment d'efficacité personnelle, perception de contrôlabilité, causes invoquées et persévérance) et les émotions.

5.1. Analyse des changements cognitifs et métacognitifs

5.1.1 Résolution individuelle du problème 1

Un premier constat qui se dégage de l'examen de la production de Léa (Figure 3) est l'absence d'une analyse approfondie du problème. Effectivement, tout porte à croire qu'après avoir prélevé les informations numériques dans l'énoncé, Léa s'est directement lancée dans les calculs. Cette stratégie, qualifiée de superficielle, qui consiste à traiter les tâches de résolution de problèmes

comme des activités se limitant à deviner l'opération à effectuer avec les données numériques présentes dans l'énoncé sans se préoccuper des données contextuelles est typiquement utilisée par les résolveurs « novices » (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b ; Breslow, 2001; Muir *et al.*, 2008). La succession de calculs décontextualisés inscrits sur sa feuille et la présence d'informations uniquement numériques en témoignent. Ces dernières sont traitées de façon linéaire, mécanique et isolée. Ainsi, l'information « A la première partie, Frédéric gagne 5 billes » est traduite par un bénéfice de 5 billes pour Frédéric sans aucune répercussion sur le nombre de billes de Rachid ; il en va de même pour l'information « Rachid perd 10 billes ». Aucun intérêt n'a été apporté aux informations contextuelles telles que « ensemble », « les deux amis jouent » qui permettent pourtant de saisir le sens du problème. Notons, cependant, que si une telle démarche peut refléter la difficulté de Léa à prendre en compte les calculs relationnels (relations numériques en jeu) non explicitement évoqués dans l'énoncé (i.e., une transformation regardant un enfant induit également une transformation chez l'autre enfant), elle peut également dénoter sa non familiarité avec le contexte du jeu de billes. Cette approche mécanique se reflète également dans la solution proposée par Léa. Effectivement, cette dernière mentionne le résultat de l'addition ($10+12$) au lieu du nombre de billes gagné lors de la troisième partie (12). Cette dernière observation suggère que Léa n'a pas contrôlé sa démarche. L'absence de traces d'ajustement nous laisse penser qu'elle ne l'a pas non plus régulée.

Rachid a un gros sachet de 20 billes. Frédéric, lui en a 13. A la récréation, les deux enfants jouent une première partie ensemble : Frédéric gagne 5 billes. Les deux amis jouent une deuxième partie et Rachid perd 10 billes. Après-midi, ils jouent encore une nouvelle partie tous les deux. Quand Rachid rentre chez lui, il compte ses billes, il en a 22. Que s'est-il passé lors de la partie de l'après-midi ?
Handwritten work by Léa: $20 - 10 = 10 \quad 10 + 12 = 22$ $13 + 5 = 18$ donc Rachid a 22 billes et Frédéric a 18 billes

Figure 3. Résolution de Léa pour le problème 1 du dispositif

Ces constats sont appuyés par les explications données par Léa après la résolution du problème : « Moi, j'ai fait les nombres moins ... il y avait par exemple 20 moins 10 donc j'ai fait le calcul. Et après pour Frédéric il y avait, après j'ai fait pour Frédéric 13 plus 5 puis j'ai fait le calcul et puis ils m'ont mis Rachid pourquoi il a ... quand il rentre chez lui pourquoi il a 22 et ils disent qu'est-ce qu'ils ont fait pour que Rachid a 22 au lieu de 10 donc moi j'ai fait tout le calcul et j'ai trouvé qu'il a gagné plus 12 ». Léa ne mentionne que les données numériques du problème et les opérations effectuées avec ces dernières. Il est d'ailleurs difficile de suivre ses explications quand les informations contextuelles clés (i.e. la présence de trois parties, ce qu'il se passe lors de chacune des parties et le fait que les 2 enfants jouent ensemble) sont absentes. Soulignons également qu'elle ne mentionne ni contrôle, ni stratégies d'ajustement. Cette observation est renforcée par les propos suivants : « Ben moi j'ai rien barré mais je crois pas que je devais barrer ». Cette analyse met en lumière le faible outillage des résolveurs novices tant en termes de stratégies cognitives que d'autorégulation cognitive.

5.1.2 Interactions entre pairs autour des productions individuelles du problème 1

Comme l'illustre l'extrait ci-dessous, les échanges en petits groupes qui ont suivi la résolution individuelle constituent une source efficace d'hétérorégulation en ce qu'ils invitent Léa à revoir sa démarche de résolution (Allal, 2007). Effectivement, un des membres du groupe, Paul, attire son attention sur l'importance, d'une part, de lire attentivement l'énoncé du problème, en considérant tant les informations numériques que contextuelles et, d'autre part, de prendre en considération les relations entre ces informations, bref d'analyser la situation. Notons que ce processus d'hétérorégulation se solde par une conduite autorégulative de la part de Léa qui prend conscience de son erreur.

Léa : Ce que je comprends pas c'est que dans le texte ils mettent qu'il a perdu 10 billes et là tu mets qu'il a perdu 5 billes.

Paul : Mais non, regarde. Là il est mis : « A la récréation, les deux enfants jouent une première partie ensemble : Frédéric gagne 5 billes ».

Léa: Ben oui, c'est pour Frédéric les 5 billes.

Paul : Mais ils disent qu'ils jouent ensemble, donc ils jouent à deux.

Léa : Non ils jouent pas à deux, ils jouent l'un contre l'autre.

Paul : Ben oui, mais si toi...

Léa : Par exemple moi je gagne 5 billes et toi tu as perdu 10 billes.

Paul : Non 5 billes, elle a perdu 5 billes.

Léa : Mais moi je comprends pas pourquoi tu dis qu'elle a perdu 5 billes.

Paul : Attends je vais t'expliquer. Si tu gagnes 5 billes c'est de Camille que tu les prends.

[Temps de réflexion chez Léa]

Paul: Donc Frédéric il gagne 5 billes mais il gagne de Rachid les 5 billes. Comme ils sont l'un contre l'autre, donc si l'un perd 5 billes, l'autre gagne 5 billes aussi.

Léa: Aaaaah, oui. Je viens de comprendre. J'ai complètement faux.

5.1.3 Résolution individuelle du problème 2

Comme on peut le voir à la figure 4, l'étayage théorique sur les stratégies heuristiques de résolution de problèmes dispensé par l'enseignant, à l'issue du premier problème, de même que l'interaction entre Léa et Paul, ont influencé les conduites individuelles ultérieures de Léa. Effectivement, non seulement elle a souligné les informations importantes, tant numériques que contextuelles, mais elle les a également partiellement retranscrites. Bien que l'on ne puisse pas encore parler de modèle de situation, une étape d'analyse de la situation a bel et bien été intégrée au sein de sa démarche de résolution. D'ailleurs, quand on lui demande par quoi elle a commencé, Léa explique « *J'ai commencé par bien lire, par souligner les données importantes, maintenant je le fais* ».

Concernant l'utilisation des stratégies d'autorégulation cognitive, les propos de Léa nous éclairent à ce sujet : « Moi je trouve que oui, j'ai bien fait parce que j'ai vérifié mes deux réponses. J'ai fait les deux réponses que j'avais mises, combien coûtait le menu poisson et combien coûtait le menu viande et je les ai calculées et ça faisait 31 euros. » Si Léa n'a contrôlé la cohérence qu'entre une partie des informations de l'énoncé et sa réponse, cela témoigne déjà d'une conduite d'autorégulation. Notons ici que le contrôle se fait au départ d'une information non présente dans le modèle de situation transcrit sur sa feuille. Ce comportement suggère qu'elle ne s'est pas appuyée sur le modèle transcrit pour effectuer son contrôle, qu'elle n'a couché sur papier qu'une partie du modèle de situation construit mentalement ou qu'elle n'a verbalisé qu'une partie du contrôle effectué.

Dans un restaurant, les boissons peuvent être consommées à volonté. Deux menus sont proposés : le menu « poisson » et le menu « viande ». Le menu « poisson » coûte 2 euros de plus que le menu « viande ». Jordan et Sylvain prennent chacun un menu différent. Leur note totale s'élève à 31 euros. Combien coûte chacun des menus ?

le menu poisson coûte 2 euros de plus
du menu viande.

menu viande coûte : 14 € 50c.
menu poisson coûte : 16 € 50c.

~~Sordoval~~

menu viande coûte : 14 € 50c.
menu poisson coûte : 16 € 50c.

Figure 4. Résolution de Léa pour le problème 2 du dispositif

5.1.4 Co-évaluation en dyade

A l'issue de la résolution individuelle du problème 2, Léa a été invitée, dans un premier temps, à évaluer sa production à l'aide d'une grille d'évaluation (autoévaluation). Dans un second temps, Léa et son voisin, Luc, ont reçu, pour consigne, d'évaluer leur production mutuelle sur la base de la même grille (co-évaluation). L'extrait ci-dessous illustre les échanges entre Léa et Luc autour de la double évaluation de la production de Léa. Comme nous pouvons le constater, les deux évaluateurs ne sont pas toujours sur la même longueur d'onde.

Luc : Après, là non plus on est pas d'accord. Regarde t'as pas écrit les étapes en français. T'as pas écrit en français 1, je fais ça..., 2, je fais ça...

Léa : Ben si, là j'ai mis le menu viande coûte autant et en dessous le menu poisson coûte autant.

Luc : Ben ça c'est la réponse, c'est pas un plan.

Léa : Ben si ça me dit ce que j'ai fait.

Luc : Madame, ce que Léa elle a mis [en montrant la production de Léa] c'est pas un plan ?

Enseignante : Alors c'est quoi pour vous faire un plan de résolution ?

Luc : Ben il est mis [il reprend son Mémo] « Identifier les étapes par lesquelles il faut passer pour résoudre le problème ».

Enseignante: C'est ça, donc c'est noter, en français, les étapes par lesquelles il faut passer pour résoudre le problème.

[...]

Léa : « Ok, je vais mettre 'Non' »

Luc : On passe à la vérification. J'ai mis non parce que t'as pas vérifié. Moi regarde j'ai mis « respect des consignes : Ok », « vérifier la démarche : ok », et j'ai fait les calculs inverses pour voir si j'avais pas de fautes.

Léa : Ben je vais le faire là. [Elle prend sa calculatrice] Regarde si tu fais 16,50 moins 14,50 ça fait 2 et 16,5 plus 14,5 ça fait 31.

Luc : Moi j'ai vérifié avant et donc j'étais sûr que c'est bon.

Ainsi, Luc, épaulé par l'enseignante, conscientise Léa de sa mauvaise compréhension de l'heuristique qui consiste à élaborer un plan de résolution et l'aide à la corriger. De plus, il l'invite à contrôler tant le respect des consignes que la démarche implémentée et les calculs effectués en soulignant l'intérêt de cette stratégie. Si les interactions entre élèves et maître-élève constituent des sources d'hétérorégulation, certaines s'adjoignent de conduites autorégulatrices de la part de Léa. Effectivement, cette dernière non seulement rectifie ce qu'elle a coché sur la grille d'évaluation suite à la remarque de Luc mais se propose de vérifier ses calculs suite à l'interpellation de Luc à ce sujet.

5.1.5 Résolution individuelle du problème 3

L'importance de débiter par une analyse approfondie de la situation a bel et bien été intégrée par Léa, en témoigne sa résolution du troisième problème (Figure 5). Effectivement, cette dernière a non seulement souligné les informations importantes, mais les a également rapportées au sein d'un modèle de situation complet. Ce dernier témoigne d'un intérêt porté non seulement aux informations contextuelles et numériques, mais également à leurs interrelations. Léa le confirme « Faire un tableau et mettre tous les noms, Aurélie, Céline et Béatrice et ce qu'il se passe pour chacune ça aide vraiment à comprendre le problème. » D'ailleurs, si, au début du dispositif Léa propose d'aider quelqu'un « en lui disant les calculs qu'il faut faire », à ce stade-ci du dispositif elle procèderait « En lui expliquant toutes les données, en lui expliquant qu'il n'y a pas que les chiffres qui comptent que tu dois bien tout lire, tu dois souligner et après faire les étapes que tu nous as données. »

En outre, la réponse apportée par Léa au problème suggère que cette dernière n'a opéré qu'un contrôle partiel. Ses propos le confirment : « Non, j'ai rien barré parce que j'ai trouvé que c'était bon, j'ai fait les trois réponses que j'avais mises, et en tout ça faisait 18. » Comme pour le problème 2, Léa n'a vérifié la congruence qu'entre une partie des données de l'énoncé et la solution obtenue. Cela démontre une conduite d'autorégulation partielle et reflète une intégration partielle des recommandations formulées par Luc lors des échanges autour du problème 2.

Un père partage une somme de 18 euros entre ses trois filles : Aurélie, Béatrice et Céline. Il donne 2 fois plus à Céline qu'à Aurélie et il donne 2 euros de moins à Béatrice qu'à Céline. Combien d'euros chaque fille a-t-elle reçu ?

18 €

6 € 6 € 6 €

6 € 6 € 6 €

6 € 6 € 6 €

18 : 3 = 6.

Aur.	Béatrice	Céline
6 €	6 €	6 €
+ 0 €	- 2 € = 4 €	+ 2 € = 8 €
<u>6 €</u>	<u>4 €</u>	<u>8 €</u>

Aurélie a 6 €
 Béatrice a 4 €
 car on a enlever 2 € à Béatrice.
 Céline a 8 € car
 elle a eu 2 € de plus.

Figure 5. Résolution de Léa pour le problème 3 du dispositif

5.1.6 Interaction en dyade autour des productions individuelles du problème 3

A travers les échanges qui ont suivi la double-évaluation (auto et co-évaluation) des productions individuelles, Luc fait prendre conscience à Léa de son mauvais traitement des informations et attire son attention sur l'importance de contrôler le respect de l'ensemble des données de l'énoncé. La remarque de Luc suscite une conduite autorégulatrice chez Léa qui relit l'énoncé et se corrige : « Attends ... [Elle relit l'énoncé]. Il faut mettre 2 fois plus à Céline qu'à Aurélie... Ah oui, c'est vrai ». Cette dernière, en fin d'échange, vérifie d'elle-même la solution proposée par Luc, faisant à nouveau preuve d'une conduite autorégulée: « Et... attends,[elle compte dans sa tête], j'ai vérifié ça fait 18 ». Voyons à présent, comment les apports de ces différentes sources de régulation sont réinvestis dans la démarche de résolution adoptée par Léa pour résoudre le quatrième problème du dispositif.

5.1.7 Résolution individuelle du problème 4

Des changements sont perceptibles dans les propos tenus par Léa, juste après la résolution individuelle du problème 4 (Figure 6) : « En fait je suis sûre que c'est bon parce que j'ai bien lu la consigne, l'énoncé, j'ai bien tout lu, j'ai vérifié mes calculs et ma réponse elle est possible ». Cette dernière mentionne avoir contrôlé tant le respect des consignes, que sa démarche de résolution, la justesse de ses calculs et la pertinence de sa réponse. Il semblerait donc que les commentaires formulés par Luc à plusieurs moments du dispositif aient bel et bien suscité un processus d'autorégulation chez Léa (Allal, 2007).

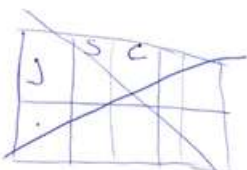
Nicolas part en camp scout pendant 7 jours. Sa maman a peur qu'il manque de vitamines alors elle lui donne des sachets contenant des vitamines en poudre à dissoudre dans l'eau. Nicolas doit en boire une tasse tous les matins et tous les soirs.

Pour préparer une tasse, il faut mélanger 2 cuillères à café de vitamines en poudre avec 20 cl d'eau.

Les vitamines en poudre se vendent par sachets de 30 grammes. Une cuillère à café de cette poudre pèse 10g.

Sachant que le premier jour Nicolas déjeunera chez lui avant de partir, et le dernier jour, il soupera à sa maison, combien de sachets de vitamines en poudre doit-il emporter avec lui ?

C = cuillère



$+1C =$ le matin ~~et~~ quand il
 le premier jour déjeune
 $-1C =$ le soir quand il rentre
 il part 4 jour il doit en prendre 2 fois par jour.

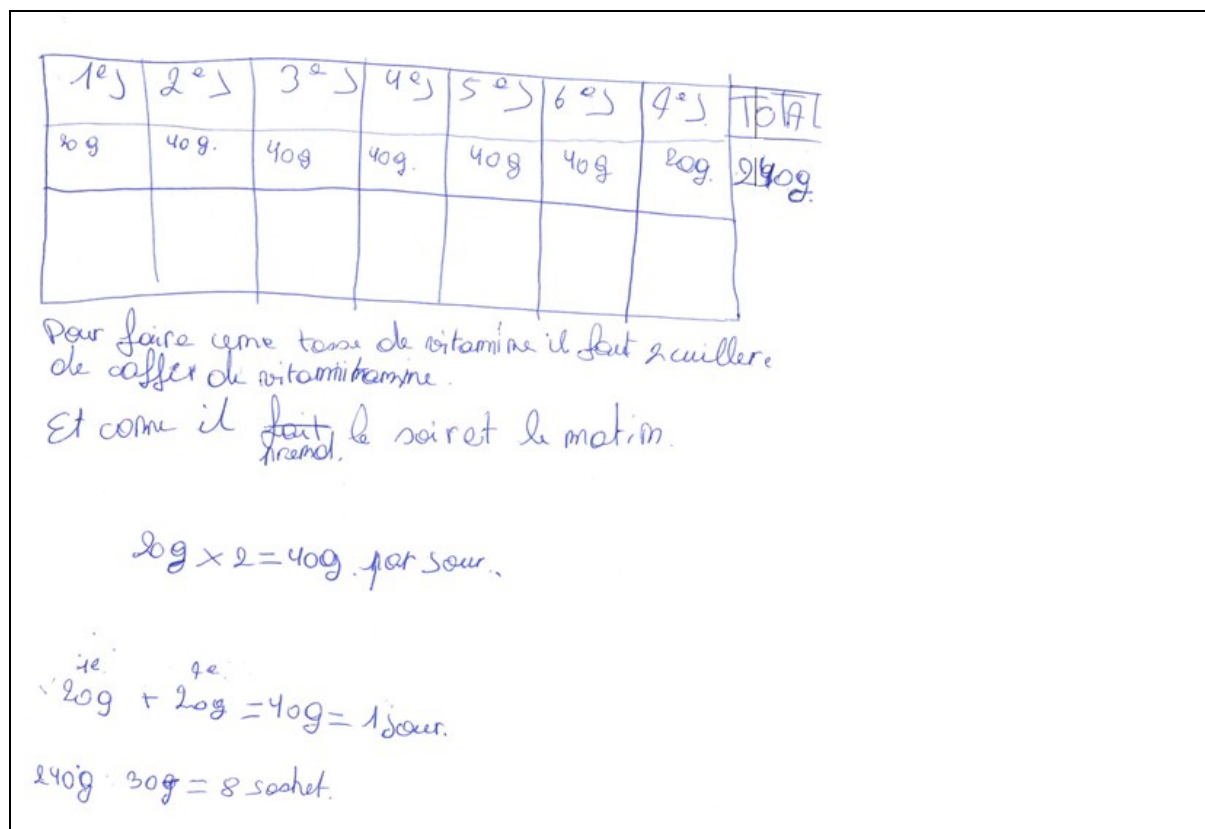


Figure 6. Résolution de Léa pour le problème 4 du dispositif

5.1.8 Interactions entre pairs autour des productions individuelles du problème 4

Si lors des interactions en petits groupes et en dyade, Léa a bénéficié des commentaires formulés par ses pairs lors de la mise en commun des démarches individuelles du problème 4, c'est elle qui clarifie le problème pour ses camarades, témoignant ainsi d'une compréhension approfondie du problème.

Camille : A quoi ça nous sert d'avoir les 30g et les 10g alors que la question c'est combien de sachets de vitamines doit-il emporter ?

Léa : Ben oui, si un sachet de vitamines pèse 30g et qu'une cuillère c'est 10g et qu'une tasse c'est 2 cuillères ... Attends, je relis.

Camille : Regarde, moi ce que je te dis c'est qu'on s'en fout des 10g et des 30g, parce que la cuillère c'est pour savoir combien, donc s'il doit prendre 30g, il doit prendre 3 cuillères de 10g, en gros.

Léa : *Mais non.* [Elle est coupée par Camille]

Camille : Mais si, regarde : « les vitamines en poudre se vendent par sachet de 30 grammes. Une cuillère à café de cette poudre pèse 10g ».

Léa : Oui, mais il faut 2 cuillères pour 1 tasse donc 20g et il faut faire fois deux parce qu'il doit prendre 2 fois des vitamines, donc 40g par jour.

Un peu plus tard, le groupe d'élèves interpelle l'enseignante une première fois afin d'être épaulé dans l'estimation a priori de la solution du problème et, quelques instants plus tard, pour identifier la structure mathématique du problème. Grâce aux questions de l'enseignante, Léa et Paul parviennent, ensemble, à estimer la solution et à identifier la structure mathématique du problème. En cela, on peut dire que l'intervention de l'enseignante a favorisé un processus d'hétérorégulation.

Enseignante : Comment est-ce qu'on peut faire pour estimer la solution ?

Léa : Il est mis qu'on peut arrondir les nombres, on peut dire que c'est entre tatata et tatata.

Enseignante : Donc ici on doit estimer le nombre de sachets à partir du nombre de tasses. Combien de tasses il doit prendre en tout Nicolas ?

Léa : Ben [Elle additionne dans sa tête $1+2+2+2+2+2+1$] 12

Enseignante : TB. 12 tasses. Comment est-ce qu'on peut transformer ce nombre de tasses en un nombre de sachets ?

Léa : On sait que 1 sachet c'est 30g de vitamines.

Enseignante : Oui. Et du coup, 1 tasse c'est quoi par rapport à 1 sachet ?

Paul : Ben c'est un peu moins qu'un sachet parce que c'est 20g.

Enseignante : TB ! Et comme on sait qu'il a besoin de 12 sachets, que peut-on dire pour l'estimation ?

Léa : Ben il aura besoin de 12 sachets.

[...]

Enseignante : C'est quel type de calculs que vous devez faire ? Par exemple, on sait que 1 cuillère c'est 10g, 2 cuillères c'est 20g, Comment on appelle quand on ...

Léa : Oh, c'est pas la règle de trois ?

Enseignante : Oui ! TB ! La règle de trois, c'est quand on vous donne pour 1 quantité et qu'on vous demande pour 2 quantités, 3 quantités, etc.

De surcroît, si jusqu'au problème 3, le contrôle appliqué par Léa sur son processus de résolution était partiel, l'extrait ci-dessous montre l'intégration, par celle-ci, de toutes les facettes de cette stratégie d'autorégulation.

Léa : Oui, tu peux mettre : 'respect des consignes : ok'. Donc maintenant on fait la démarche. Pour ça il faut vérifier le plan de résolution. Est-ce qu'on a su combien valait une tasse ?, oui ; est-ce qu'on a additionné les tasses ?, oui ; est-ce qu'on a transformé les tasses en grammes ? ; oui ; transformer les grammes en sachets ? : oui. Donc oui c'est bon, on a respecté la démarche.

Camille : Donc, je mets, démarche : ok ?

Paul : Oui et après on peut mettre qu'on a fait les calculs inverses. Moi j'ai fait 30 fois 8 est égal à 240.

Léa : On peut passer à j'interprète. Il faut voir si la réponse a du sens par rapport à l'énoncé.

Camille : Qu'est-ce que je mets ?

Léa : Ben oui parce que c'est un nombre entier.

Voyons, à présent, si les croyances motivationnelles et le rapport émotionnel de Léa relatifs à la résolution de problèmes empruntent un chemin analogue à celui de son raisonnement cognitif.

5.2 Analyse des changements motivationnels et émotionnels

5.2.1 Changements au niveau des croyances motivationnelles

Les propos tenus par Léa au début du dispositif reflètent des croyances motivationnelles plutôt négatives et, plus précisément, un sentiment d'efficacité personnelle et une perception de contrôlabilité fragiles. Ainsi, avant de se lancer dans la résolution du premier problème du dispositif, Léa explique « *Je vais avoir difficile, fin moi j'ai des problèmes en problèmes, tout le temps quand j'essaie, j'ai pas la bonne réponse.* » [...] « *Moi, je suis assez nulle dans les calculs et tout ça* ». Elle ajoute, « *moi je me sens tout le temps je vais pas y arriver* ». Ce constat n'est pas étonnant quand on sait que le sentiment d'efficacité personnelle prend, en grande partie, sa source dans les expériences passées (Bandura, 1997 ; Marsh, Lüdtke, Nagengast, Trautwein, Abduljabbar, *et al.*, 2015).

Cependant, si les expériences passées, réactivées par le type de tâche proposé à l'apprenante, la préoccupent, elles ne la paralysent pas. Effectivement, malgré avoir échoué au premier problème, Léa fait montre de courage et de détermination pour le problème suivant : « *Je vais essayer de pas me*

décourager, s'il y a un truc que je comprends pas, je vais relire plusieurs fois, bien me concentrer. Je veux arriver à une réponse qui est bonne ». Plus encore, ses propos suggèrent qu'elle se sent capable de mener à bien la tâche et d'exercer un contrôle sur son déroulement. Elle s'accroche à chaque réussite comme en témoignent les explications formulées suite au problème 2 : « Je suis satisfaite de mon calcul parce que je trouve que j'ai bien fait ça car j'ai fait des choses que je comprenais pas avant et que maintenant je comprends, donc, je fais les choses mieux qu'avant, je me suis améliorée ». On sent une plus grande confiance dans sa capacité à réussir le problème et une plus grande maîtrise de ce type de tâche. D'ailleurs, son échec au problème 3 ne semble pas troubler son engagement dans le problème 4. Bien au contraire, elle fait preuve de persistance malgré les difficultés pressenties et semble croire non seulement à sa capacité de contrôler le déroulement de la tâche mais également de réussir le problème : « Là, je le trouve un peu difficile, on l'a lu un peu vite je trouve, je dois encore plus réfléchir [...] je vais bien relire le problème, je vais écrire tout ce qui est important, si je comprends pas je vais relire et je vais vraiment essayer ». Ces propos sont complétés par ceux formulés à l'issue de la résolution du problème 4 : « Je suis satisfaite de ce problème parce que là j'ai réussi, j'ai eu plus facile que l'autre problème car j'ai progressé parce que pour le problème 3 j'avais un peu plus de mal et j'arrivais pas trop. » On comprend par-là que, bien que se consolidant au fur et à mesure des expériences de succès, les sentiments d'efficacité personnelle et de contrôlabilité restent précaires ; les échecs passés restent pesants surtout quand la tâche est jugée difficile. Notons cependant que, s'il est important de consolider les expériences de succès, l'évolution positive qui se dégage de notre analyse est soutenue par les propos formulés par Léa à l'issue du dispositif : « Il y a un mois, j'aurais pas su faire ce problème. Maintenant, j'ai confiance en moi, je me sens plus à l'aise, parce que j'ai des choses pour m'aider et que j'en ai fait beaucoup ».

Par ailleurs, soulignons l'évolution synchronisée du sentiment de contrôlabilité et des causes invoquées par Léa pour expliquer son résultat (échec ou réussite). En effet, si au début du dispositif, Léa s'appuie sur des causes incontrôlables telles que le manque d'habileté (e.g. « je suis assez nulle », « je vais pas y arriver »), très vite elle invoque également des causes contrôlables comme l'(in)efficacité de la stratégie/procédure implémentée ou l'effort (e.g., « relire plusieurs fois », « bien me concentrer » ; « j'ai lu un peu vite »).

5.2.2 Changements d'ordre émotionnel

Le tableau 2 illustre l'évolution du ressenti émotionnel de Léa tout au long du dispositif, recueilli à l'aide d'un questionnaire. L'analyse de celui-ci met en exergue une diminution du nombre d'émotions négatives ressenties au profit d'émotions positives. Plus finement, si les émotions négatives ressenties au début du dispositif se dissipent progressivement, le désespoir, lui se maintient. A ce sujet, précisons que cette émotion est ressentie lorsque les espérances de succès sont faibles ou quand les attentes d'échecs sont élevées (Pekrun, 2007). La persistance du désespoir tout au long du dispositif pourrait donc s'expliquer par le poids encore important des expériences d'échecs comparativement aux succès accomplis par Léa. Au niveau des émotions positives, si la fierté et le soulagement sont des émotions couramment ressenties par Léa, le plaisir, lui, émerge vers la fin du dispositif. Ainsi, à l'issue du problème 4, Léa confie « Avant j'aimais pas les problèmes et maintenant depuis qu'on a fait ça ben, j'aime bien ». Précisons que cette émotion est ressentie quand la tâche est perçue comme intéressante et ayant de la valeur pour l'individu et suite à une amélioration de ses compétences (Pekrun, 2014).

Tableau 2. Evolution des émotions les plus fréquemment rencontrées par Léa tout au long du dispositif

	Désespoir	Ennui	Peur	Frustration	Soulagement	Fierté	Plaisir
P1	X				X	X	
P2	X		X		X		
P3	X		X		X		
P4	X				X	X	X

Note. P1 = après la résolution du problème 1 ; P2 = après la résolution du problème 2 ; P3 = après la résolution du problème 3 ; P4 = après la résolution du problème 4.

6. Discussion et conclusion

La présente étude s'est donnée pour objectif d'apporter un éclairage différent et complémentaire aux approches classiques de l'évaluation de l'efficacité des dispositifs d'enseignement-apprentissage (comparaison pré-post) en se penchant sur ce qui se passe durant le dispositif. Plus encore, cette étude souhaitait comprendre les changements (méta)cognitifs, (méta)émotionnels et (méta)motivationnels advenant tout au long de l'implémentation d'un dispositif, mis en exergue lors d'une étude précédente (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b) et ainsi compléter cette dernière. Tant la place centrale occupée par les interactions entre pairs dans les dispositifs d'enseignement-apprentissage en résolution de problèmes que les travaux démontrant le potentiel des régulations interactives à induire des conduites d'hétérorégulation et d'autorégulation chez l'apprenant nous ont conduits à analyser ces changements à la lumière des différentes modalités de régulations interactives promues au sein du dispositif et, particulièrement, celles entre pairs. Cette étude questionne donc le degré d'implication des interactions entre pairs, soutenues par les interactions M-E et O-E, dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes mathématiques et la manière dont elles y contribuent.

L'analyse croisée des traces écrites et des explications orales de Léa a mis en exergue une évolution progressive des comportements de Léa du statut de novice vers celui d'expert (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018b ; Muir *et al.*, 2008). Nos résultats indiquent que les interactions entre pairs y ont largement contribué en invitant Léa à questionner et à réfléchir sur sa propre démarche de résolution et in fine à l'autoréguler. On constate ainsi que, suite aux remarques formulées par Paul, l'un de ses pairs, Léa troque, dès le problème suivant, sa démarche mécanique, linéaire et superficielle contre une analyse approfondie de la situation prenant en compte tant les aspects numériques que contextuels. Cette nouvelle approche est ensuite adoptée à chaque nouveau problème. De plus, les échanges entre pairs portant sur la définition et la façon de mettre en œuvre les stratégies heuristiques d'estimation, d'identification de la structure mathématique et de planification ont également modifié la conception et la démarche de résolution initiale de Léa. En outre, les interactions avec ses camarades l'ont encouragée à mobiliser, de façon systématique et complète, deux stratégies d'autorégulation cognitive, à savoir, le contrôle et l'ajustement. A ce sujet, l'analyse montre que si, au départ, aucun recours n'y était fait, ces deux stratégies sont utilisées au cours du dispositif, d'abord imparfaitement puis de façon complète. Cependant, ces changements ne sont pas le seul fruit des régulations interactives entre pairs. En effet, le développement de conduites autorégulatrices n'aurait pas été possible sans les interventions de l'enseignante et la mise à disposition d'outils-soutiens tels que le carnet de synthèse des stratégies enseignées ou la grille d'évaluation (Allal, 2007 ; Mottier Lopez, 2012). Tous deux ont fait en sorte que les interactions entre pairs suscitent des conduites autorégulatrices en permettant de dépasser une difficulté, en résolvant un conflit-cognitif, en suscitant la réflexion, en étayant leurs explications, etc.

Parallèlement, les résultats mettent en évidence une évolution positive tant des croyances motivationnelles que du rapport émotionnel de Léa au regard de la résolution de problèmes. Cette évolution suggère une régulation par Léa de sa motivation et de ses émotions. Bien que les données récoltées ne nous permettent pas de faire une association directe entre les interactions entre pairs et le développement de conduites d'autorégulation motivationnelle et émotionnelle, le lien étroit entre les produits de ces interactions (i.e., les expériences de succès et le développement de stratégies heuristiques et d'autorégulation cognitive) et les variables motivationnelles et émotionnelles nous permettent de penser que ces interactions ont favorisé, non seulement le développement de conduites d'autorégulation cognitive, mais également motivationnelle et émotionnelle (Bandura, 1997 ; Pekrun, 2014).

En termes de retombées pédagogiques, l'analyse montre qu'un dispositif pédagogique présentant des modalités de régulation interactives diverses et nombreuses favorise l'appropriation d'heuristiques de résolution, le développement de stratégies d'autorégulation tant cognitives que motivationnelles et émotionnelles. Cependant plusieurs limites sont à souligner. Premièrement, les conclusions tirées de la présente étude reposent sur l'observation d'un seul sujet. Outre la nécessité de croiser nos résultats avec ceux issus d'études reposant sur des comparaisons « pré-post » afin de pallier les limites d'une approche qualitative (Paquay, De Ketele & Crahay, 2006 ; Pinard, Potvin, Rousseau, 2004), il serait nécessaire d'asseoir nos résultats qualitatifs (Mukamurera, Larcourse & Couturier, 2006) en reconduisant la démarche à une échelle plus large. Nous proposerions ainsi de recueillir les échanges entre pairs auprès d'une vingtaine de sujets mais uniquement à trois moments clés (avant le début du dispositif, au milieu du dispositif, à la fin du dispositif) et de les croiser avec leurs productions écrites. Il s'agirait ici de faire ressortir ce qui est observé dans la majorité des groupes dans le but de dresser un portrait plus réaliste du rôle joué par les interactions entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes. Il serait également intéressant de croiser l'évolution des performances des sujets en résolution de problèmes et le développement de conduites autorégulées. De plus, les études ayant montré des rapports différents à la discipline mathématique selon le genre (Frenzel *et al.*, 2007; Rozendaal, Minnaert & Boekaerts, 2001), il serait intéressant de se pencher sur des résolveurs novices des deux sexes. Ces études complémentaires permettraient de se faire une image plus complète du rôle joué par les interactions entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes. Deuxièmement, afin de pouvoir comprendre plus en profondeur les changements qui se sont produits tant au niveau des croyances motivationnelles de Léa qu'au niveau de ses émotions, il serait intéressant de cibler davantage ces dimensions dans le guide de questions utilisé. Plus encore, l'évolution du type de stratégies utilisé par le résolveur novice pour réguler ses émotions (Hanin, Grégoire, Mikolajczak, Fantini-Hauwel, & Van Nieuwenhoven, 2017) et sa motivation (Wolters, 2003) permettrait d'éclairer les résultats obtenus. Finalement, les données recueillies auraient tout à gagner d'être croisées avec l'analyse et les observations faites par l'enseignant des effets des modalités de régulation interactive proposées.

Références

- Ahmed, W. (2017). Motivation and Self-Regulated Learning: A Multivariate Multilevel Analysis. *The International Journal of Psychology and Educational Studies*, 4(3), 1-11.
- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., & Van der Werf, G. (2013). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 22(3), 385-389.
- Allal, L. (2007). Régulations des apprentissages : Orientations conceptuelles pour la recherche et la pratique en éducation. In L. Allal & L. Mottier Lopez (Eds.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 7-24). Bruxelles: De Boeck.
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 243-248.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bassok, M. (2003). Analogical transfer in problem solving. In J.E. Davidson & R.J. Sternberg (Eds.), *the psychology of problem solving* (pp. 343-369). New-York: Cambridge University Press.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The qualitative report*, 13(4), 544-559.
- Berger, J.-L., & Büchel, F. P. (2012). Métacognition et croyances motivationnelles : Un mariage de raison. *Revue française de pédagogie*, 179, 95-128.
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics-ICTMA 12* (pp. 222-231). Chichester, UK: Horwood Publishing.
- Boekaerts, M. (1997). Self-Regulated Learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers and students. *Learning and Instruction*, 7(2), 161-186.
- Brand, S., Reimer, T., & Opwis, K. (2003). Effects of metacognitive thinking and knowledge acquisition in dyads on individual problem solving and transfer performance. *Swiss Journal of Psychology*, 62(4), 251-261.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Breslow, L. (2001). *Transforming novice problem solvers into experts*. En ligne, <http://web.mit.edu/tll/tllibrary/teach-talk/transforming-novice.html>.
- Buchs, C., Lehraus, K., & Crahay, M. (2013). Coopération et apprentissage. In M. Crahay (Ed.) *L'école peut-elle être juste et efficace ?* (pp. 421-454). Bruxelles: De Boeck.
- Cartier, S. C., Butler, D. L., & 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.
- Clore, G. L., & Huntsinger, J. R. (2009). How the object of affect guides its impact. *Emotion Review*, 1(1), 39-54.
- Cosnefroy, L. (2004). Apprendre, faire mieux que les autres, éviter l'échec : l'influence de l'orientation des buts sur les apprentissages scolaires. *Revue Française de Pédagogie*, 147(1), 107-128.
- Crahay, M., & Detheux, M. (2005). L'évaluation des compétences, une entreprise impossible? (Résolution de problèmes complexes et maîtrise de procédures mathématiques). *Mesure et Evaluation en Éducation*, 28(1), 57-78.
- De Corte, E. (2012). Constructive, self-regulated, situated and collaborative (CSSC) learning: an approach for the acquisition of adaptive competence. *Journal of Education*, 192, (2/3), 33-47.
- Demonty, I., Blondin, C., Matoul, A., Baye, A., & 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., & Fagnant, A. (2014). Tâches complexes en mathématiques : difficultés des élèves et exploitations collectives en classe. *Education et francophonie*, 42(2), 173-189.
- D'Mello, S., & Graesser, A. (2011). The half-life of cognitive-affective states during complex learning. *Cognition & Emotion*, 25, 1299-1308.
- Elia, I., van den Heuvel-Panhuizen, M., & Kolovou, A. (2009). Exploring strategy use and strategy flexibility in non-routine problem solving by primary school high achievers in mathematics. *ZDM Mathematics Education*, 41, 605-618.
- Fagnant, A., & Demonty, I. (2005). *Résoudre des problèmes : pas de problème! Guide méthodologique et documents reproductibles. 10/12 ans*. Bruxelles : De Boeck.
- Fagnant, A., Dupont, V., & Demonty, I. (2016). Régulation interactive et résolution de tâches complexes en mathématiques. In L. Mottier Lopez & W. Tessaro (Eds.), *Le jugement professionnel au cœur de l'évaluation et de la régulation des apprentissages*. Berne : Peter Lang.
- Fereday, J., & 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., & Gregoire, J. (2008). Les stratégies d'autorégulation cognitive : Une aide à la résolution de problèmes arithmétiques. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte, & J. Gregoire, *Enseignement et apprentissage des mathématiques. Que disent les recherches psychopédagogiques ?* (pp 201-221). Bruxelles: De Boeck.
- Frenzel, A. C., Pekrun, R., & 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*, 22(4), 497-514.
- Fuchs, L.S., Fuchs, D., Prentice, K., Burch, M., Hamlett, C.L., et al. (2003). Explicitly teaching for transfer: Effects on third-grade students' mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 293-305.
- Galbraith, P.L., & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 143-162.
- Ginsburg, A., Cooke, G., Leinwand, S., & Pollock, E. (2005). *Reassessing U.S. international mathematics performance: New findings from 2003 TIMSS and PISA*. Washington, D.C.: American institute for Research.
- Goetz, T., Haag, L., Lipnevitch, A.A., Keller, M.M., Frenzel, A.C., & Collier, P.M. (2014). Between-domain relations of students' academic emotions and their judgments of school domain similarity. *Frontiers in Psychology*, 5(1153), 1-14.
- Graham, S., & Williams, C. (2009). An attributional approach to motivation in school. In K.R. Wentzel, & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 11-34). New-York: Routledge.
- Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2018a). Teaching the problem-solving process in a progressive or a simultaneous way: a question of making sense? *Frontline Learning Research*, 6(2), 39-65.
- Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2018b). Evaluation d'un dispositif d'enseignement- apprentissage en résolution de problèmes mathématiques: Evolution des comportements cognitifs, métacognitifs, motivationnels et émotionnels d'un résolveur novice et expert. *Evaluer. Journal international de Recherche en Education et Formation*, 4(1), 37-66.
- Hanin, V., Grégoire, J., Mikolajczak, M., Fantini-Hauwel, & Van Nieuwenhoven, C. (2017). Children's Emotion Regulation Scale in Mathematics (CERS-M): development and validation of a self-reported instrument. *Psychology*, 8(13), 2240-2275.
- Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2016). Evaluation d'un dispositif pédagogique visant le développement de stratégies cognitives et métacognitives en résolution de problème en première secondaire. *Evaluer. Journal international de Recherche en Education et Formation*, 2(1), 53-88.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. Stevenson, J. Azuma & K. Hakuta (Eds.), *Child development and education in Japan* (pp. 262-272). New York, NY: W. H. Freeman & Co.

- Hohn, R., & Frey, B. (2002). Heuristic training and performance in elementary mathematical problem solving. *Journal of Educational Research*, 95(6), 374-380.
- Isen, A.M. (2000). Some perspectives on positive affect and self-regulation. *Psychological Inquiry*, 11(3), 184-187.
- Laveault, D. (2007). De la « régulation » au « réglage » : élaboration d'un modèle d'autoévaluation des apprentissages. In L. Allal et L. Mottier-Lopez (Eds.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 207-234). Bruxelles: De Boeck.
- Lepareur, C., & Grangeat, M. (2017). L'évaluation formative : un soutien à l'autorégulation des apprentissages dans les enseignements scientifiques ? In S. Cartier, & L. Mottier-Lopez (Eds.), *Soutien à l'apprentissage autorégulé en contexte scolaire* (pp. 183-212). Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Marsh, H. W., Lüdtke, O., Nagengast, B., Trautwein, U., Abduljabbar, A. S., Abdelfattah, F., & Jansen, M. (2015). Dimensional comparison theory: Paradoxical relations between self-beliefs and achievements in multiple domains. *Learning and Instruction*, 35, 16-32.
- Mevarech, Z. R., & Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-394.
- Montague, M., Enders, C., & Dietz, S. (2011). Effects of cognitive strategy instruction on math problem solving of middle school students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 34, 262-272
- Mottier-Lopez, L. (2007). Régulations interactives situées dans des dynamiques de microculture de classe. *Mesure et évaluation en éducation*, 30(2), 23-47.
- Mottier-Lopez, L. (2012). *La régulation des apprentissages en classe*. Bruxelles: De Boeck.
- Muir, T., Beswick, K., & Williamson, J. (2008). "I'm not very good at solving problems": An exploration of students' problem solving behaviours. *The Journal of Mathematical Behavior*, 27(3), 228-241.
- Mukamurera, J., Lacourse, F., & Couturier, Y. (2006). Des avancées en analyse qualitative : pour une transparence et une systématisation des pratiques. *Recherches qualitatives*, 26(1), 110-138.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Novick, L. R. (1988). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(3), 510-520.
- OECD (2017). *Pisa 2015 Results. Students' well-being* (Volume II). Paris: OECD Publishing.
- Op't Eynde, P., De Corte, E., & Verschaffel, L. (2006). Accepting emotional complexity: A socio-constructivist perspective on the role of emotions in the mathematics classroom, *Educational Studies in Mathematics*, (63)2, 193-207.
- Özoy, G., & Ataman, A. (2009). The effect of metacognitive strategy training on mathematical problem solving achievement. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(2), 67-82.
- Pajares, F. (2008). Motivational role of self-efficacy beliefs in self-regulated learning. In D.H. Schunk, & B.J. Zimmerman (Eds.), *Motivation and self-regulated learning: Theory, research and applications* (pp.111-139). New-York: Erlbaum.
- Paquay, L., De Ketele, J-M., & Crahay, M. (2006). *L'analyse qualitative en éducation. Des pratiques de recherche aux critères de qualité*. Paris : De Boeck.
- Patrick, H., Ryan, A.M., & 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.
- Peixoto, F., Sanches, C., Mata, L., & Monteiro, V. (2016). "How Do you Feel About Math?": Relationships Between Competence and Value Appraisals, Achievement Emotions and Academic Achievement. *European Journal of Psychology of Education*, 32(3), 385-405.

- Pekrun, R. (2007). Emotions in students' scholastic development. In R. Pekrun, R. Perry, & S. Smart (Eds.), *The scholarship of teaching and learning in higher education: An evidence-based perspective* (pp. 553-610). Hollande: Springer.
- Pekrun, R. (2014). *Emotions and learning. Educational Practices Series*. Belley, France: International Academy of Education.
- Perels, F., Gürtler, T., & Schmitz, B. (2005). Training of self-regulatory and problem-solving competence. *Learning and Instruction*, 15(2), 123-139.
- Pinard, R., Potvin, P., & Rousseau, R. (2004). Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation. *Recherches qualitatives*, 24, 58-81.
- Rozendaal, J. S., Minnaert, A., & 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.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334-370). New-York: Macmillan.
- Schunk, D.H. (2001). Social cognitive theory and self-regulated learning. In B.J. Zimmerman, & D.H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (pp. 125-152). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Tzohar-Rosen, M. & Kramarski, B. (2014). Metacognition, motivation and emotions: Contribution of self-regulated learning to solving mathematical problems. . *Global Education Review*, 1 (4). 76-95.
- Urdan, T., Solek, M., & 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.
- Veenman, M.V.J., Van Hout-Wolters, B., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition Learning*, 1(1), 3-14.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse, Hollande: Swets & Zeitlinger.
- Verschaffel, L., Greer, B., & Van Dooren, W. (2008). La résolution de problèmes. In A. Van Zanten (Ed.), *Dictionnaire de l'éducation* (pp 588-590). Paris : P.U.F., Presses universitaires de France.
- Viau, R., & Bouchard, J. (2000). Validation d'un modèle de dynamique motivationnelle auprès d'élèves du secondaire. *Canadian Journal of Education*, 25(1), 16-26.
- Weiner, B. (1979). A theory of motivation for some classroom experiences. *Journal of Educational Psychology*, 71, 3-25.
- Willig, C. (2013). *Introducing Qualitative Research in Psychology*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Wolters, C. A. (2003). Regulation of motivation: Evaluating an underemphasized aspect of self-regulated learning. *Educational psychologist*, 38(4), 189-205.
- Yin, R.K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Zhou, J. (2015). International students' motivation to pursue and complete a Ph. D. in the US. *Higher Education*, 69(5), 719-733.
- Zimmerman, B.J. (2011). Motivational sources and outcomes of self-regulated learning and performance. In B. Zimmerman & D. Schunk (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp.49-64). New-York: Routledge.
- Zimmerman, B.J., & Campillo, M. (2003). Motivating self-regulated problem solvers. In J.E. Davidson & R.J. Sternberg (Eds.), *the psychology of problem solving* (pp. 233-262). New-York: Cambridge University Press.

Annexe : exemple de codage avec le problème 1

- Production individuelle

Rachid a un gros sachet de 20 billes. Frédéric, lui en a 13. A la récréation, les deux enfants jouent une première partie ensemble : Frédéric gagne 5 billes. Les deux amis jouent une deuxième partie et Rachid perd 10 billes. Après-midi, ils jouent encore une nouvelle partie tous les deux. Quand Rachid rentre chez lui, il compte ses billes, il en a 22. Que s'est-il passé lors de la partie de l'après-midi ?	Pas de soulignement
$20 - 10 = 10$ $13 + 5 = 18$ $18 + 4 = 22$ donc Rachid a 22 billes et Frédéric a 18 billes	- Infos numériques uniquement - Calculs : linéaires, isolés - Communication : ne s'appuie pas sur le bon résultat (→ pas de contrôle ni de régulation)

- Verbatim de Léa

Codage	Verbatim
- Lecture centrée sur données numériques, linéaire, superficielle - Aucune stratégie heuristique (uniquement des calculs)	« Moi, j'ai fait les nombres moins ...il y avait par exemple 20 moins 10 donc j'ai fait le calcul. Et après pour Frédéric il y avait, après j'ai fait pour Frédéric 13 plus 5 puis j'ai fait le calcul et puis ils m'ont mis Rachid pourquoi il a ... quand il rentre chez lui pourquoi il a 22 et ils disent qu'est-ce qu'ils ont fait pour que Rachid a 22 au lieu de 10 donc moi j'ai fait tout le calcul et j'ai trouvé qu'il a gagné plus 12 ».
- Ni contrôle, ni régulation	« Ben moi j'ai rien barré mais je crois pas que je devais barrer. »
- SEP fragile - Expériences antérieures négatives	« Je vais avoir difficile, fin moi j'ai des problèmes en problèmes, tout le temps quand j'essaie, j'ai pas la bonne réponse. » [...] « Moi, je suis assez nulle dans les calculs et tout ça ». Elle ajoute, « moi je me sens tout le temps 'je vais pas y arriver' ».
- Détermination - Optimisme	« Je vais essayer de pas me décourager, s'il y a un truc que je comprends pas, je vais relire plusieurs fois, bien me concentrer. Je veux arriver à une réponse qui est bonne. »

• Interactions entre pairs autour des productions individuelles du problème 1

	Verbatim	Codage
L1	Ce que je comprends pas c'est que dans le texte ils mettent qu'il a perdu 10 billes et là tu mets qu'il a perdu 5 billes.	Lecture linéaire Non prise en compte des données contextuelles
P1	Mais non, regarde. Là il est mis : « A la récréation, les deux enfants jouent une première partie ensemble : Frédéric gagne 5 billes ».	Tentative d'hétérorégulation : relecture de l'énoncé
L2	Ben oui, c'est pour Frédéric les 5 billes.	Campe sur sa position (n'essaie pas d'entrer, de comprendre la position de Paul)
P2	Mais ils disent qu'ils jouent ensemble, donc ils jouent à deux.	Tentative d'hétérorégulation : précision contextuelle
L3	Non ils jouent pas à deux, ils jouent l'un contre l'autre.	Campe sur sa position
P3	Ben oui, mais si toi...	Tentative d'hétérorégulation : débute un exemple
L4	Par exemple moi je gagne 5 billes et toi tu as perdu 10 billes.	Campe sur sa position
P4	Non 5 billes, elle a perdu 5 billes.	Tentative d'hétérorégulation : corrige Léa
L5	Mais moi je comprends pas pourquoi tu dis qu'elle a perdu 5 billes.	Manifeste son envie de comprendre le raisonnement de Paul
P5	Attends je vais t'expliquer. Si tu gagnes 5 billes c'est de Camille que tu les prends.	Tentative d'hétérorégulation : détaille son exemple
L6	Temps de réflexion	Essaie de comprendre le raisonnement de Paul
P6	Donc Frédéric il gagne 5 billes mais il gagne de Rachid les 5 billes. Comme ils sont l'un contre l'autre, donc si l'un perd 5 billes, l'autre gagne 5 billes aussi.	Tentative d'hétérorégulation : suite de l'exemple
	Aaaah, oui. Je viens de comprendre. J'ai complètement faux.	Hétérorégulation → autorégulation