Résolution de problèmes en mathématiques chez les élèves allophones du primaire

Mémoire

Roxanne Tardif-Couture

Maîtrise en psychopédagogie – Adaptation scolaire

Maîtrise ès arts (M.A.)

Québec, Canada

© Roxanne Tardif-Couture, 2016

Résolution de problèmes en mathématiques chez les élèves allophones du primaire

Mémoire

Roxanne Tardif-Couture

Sous la direction de :

Izabella Oliveira, directrice de recherche

Résumé

Dans cette recherche, nous avons cherché à mieux comprendre la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes mathématiques et la cause des difficultés qu'ils rencontrent dans ce type de tâche. Pour atteindre notre objectif, nous avons effectué des entretiens individuels avec 16 élèves allophones de 2e, 3e ou 4e année du primaire. Ces entretiens nous ont permis d'obtenir les verbalisations et les traces écrites de ces élèves pour les problèmes qu'ils ont résolus.

L'analyse de nos données a mené aux 3 profils de solutionneurs que nous avons présentés avec 4 cas. Ces profils facilitent la compréhension des éléments qui ont eu un impact sur la résolution des problèmes chez les participants de notre étude. Nous avons d'ailleurs profité de la présentation des profils pour souligner le lien entre l'hésitation et la réussite des problèmes chez les élèves allophones. D'autre part, nous avons ajouté notre contribution au modèle de Berger (2015) qui explique l'interaction entre la langue et les mathématiques en résolution de problème en langue étrangère. Nous y avons notamment ajouté des éléments qui prennent en compte le type de problème présenté aux élèves, les indices qui peuvent les induire en erreur, les propositions qui peuvent rendre plus difficile le problème de même qu'une typologie des erreurs. En outre, le protocole que nous avons développé dans notre recherche, qui permet de déterminer si c'est la compréhension du français langue d'enseignement ou celles des structures mathématiques qui est la principale cause de difficultés des élèves allophones, est opérationnel pour les professionnels de l'éducation. Notre étude peut être le point de départ pour des enseignants afin d'amorcer une réflexion concernant le soutien qui répond réellement aux besoins en mathématiques des élèves allophones.

Table des matières

Résumé iii
Table des matières iv
Liste des figures vii
Liste des tableaux ix
Remerciements x
Introduction 1
1. Problématique 3
1.1. Les jeunes allophones au Canada 3
1.2. Le contexte québécois d'intégration des élèves allophones 4
1.2.1. Les services offerts aux élèves allophones 5
1.2.2. Le programme pour l'enseignement du français aux élèves allophones 5
1.3. La fonction de scolarisation de la langue seconde chez les élèves allophones 6
1.3.1. Le temps nécessaire pour l'apprentissage d'une langue seconde de scolarisation 7
1.4. L'apprentissage des disciplines chez les élèves allophones et l'enseignement qui leur est offert 8
1.4.1. La langue et les concepts : indissociables dans l'enseignement des disciplines 8
1.4.2. Les défis liés à la langue dans l'apprentissage des disciplines en langue seconde 10
1.4.3. Les élèves allophones et leur placement en adaptation scolaire 10
1.5. L'apprentissage des mathématiques chez les élèves allophones et l'enseignement qui leur est offert pour cette discipline 11
1.5.1. Les difficultés rencontrées par les élèves allophones en mathématiques 12
1.5.2. Les problèmes en mathématiques en langue seconde 14
1.6. La résolution de problèmes en mathématiques comme objet de recherche 16
1.7. L'objectif de la recherche proposée 17
2. Cadre théorique 18
2.1. Un modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques 18
2.1.1. Une typologie des problèmes en mathématiques 20
2.1.2. Un modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques 25
2.1.3. Un modèle pour la compréhension en lecture 26
2.2. La typologie des erreurs des élèves 30
2.3. Le modèle unificateur 34
2.4. Les questions précises de recherche 34
3. Méthodologie 36
3.1. L'approche de la recherche proposée 36
3.2. La description des participants 36

3.3. Les outils de collecte de données ... 36
3.3.1. Le questionnaire sociodémographique ... 36
3.3.2. Le questionnaire de problèmes ... 37
3.3.3. Les entretiens semi-dirigés ... 37
3.4. La démarche de collecte de données ... 46
3.4.1. Le recrutement ... 46
3.4.2. Le consentement ... 46
3.4.3. La passation des questionnaires de problèmes en classe ... 47
3.4.4. La passation des entretiens semi-dirigés ... 47
3.5. Cadre et démarche d'analyse ... 48
3.5.1. La première analyse des problèmes faits en classe pour sélectionner les élèves à rencontrer en entrevue ... 49
3.5.2. La première analyse des problèmes faits en entretiens ... 49
3.5.3. L'analyse plus approfondie des problèmes pour dégager des profils de solutionneurs ... 53
3.6. Les critères de scientificité de notre recherche ... 53
4. Résultats et analyse des données ... 55
4.1. Ce que les élèves disent faire pour résoudre un problème ... 55
4.2. Ce que les élèves considèrent le plus difficile ou le plus facile dans les problèmes en général ... 62
4.2.1. Liens entre ce que les élèves trouvent le plus difficile dans les problèmes et les caractéristiques qu'ils ont données d'un problème difficile ... 68
4.3. L'histoire du problème que les élèves racontent, leurs calculs et leurs réponses ... 69
4.3.1. Liens entre raconter l'histoire dans ses mots et les réponses des élèves aux problèmes A à E ... 76
4.4. Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre les problèmes A à E ... 78
4.4.1. Liens entre les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer et les éléments qui aident à savoir quelle opération effectuer pour les problèmes A à E ... 80
4.5. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes ... 81
4.5.1. Liens entre ce que les élèves trouvent en général le plus difficile dans les problèmes et ce qu'ils ont trouvé le plus difficile pour les problèmes A à E ... 84
4.5.2. Liens entre les réponses des élèves aux problèmes et les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E ... 85
4.6. Les 3 profils identifiés d'élèves allophones en résolution de problèmes ... 86
4.6.1. Profil 1 - L'élève qui n'hésite pas et qui donne des réponses incorrectes ... 86
4.6.2. Profil 2 - L'élève qui hésite et qui donne des réponses correctes ... 88
4.6.3. Profil 3 - L'élève qui hésite et qui donne des réponses parfois correctes, parfois incorrectes 91
4.7. Les difficultés et les erreurs présumées selon le cadre théorique par rapport aux erreurs observées chez les participants à la recherche ... 97

4.7.1. La relation entre les taux de réponses correctes et le niveau de difficulté des problèmes du point de vue mathématique et linguistique 97
4.7.2. Les indices 97
4.7.3. La construction d'un modèle cognitif qui prend en compte le contenu mathématique et linguistique 98
4.7.4. Analyse des données à partir du modèle théorique d'analyse de problèmes en mathématiques 99
4.7.5. La typologie des erreurs des élèves appliquée à la résolution de problèmes en mathématiques 101
5. Discussion 102
5.1. Une recherche en résolution de problèmes en mathématiques chez des élèves scolarisés en langue étrangère 102
5.1.1. Le cadre théorique de Berger (2015) 102
5.1.2. Les résultats de Berger (2015) 104
5.2. Les niveaux de compréhension de problèmes mathématiques 107
5.3. Le rappel et la résolution de problèmes arithmétiques chez les enfants du primaire 108
5.4. Les retombées de notre recherche 112
5.4.1. Les retombées scientifiques 112
5.4.2. Les retombées sociales 113
Conclusion 116
Les questions de recherche 116
Les pistes de recherches futures 118
Bibliographie 120
Annexe 1 126
Annexe 2 128
Annexe 3 129
Annexe 4 136

Liste des figures

Figure 1. Un modèle simplifié pour considérer le rôle de la langue dans l'activité mathématique, traduction libre d'Adetula (1990, p.353). 14

Figure 2. Modèle théorique pour l'analyse du traitement de problèmes mathématiques à résoudre, traduction libre de Daroczy et al. (2015, p.6). 25

Figure 3. Les composantes de la compréhension écrite de l'identification de mots à la compréhension du texte, traduction libre de Perfetti et al. (2005, p.229). 28

Figure 4. Le modèle unificateur qui reprend l'essentiel de notre cadre théorique. 34

Figure 5. Les étapes importantes pour résoudre un problème selon les participants - 3 niveaux scolaires confondus. 55

Figure 6. Les étapes importantes pour résoudre un problème - Réponses par niveau scolaire. 56

Figure 7. Les stratégies que les élèves utilisent quand ils ne comprennent pas un mot - 3 niveaux scolaires confondus. 58

Figure 8. Les stratégies que les élèves utilisent quand ils ne comprennent pas un mot - Réponses par niveau scolaire. 59

Figure 9. Les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer - 3 niveaux scolaires confondus. 60

Figure 10. Les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer - Réponses pour niveau scolaire. 61

Figure 11. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes - 3 niveaux scolaires confondus. 62

Figure 12. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes - Réponses par niveau scolaire. 63

Figure 13. Les caractéristiques d'un problème difficile - 3 niveaux scolaires confondus. 64

Figure 14. Les caractéristiques d'un problème difficile - Réponses par niveau scolaire. 65

Figure 15. Les caractéristiques d'un problème facile - 3 niveaux scolaires confondus. 66

Figure 16. Les caractéristiques d'un problème facile - Réponses par niveau scolaire. 67

Figure 17. Raconter l'histoire des problèmes A à E dans ses mots - Réponses par problème. 70

Figure 18. Raconter l'histoire des problèmes A à E dans ses mots - Réponses par niveau scolaire. 72

Figure 19. Calculs des élèves aux problèmes A à E - Données par problème. 73

Figure 20. Calculs des élèves aux problèmes A à E - Données par niveau scolaire. 74

Figure 21. Réponses des élèves aux problèmes A à E - Données par problème. 75

Figure 22. Réponses des élèves aux problèmes A à E - Données par niveau scolaire. 76

Figure 23. Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre les problèmes A à E - Réponses par problème. 78

Figure 24. Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre les problèmes A à E - Réponses par niveau scolaire. 79

Figure 25. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles problèmes A à E - Réponses par problème. 81

Figure 26. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E - Réponses par niveau scolaire. 83

Figure 27. Notre contribution au modèle intégré pour la langue et pour les mathématiques des processus en résolution de problèmes en anglais langue étrangère de Berger (2015). 115

Liste des tableaux

Tableau 1.Typologie des problèmes mathématiques de Kintsch et Greeno (1985) et Riley et Greeno (1988). 24
Tableau 2. Synthèse de la typologie des erreurs des élèves d'Astolfi (2011) et de Thouin (2014)..... 33
Tableau 3. Les problèmes en classe pour les élèves de 2e et de 3e année..... 40
Tableau 4. Les problèmes en classe pour les élèves de 4e année..... 42
Tableau 5. Les problèmes en entretien pour les élèves de 2e, de 3e et de 4e année..... 45

Remerciements

Dès la petite enfance, mes parents, Line et René, m'ont donné le goût d'apprendre, de trouver des réponses à mes questions et de développer mon autonomie. Puis, ils m'ont encouragée tout au long de mon parcours universitaire, particulièrement ma mère qui a longtemps été ma réviseure linguistique. Sans leur support et leurs bons conseils, mon passage à la maîtrise aurait été difficilement concevable. Je tiens donc à remercier mes parents pour tout ce qu'ils ont fait dans le but de m'offrir le plus beau cadeau qui soit, une éducation postsecondaire à mon image qui m'a permis de m'épanouir en tant qu'être humain.

Je remercie également ma directrice de recherche, Izabella Oliveira, qui m'a guidée dans la réalisation de mon mémoire. Elle m'a offert une oreille attentive et empathique, peu importe mes questionnements et les difficultés que j'ai rencontrées. De plus, j'ai grandement apprécié son ouverture d'esprit pour m'appuyer dans ma recherche de solutions afin de résoudre différents problèmes. Elle savait jusqu'où elle pouvait me laisser me débrouiller et quand elle devait intervenir pour me sortir d'une impasse. Je garderai de bons souvenirs de notre collaboration.

J'offre mes remerciements à Geneviève Lessard de l'Université du Québec en Outaouais et à Richard Barwell de l'Université d'Ottawa d'avoir pris le temps de lire et d'évaluer mon mémoire.

Je mentionne aussi la participation des enseignantes qui m'ont ouvert les portes de leurs classes pour effectuer ma collecte de données. Sans leur aide, il m'aurait été impossible de mener à terme ma recherche.

D'autre part, je suis reconnaissante envers les donateurs de mes bourses d'excellence, à savoir le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH), l'Association des femmes diplômées des universités de Québec (AFDU-Québec), l'Association des retraitées et retraités de l'éducation et des autres services publics du Québec (AREQ) et la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université Laval. Grâce à ces appuis, j'ai pu concentrer mes efforts sur la réalisation de mon mémoire, car ces bourses me procuraient suffisamment de ressources financières pour subvenir à mes besoins, ce qui a fait en sorte que j'ai peu travaillé durant ma rédaction. En outre, je suis convaincue que ces distinctions ont eu un impact positif sur la durée et la qualité de ma recherche.

Enfin, je remercie les amis que j'ai rencontrés durant ma maîtrise qui m'ont fait me sentir moins seule aux différents stades de mon projet de recherche. Je souligne aussi les échanges que j'ai eus avec mes amis et mes collègues de longue date sans lesquels je n'aurais pas eu le recul nécessaire pour réaliser l'ampleur de la tâche à accomplir et par conséquent qu'il était normal que je trouve exigeantes certaines étapes de ma recherche.

Introduction

Au Canada, 14,3 % des jeunes de moins de quinze ans ont comme langue maternelle une autre langue que le français ou l'anglais (Statistique Canada, 2016). Au Québec, c'est 11,2 % des jeunes de cet âge qui sont dans cette situation (Statistique Canada, 2016). Dans la région métropolitaine de Montréal, ce sont environ 50 % des élèves qui n'ont pas le français comme langue maternelle (Commission scolaire de Montréal, 2014). Ces élèves doivent, dans bien des cas, apprendre simultanément le français langue seconde et les disciplines scolaires. Dans le cadre de notre recherche, nous nous intéressons à l'apprentissage des mathématiques, et plus spécifiquement à la résolution de problèmes, en français langue seconde, chez les élèves allophones du primaire. Nous savons peu de choses sur la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes mathématiques. Notre recherche est précisément centrée sur cet objet d'étude. Dans le chapitre 1, nous exposons les éléments qui nous permettent d'affirmer qu'il y a une problématique concernant notre sujet de recherche et qui justifient le présent projet. Il est notamment question dans ce chapitre du contexte québécois d'intégration des élèves allophones, de la fonction de scolarisation de la langue seconde ainsi que de l'apprentissage des disciplines, et plus spécifiquement de l'apprentissage des mathématiques chez les élèves allophones. La recension des écrits sur ces différents sujets énumérés nous a aidé à situer l'objectif de notre recherche, centrée sur les difficultés des élèves allophones et sur les décisions qu'ils prennent en résolution de problèmes. Dans le chapitre 2, nous présentons les différentes composantes avec lesquelles nous avons construit notre cadre théorique que nous utilisons pour analyser nos données. Nous exposons dans ce chapitre le modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques que nous avons bâti à partir de la typologie des problèmes de Kintsch et Greeno (1985), du modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques de Daroczy, Wolska, Meurers et Nuerk (2015) et du modèle pour la compréhension en lecture de Perfetti, Landi et Oakhill (2005). La typologie des erreurs des élèves d'Astolfi (2011) et de Thouin (2014) complète notre cadre théorique. Dans le chapitre 3, nous décrivons la méthodologie utilisée pour atteindre notre objectif de recherche, particulièrement nos outils de collecte de données, à savoir le questionnaire de problèmes que les participants complètent en classe de même que le protocole à respecter pour les entretiens semi-dirigés. La démarche de collecte de données, comprenant des détails sur le recrutement, le consentement, la passation des questionnaires en classe et la passation des entretiens semi-dirigés, fait également partie du troisième chapitre. Les critères de scientificité de notre recherche de même que notre cadre d'analyse des données sont également présentés dans la méthodologie. Dans le chapitre 4, nous présentons nos données et nous les analysons. Nous distinguons entre autres les catégories issues de notre cadre théorique de celles émergentes. Ce chapitre comprend 5 sections qui incluent aussi des figures qui classent nos données par catégories, par niveau scolaire et par problème. Nous y présentons aussi les 3 profils d'élèves allophones que nous avons identifiés à partir de l'analyse des données. Nous terminons ce chapitre avec les difficultés et les erreurs présumées selon le cadre théorique que nous comparons avec les erreurs observées chez les participants à la recherche. Dans le chapitre 5,

nous discutons des résultats obtenus en les comparant à ceux d'autres recherches dont le sujet est proche du nôtre. Les thématiques abordées dans la discussion sont les suivantes : une recherche en résolution de problèmes en mathématiques chez des élèves scolarisés en langue étrangère (Berger, 2015) ; les niveaux de compréhension de problèmes mathématiques (Novotná, 2004b) ; ainsi que le rappel et la résolution de problèmes arithmétiques chez les enfants du primaire (Dellarosa, Weimer et Kintsch, 1985; Hegarty, Mayer et Green, 1992; Pape, 2003). Ce chapitre se termine avec les retombées de notre recherche. La conclusion nous permet de revenir sur nos questions et notre objectif de recherche et de proposer des pistes de recherche futures.

1. Problématique

La Déclaration des droits de l'homme (Nations Unies, Article 26, 1948) stipule que « [t]oute personne a droit à l'éducation ». L'UNESCO (1990) spécifie, dans sa Déclaration mondiale pour une éducation pour tous, que chaque personne doit pouvoir bénéficier d'une formation qui répond à ses besoins éducatifs, particulièrement pour les outils d'apprentissage essentiels comme la lecture, l'écriture et la résolution de problèmes, dans le but d'« éliminer les disparités éducatives qui peuvent exister au détriment de certains groupes (p.5) ». De plus, dans la déclaration de Salamanque (1994), l'UNESCO ajoute que « chaque enfant a des caractéristiques, des intérêts, des aptitudes et des besoins d'apprentissage qui lui sont propres (p.viii) », et que les systèmes éducatifs doivent tenir compte de « cette grande diversité de caractéristiques et de besoins (p.viii) ». D'autre part, la Loi sur l'instruction publique (Publications du Québec, Article 22, 1988) énonce que les enseignants ont le devoir « de contribuer à la formation intellectuelle et au développement intégral de la personnalité de chaque élève qui [leur] est confié ». Donc, on retient de ces documents que tous les enfants, y compris ceux issus de l'immigration, ont droit à un enseignement qui répond à leurs besoins, quels qu'ils soient.

1.1. Les jeunes allophones au Canada

D'après le recensement canadien de 2011, 14,3 % des jeunes Canadiens de moins de 15 ans ont comme langue maternelle une autre langue que le français ou l'anglais (Statistique Canada, 2016). Ces élèves allophones peuvent être nés à l'étranger ou au Canada. En Ontario, au Québec, en Colombie-Britannique et en Alberta, ce sont respectivement 16,8 %, 11,2 %,18,3 % et 14,1 % des jeunes de moins de 15 ans qui ont comme langue maternelle une autre langue que le français ou l'anglais (Statistique Canada, 2016). En 2005, en Ontario, environ 20 % « des élèves des écoles élémentaires de langue anglaise de l'Ontario sont des élèves "ELL" (c'est-à-dire que leur langue première n'est pas l'anglais) (Coelho, 2012) ». Au Toronto District School Board, 57,4 % des élèves parlent une autre langue que l'anglais à la maison (Toronto District School Board, 2015). En 2009-2010, au Québec, plus de 80 % des élèves allophones se trouvaient dans la région métropolitaine de Montréal (Ministère de l'Éducation, 2014a). À la commission scolaire de Montréal, ce sont environ 50 % des élèves qui n'ont pas le français comme langue maternelle (Commission scolaire de Montréal, 2014). De plus, pour l'année scolaire 2014-2015, c'est environ 10 % des élèves de toutes les écoles en Colombie-Britannique qui sont en apprentissage de l'anglais, la langue d'enseignement (British Columbia Ministry of Education, 2015). Toutefois, dans la région métropolitaine de Vancouver, les élèves qui n'ont pas l'anglais comme langue maternelle sont majoritaires dans plus de soixante écoles (Skelton, 2014). Au Calgary Board of Education, c'est environ le quart des élèves qui sont identifiés comme étant en apprentissage de l'anglais (Calgary Board of Education, 2015). Ainsi, dans certaines régions du Canada où l'immigration est plus importante, un enseignant

titulaire peut se retrouver avec un nombre appréciable d'élèves en apprentissage de la langue d'enseignement dans sa classe.

1.2. Le contexte québécois d'intégration des élèves allophones[1]

Au Québec, le français est la seule langue officielle (Publications du Québec, 1977). L'enseignement se donne donc en français dans les écoles primaires et secondaires (Publications du Québec, 1977). Seuls « les enfants dont le père ou la mère est citoyen canadien et a reçu un enseignement primaire en anglais au Canada » ont droit à l'enseignement en anglais (Publications du Québec, Article 73, 1977). Ainsi, les élèves immigrants doivent fréquenter une école francophone pour poursuivre gratuitement leur scolarisation.

De plus, le Québec reçoit un nombre grandissant d'immigrants d'origines diverses. Cette réalité, combinée « à la baisse du taux de natalité, amène une augmentation constante de la proportion d'élèves issus de l'immigration dans le réseau scolaire québécois (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport, 2014a, p.1) ». En effet, en 2009-2010, la proportion de ces élèves était de 15 % contre 9 % en 1998-1999 pour l'ensemble des commissions scolaires francophones (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014a). Les enseignants doivent s'adapter à cette réalité, car la diversité culturelle et linguistique peut influencer leur manière d'enseigner les différentes disciplines du programme de formation.

D'autre part, les besoins pour le soutien à l'apprentissage du français sont aussi en progression régulière, considérant qu'en 2011-2012, environ 120 000 élèves issus de l'immigration n'avaient pas le français comme langue maternelle (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport, 2014a). Il est difficile de savoir si ces élèves ont reçu un soutien à l'apprentissage répondant réellement à leurs besoins en français, mais aussi pour les autres disciplines.

On assiste également à une graduelle régionalisation de l'immigration. À titre d'exemple, en 2010-2011, 10 % des élèves issus de l'immigration vivaient dans la Capitale-Nationale, en Estrie et en Outaouais, soit 3 % de plus qu'en 1998-1999 (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport, 2014a, p.2). Or, dans ces régions administratives, les milieux scolaires n'ont pas la même expertise qu'en région métropolitaine pour relever les défis de francisation et d'intégration des élèves allophones.

---

[1] Tous les élèves issus de l'immigration ne sont pas allophones. Néanmoins, ce sont ces élèves qui nous intéressent pour notre mémoire. Un élève allophone est, pour nous, un élève qui n'a pas le français, l'anglais, l'inuktitut ou une langue amérindienne comme langue maternelle (Legendre, 2005a). Il doit donc suivre un enseignement spécifique pour intégrer la classe ordinaire (Cuq, 2003).

Le contexte présenté soulève la question des besoins spécifiques des élèves immigrants. Les écoles qui accueillent ces élèves doivent leur offrir des services qui leur permettent d'apprendre le français langue seconde.

1.2.1. Les services offerts aux élèves allophones

Pour faciliter l'intégration des élèves issus de l'immigration, le gouvernement a mis en place différents services adaptés à leurs besoins et à leur milieu : la classe d'accueil, la mesure spéciale d'accueil ou de francisation ainsi que le soutien linguistique (Boyzon-Fradet et Chiss, 1997).

- La classe d'accueil prend en charge « l'intégration linguistique et sociale de tout élève non francophone ayant une connaissance insuffisante de la langue française (p.43) ».
- La mesure spéciale d'accueil ou de francisation est mise en place lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'élèves pour ouvrir une classe d'accueil. Elle consiste à retirer des élèves de la classe ordinaire à des moments prévus à l'horaire afin de leur offrir un enseignement intensif du français.
- Le soutien linguistique est un soutien supplémentaire proposé aux élèves allophones intégrés en classe ordinaire qui éprouvent encore des difficultés langagières après un passage en classe d'accueil.

Les enseignants de francisation qui offrent ces différents services aux élèves allophones doivent préparer leurs interventions à partir d'un programme particulier. Les enseignants titulaires peuvent également le consulter pour mieux comprendre le développement de la langue chez ces élèves.

1.2.2. Le programme pour l'enseignement du français aux élèves allophones

Jusqu'en 2014, les enseignants de francisation au primaire n'avaient qu'un court chapitre auquel se référer du programme de l'École québécoise dans « Éducation préscolaire, Enseignement primaire » (Ministère de l'Éducation, 2001). Le chapitre *Français, accueil* « présente les compétences de base nécessaires pour que l'élève acquière le plus rapidement possible une connaissance fonctionnelle du français, correspondant à ses besoins scolaires, personnels et sociaux (p.110) ». Les deux compétences à développer chez les élèves non francophones sont « Interagir en français » et « Se familiariser avec la culture de son milieu (p.111) ».

Le nouveau programme d'Intégration linguistique, scolaire et sociale (ILSS), qui est entré en vigueur en septembre 2015, est pour sa part plus détaillé. Il poursuit un triple objectif, c'est-à-dire « amener les élèves qui reçoivent un soutien à l'apprentissage du français à : communiquer au quotidien ; acquérir le niveau de compétence langagière nécessaire pour effectuer les apprentissages dans les différentes disciplines scolaires ; découvrir et comprendre la culture de leur nouvel environnement (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014b, p.1) ». Pour atteindre cet objectif, le programme met de l'avant quatre compétences à développer chez les élèves, dont trois sont liées à la langue et la

quatrième concerne l'intégration scolaire et sociale (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014b, p.2). Les trois compétences liées à la langue sont « Communiquer oralement en français dans des situations variées », « Lire des textes variés en français » et « Écrire des textes variés en français (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014b, p.2) ». On reconnaît donc plus explicitement dans ce nouveau programme l'importance de la lecture et de l'écriture pour l'apprentissage du français chez les élèves immigrants. Une partie substantielle du programme concerne également les connaissances et savoir-faire relatifs à l'ensemble des compétences langagières à développer chez les élèves (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014b, p.56 à 87). Ces connaissances et savoir-faire sont liés au lexique, à la phrase, au texte oral, au texte écrit ainsi qu'aux stratégies d'apprentissage (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014b, p.56). On constate que le programme d'ILSS n'aborde pas l'enseignement d'autres disciplines que le français aux élèves allophones. Les enseignants qui interviennent auprès de ces élèves doivent ainsi puiser dans d'autres programmes du primaire pour leur enseigner le contenu visé (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014b).

En bref, le français devient pour les élèves allophones la langue pour communiquer à l'école, mais aussi pour apprendre les disciplines scolaires. On lui attribue donc une fonction particulière, celle de scolarisation.

1.3. La fonction de scolarisation de la langue seconde chez les élèves allophones

Boyzon-Fradet et Chiss (1997) considèrent que le français est une langue à apprendre en soi, mais aussi « la langue du développement cognitif, l'outil de construction des savoirs (p.59) » pour les élèves allophones. Verdelhan-Bourgade (2002) et Vigner (2009) se sont questionnés au sujet du français à enseigner aux élèves allophones nouvellement arrivés en France. Verdelhan-Bourgade (2002) qualifie ce français de langue de scolarisation puisqu'il a un rôle important de médiateur par rapport à d'autres champs du savoir. Elle est arrivée à une définition opérationnelle du français de scolarisation qui est adéquate autant pour les élèves allophones que les natifs :

> La langue de scolarisation est une fonction qu'une société fixe à une langue, ou à une variété de langue. Cette langue ou cette variété de langue peut être différente de la langue maternelle ; dans un même pays, la langue de scolarisation peut être langue maternelle ou langue seconde pour des parts différentes de la population. La fonction de scolarisation est une fonction sociale qui se décline en plusieurs rôles : appropriation de connaissances et formation intellectuelle, apprentissages pluridisciplinaires, acquisition scolaire de comportements intellectuels et relationnels, visée d'intégration sociale. (p.79)

Cette définition montre à quel point l'apprentissage d'une langue pour poursuivre sa scolarisation est une réalité complexe et difficile à mettre en œuvre dans les classes. Vigner (2009) a pour sa part défini distinctement la langue majeure de scolarisation et la langue seconde. La langue majeure de scolarisation est à la fois vecteur des

apprentissages et langue matière, c'est pourquoi elle « occupe dans les emplois du temps et dans les coefficients le rang le plus élevé (Vigner, 2009, p.38) ». L'auteur indique que la langue seconde (L2),

> désigne [dans les états francophones] un mode d'apprentissage et d'usage de la langue qui s'adresse à des publics dont la langue d'origine ou la langue première d'éducation n'est pas le français. [Cette langue] sera support des apprentissages à des degrés divers dans un système éducatif donné et dont la maîtrise constitue un enjeu important dans le parcours de formation de la personne. (p.38)[2]

Ainsi, on constate que les deux définitions de Vigner (2009) rejoignent celle de Verdelhan-Bourgade (2002) dans la mesure où les deux auteurs sont d'accord sur le fait qu'une langue peut avoir une fonction de scolarisation, peu importe son statut. Ils soulignent, chacun à leur manière, l'importance de la maîtrise de cette langue pour la réussite scolaire des élèves. En outre, Verdelhan-Bourgade (1995) soutient qu'il serait judicieux de donner du temps à l'enfant qui apprend le français pour qu'il acquière l'expérience langagière qu'il lui manque dans cette langue. En effet,

> [l]a situation d'enfant apprenant en français langue seconde est la plus difficile qui soit. À la différence de l'enfant dont la langue maternelle est le français, il n'a pas la pré-conscience linguistique née de la pratique préalable. À la différence de l'apprenant déjà scolarisé et qui aborde le français comme première ou deuxième langue étrangère, il n'a pas commencé à développer des compétences sociales et cognitives de lecteur ni à réaliser la mise en relation oral-écrit. Or tous les travaux récents sur la lecture le montrent, la compréhension de l'écrit s'appuie sur les connaissances générales qu'a l'enfant sur le langage. (p.6)

1.3.1. Le temps nécessaire pour l'apprentissage d'une langue seconde de scolarisation

Cummins (1981) avance que les élèves allophones ont besoin d'au moins cinq ans, après l'âge de six ans, pour approcher la norme concernant les résultats scolaires. Il indique aussi que dans plusieurs écoles, le soutien que les élèves immigrants reçoivent n'est offert que durant les deux premières années dans le pays d'accueil, ce qui ne reflète pas nécessairement leurs besoins. Collier (1987) complète ces propos en affirmant qu'il n'y a pas de raccourci pour le développement d'une langue seconde scolaire ni pour la réussite scolaire en langue seconde. C'est un processus qui prend beaucoup, beaucoup de temps. De plus, Collier (1989) ajoute que l'essentiel pour favoriser la réussite des élèves allophones est qu'ils aient un parcours scolaire cohérent et non un nombre important d'heures d'enseignement formel de la langue.

La recherche de Ledent et al. (2013) montre toutefois qu'à Toronto, Vancouver et Montréal, une fois un niveau « fonctionnel » de la langue d'enseignement atteint, les élèves allophones ont plus de chances de terminer leurs études

---

[2] Dans cette définition, la langue d'origine a le même sens que la langue maternelle. La langue première d'éducation correspond à la première langue avec laquelle un apprenant a été scolarisé qui est différente de sa langue actuelle de scolarisation. La langue première d'éducation peut être la langue maternelle de l'apprenant, mais ce n'est pas toujours le cas.

secondaires et de fréquenter un programme universitaire que les élèves qui parlent la langue d'enseignement à la maison.

Après avoir abordé la fonction de scolarisation de la langue, il est pertinent de se questionner au sujet des particularités de l'apprentissage des disciplines en langue seconde chez les élèves allophones. Bien que cette fonction de la langue soit reconnue, les documents ministériels offrent peu de pistes de réflexion pour l'enseignement des disciplines à ces élèves.

1.4. L'apprentissage des disciplines chez les élèves allophones et l'enseignement qui leur est offert

Plusieurs approches en enseignement pour les élèves des minorités linguistiques semblent être basées sur la supposition que la maîtrise de la langue d'enseignement est un prérequis pour l'apprentissage des disciplines, même si la recherche indique qu'il peut prendre jusqu'à sept ans aux élèves pour acquérir un niveau de maîtrise de la langue d'enseignement comparable à celui de leurs pairs natifs (Collier, 1989 ; Cummins, 1981). L'apprentissage des disciplines ne peut être mis en attente jusqu'à ce que les élèves aient acquis une plus grande compétence en langue d'enseignement (Met, 1994). De même, Met (1994) estime qu'enseigner à des élèves dans une langue seconde présente des problèmes incomparables dans l'évaluation. Les enseignants peuvent avoir de la difficulté à déterminer si les élèves ne performent pas comme prévu parce qu'ils ne maîtrisent pas les concepts ou simplement parce qu'ils manquent de ressources linguistiques pour montrer ce qu'ils ont appris. Pour éviter cette situation, cette auteure avance qu'il ne devrait plus y avoir de programme séparé pour la langue d'enseignement de celui plus large des disciplines scolaires puisque la langue devrait être apprise par les disciplines tout comme les disciplines devraient être apprises à travers la langue. Chnane-Davin et Colin (2009) sont d'accord avec Met (1994), car ils sont persuadés que les savoirs sur la langue et les savoirs disciplinaires devraient être travaillés simultanément avec les élèves allophones pour une scolarisation réussie et une meilleure intégration en classe ordinaire.

1.4.1. La langue et les concepts : indissociables dans l'enseignement des disciplines

Des experts dans le domaine de l'évaluation soutiennent le besoin de distinguer les compétences langagières des apprenants de la langue d'enseignement de leurs connaissances dans une discipline (Abedi et Lord, 2001), même s'ils reconnaissent la difficulté de cet objectif.

Selon Mohan (1986), les élèves allophones n'arrivent souvent pas à atteindre leur plein potentiel concernant la réussite scolaire parce que leur apprentissage de la langue est mal coordonné avec leur apprentissage d'une discipline. En effet, le cas de ces apprenants met de l'avant que la langue est un système qui met en relation ce dont on parle (le

contenu) et les moyens utilisés pour le faire (l'expression). Cet auteur souligne qu'en recherche et même en classe, cette relation est fréquemment ignorée, car on oublie la langue comme moyen d'apprentissage dans l'enseignement des disciplines. De plus, les élèves devraient profiter d'un enseignement de la lecture qui leur permet d'apprendre les compétences de base, comme la conscience phonologique, la reconnaissance des mots et le travail de compréhension. Mohan indique aussi que cet enseignement devrait aider les élèves à comprendre les concepts en jeu, notamment pour la résolution de problèmes en mathématiques. Mohan, Leung et Slater (2010) soulignent également qu'il est possible d'explorer la relation entre le sens (la sémantique) et la formulation (la grammaire) dans l'enseignement de disciplines en langue seconde.

Bialystok (2008) va même jusqu'à affirmer que dans l'enseignement des disciplines, le conceptuel est le linguistique. Cette auteure explique son point de vue avec l'enseignement des sciences qui se situe d'après elle au croisement entre le développement des concepts et de la langue. En effet, comme l'enseignement des mathématiques, l'enseignement des sciences requiert un raisonnement ainsi que des habiletés computationnelles complexes. D'autre part, l'enseignement des sciences, comme l'enseignement d'une langue, requiert une compétence linguistique pour développer le vocabulaire, pour utiliser des mots avec précision et pour comprendre un discours complexe comme des arguments et des explications. Selon cette auteure, la langue reste le moyen principal à partir duquel les concepts scientifiques sont compris, construits et exprimés. Ainsi, les sciences offrent peu de possibilités de démêler ce qui est conceptuel de ce qui est linguistique et d'étudier l'habileté des élèves dans chacune de ces composantes.

Quand bien même on réussirait à démêler le linguistique du conceptuel dans certains contextes, il reste que « les "concepts quotidiens", l'immersion aidant, sont acquis rapidement chez les nouveaux arrivants, [alors que] "les concepts scientifiques" dans les disciplines scolaires demandent un traitement spécifique lors de leur acquisition (Chnane-Davin et Colin, 2009, p.10) ». Enfin, « en examinant le langage scolaire, on ne peut que constater qu'il exige un niveau de conceptualisation et d'abstraction non négligeable pour que l'élève puisse se construire un portefeuille de compétences scolaires en langue seconde permettant une bonne intégration dans la classe dite ordinaire (Chnane-Davin et Colin, 2009, p.10) ».

Du reste, Verdelhan-Bourgade (2002) complète les propos de Bialystok (2008) et de Chnane-Davin et Colin (2009) puisqu'elle affirme que les consignes peuvent occasionner des difficultés aux élèves allophones « pour au moins deux raisons majeures : l'une purement linguistique, liée aux structures phrastiques et au sens des mots, l'autre plutôt cognitive, les consignes à réaliser nécessitant des opérations mentales (p.234) ». Ainsi, les défis liés à la langue dans l'apprentissage des disciplines doivent être en pris en compte pour comprendre les difficultés rencontrées par les élèves allophones.

1.4.2. Les défis liés à la langue dans l'apprentissage des disciplines en langue seconde

À partir de ses observations et de son expérience, Bialystok (2008) a identifié les trois principaux défis de l'apprentissage des sciences dans une langue seconde : lire le passage ; comprendre les mots et ce qu'ils signifient ; comprendre les phrases, leur syntaxe et leur style. Elle ajoute que pour bien comprendre un passage qu'ils lisent, les élèves doivent maîtriser le type de système d'écriture (alphabétique, syllabique ou idéographique), le script propre au système d'écriture (latin, cyrillique, sémitique, grec, etc.) ainsi que l'orthographe de la langue. On peut ajouter à ces défis la compréhension des continuités anaphoriques qui consiste à « suivre le thème central du texte tout à la fois dans sa continuité et dans la diversité de ses formes linguistiques (Vigner, 2009, p.177) », plus précisément à travers les reprises.

> Les éléments de reprise jouent un rôle important dans la compréhension des énoncés de problèmes dans la mesure où les données étant posées, généralement introduites par un substantif précédé de l'article indéfini un, elles font l'objet d'une reprise dans les questions posées par le moyen d'une reprise lexicale stricte précédée de l'article défini ou de l'adjectif démonstratif ou par un hyperonyme toujours précédé d'un article défini ou démonstratif. (p.179)

À titre d'exemple, un élève allophone peut éprouver des difficultés à comprendre les énoncés et la question de ce problème : « Le prix de souliers passe de 18 $ à 24 $. Quelle est la hausse du prix de cet article ? » Si l'on ajoute la reprise par un pronom, le niveau de difficulté augmente considérablement, comme on peut le voir avec les deux reprises par « ils » : « Des souliers coûtent 18 $. Ils augmentent à 24 $. De combien de dollars ont-ils augmenté ? » Avec ces exemples, on peut imaginer l'élève allophone incertain de la tâche à accomplir pour résoudre le problème.

Les élèves allophones ont sans équivoque de nombreux défis à relever en raison de leur scolarisation en langue seconde. Dans certains cas, ils sont catégorisés comme étant en difficulté d'apprentissage et sont placés en classe d'adaptation scolaire, alors que l'évaluation de leurs difficultés ne prend pas en compte qu'ils sont en apprentissage de la langue d'enseignement.

1.4.3. Les élèves allophones et leur placement en adaptation scolaire

Selon Cummins (1984), l'échec scolaire chez les élèves des minorités est une réalité plus fréquente que chez les élèves de la majorité. En effet, aux États-Unis, il est prouvé que les élèves en apprentissage de l'anglais sont surreprésentés en adaptation scolaire (Klingner, Artiles etBarletta, 2006; Rhodes, Ochoa et Ortiz, 2005; Rueda et Windmueller, 2006). Dans certains états américains où il y a peu de ces élèves, le scénario inverse peut également arriver (Artiles, 2003). Pourtant, « les élèves en processus d'intégration linguistique, scolaire et sociale incluent habituellement un pourcentage d'élèves handicapés, en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage […] semblable à celui de la population scolaire générale (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014a, p.5) ». Une surreprésentation ou une sous-

représentation des d'élèves en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage chez les élèves issus de l'immigration peut se manifester dans les milieux qui ne disposent ni des personnes qualifiées ni des outils nécessaires à l'évaluation des besoins des élèves (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2014a). Comme Baker (2011) le souligne, pour obtenir un portrait réaliste des besoins des élèves scolarisés en langue seconde, il faut distinguer les différences dans la manière de communiquer des troubles.

En résumé, l'enseignement des disciplines aux élèves allophones peut être à la fois un moyen efficace de leur enseigner le français et un important défi à relever, car la langue et les concepts sont étroitement liés. Il reste très difficile d'évaluer les élèves seulement sur leur compréhension de la langue ou des concepts, c'est pourquoi certains élèves allophones sont placés en adaptation scolaire. L'apprentissage d'une discipline en particulier, les mathématiques, nous intéresse plus spécialement afin de mieux comprendre les difficultés rencontrées par les élèves allophones.

1.5. L'apprentissage des mathématiques chez les élèves allophones et l'enseignement qui leur est offert pour cette discipline

Avec la migration internationale grandissante, Barwell (2005b) affirme qu'il y a un besoin clair pour la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques dans différents contextes de classes multilingues. Toutefois, cet auteur mentionne qu'il y a peu de recherches au Royaume-Uni et ailleurs dans le monde qui ont été produites sur les élèves scolarisés en langue seconde intégrés en classe ordinaire de mathématiques (Barwell, 2003). Il ajoute que les backgrounds multiculturels sont en soi un défi en recherche puisqu'ils ont un impact sur le sens que les élèves accordent à ce qui se passe dans leurs classes de mathématiques (Barwell, 2005b). Martiniello (2008) ajoute que l'un des problèmes les plus pressants en évaluation en éducation est de s'assurer d'avoir des moyens valides d'évaluer les élèves qui ne sont pas suffisamment expérimentés dans la langue de scolarisation. Cependant, si un élève est un apprenant de la langue d'enseignement et qu'un test de mathématiques inclut des questions qu'il peut avoir de la difficulté à comprendre, il est ardu de savoir si un faible résultat est causé par le manque de maîtrise du contenu mathématique, par une compétence limitée de la langue d'enseignement ou par les deux.

De plus, Barwell, Leung, Morgan et Street (2005) voient les mathématiques comme des connaissances construites ou reconstruites au lieu de les voir comme des connaissances abstraites et réifiées. Ces auteurs sont d'avis que leurs discussions interdisciplinaires, combinant la didactique des mathématiques et la linguistique appliquée, ont permis d'élargir la portée de leur investigation et d'enrichir leurs résultats de recherche respectifs en ne voyant pas qu'un seul point de vue à la fois. On retient donc qu'une approche combinée de ces deux disciplines est un choix éclairé pour étudier l'apprentissage des mathématiques en langue seconde.

D'autre part, selon Brown (2005), ce qui rend les mathématiques une discipline difficile pour les élèves scolarisés en langue seconde est qu'ils doivent filtrer leurs connaissances des mathématiques, un langage en soi, par une langue seconde. Il s'agit donc d'un défi supplémentaire pour ces élèves d'essayer d'apprendre des concepts mathématiques très abstraits en même temps que la langue seconde (Chamot et O'Malley, 1994). Musanti, Celedon-Pattichis et Marshall (2009) sont persuadés que la connaissance de la manière dont les élèves en apprentissage de la langue d'enseignement résolvent des problèmes en mathématiques, plus précisément comment leur pensée se développe et comment la langue influence leur apprentissage, pourrait favoriser la compréhension que les enseignants ont de la manière dont l'enseignement peut stimuler l'apprentissage des mathématiques. Cette compréhension pourrait aussi aider les enseignants à anticiper les difficultés que les élèves allophones peuvent éprouver en mathématiques.

1.5.1. Les difficultés rencontrées par les élèves allophones en mathématiques

Les difficultés que les élèves allophones peuvent rencontrer dans l'apprentissage des mathématiques sont regroupées en cinq grandes catégories : le vocabulaire, les représentations symboliques, la syntaxe, la sémantique et les caractéristiques linguistiques du discours (Kersaint, Thompson et Petkova, 2013).

Le vocabulaire est sans doute l'aspect le plus important de la compétence en langue seconde pour l'apprentissage des disciplines scolaires (Kessler, Quinn et Hayes, 1985). Les élèves doivent comprendre des mots spécialisés propres aux mathématiques de même que des mots qui ont une signification particulière dans le registre mathématique pour traiter l'information des tâches mathématiques (Kersaint et al., 2013). En outre, ces auteurs affirment qu'on demande aux élèves allophones de comprendre des éléments présentés dont le sens est normalement partagé, mais avec lesquels ils ne sont pas familiers. Ainsi, au début de l'apprentissage de la langue, ces élèves peuvent trouver difficile d'interpréter un synonyme inconnu utilisé pour une idée familière.

Kersaint et al. (2013) soulignent qu'en mathématiques, les symboles sont utilisés pour exprimer des concepts et des processus. Par conséquent, les élèves doivent reconnaître la fonction de chaque symbole et comprendre les règles qui en gouvernent les usages pour réaliser les tâches proposées en classe de mathématiques. Contrairement au vocabulaire pour lequel il est possible de mobiliser des stratégies de compréhension, il n'y a pas d'indice dans un symbole pour aider les élèves à apprendre son sens ou à le verbaliser, son sens lui est attribué de manière arbitraire.

Brown (2005) mentionne que la syntaxe utilisée en mathématiques est hautement complexe et très spécifique. Par conséquent, plusieurs difficultés rencontrées par les élèves allophones en mathématiques sont associées à la syntaxe, particulièrement dans les problèmes à résoudre (Kersaint et al., 2013). La syntaxe de surface des énoncés peut ne pas entraîner une représentation mathématique correcte chez les élèves. De plus, Kersaint et al. (2013) avancent que les connecteurs logiques, comme « si », « si et seulement si », « parce que », « mais », « non plus » et « donc », utilisés

pour lier des idées abstraites et des concepts, peuvent causer des difficultés aux élèves. Ils ajoutent que la reconnaissance de ces connecteurs, des situations dans lesquelles ils apparaissent et des liens qu'ils créent entre des éléments de la phrase sont essentiels pour que les élèves allophones fonctionnent adéquatement en mathématiques. D'autre part, des structures comme « plus grand que », « moins que » et « n fois plus que » sont souvent confondues au niveau syntaxique par les élèves puisqu'ils requièrent la maîtrise des différents sens spécifiques dans une variété de situations (Kersaint et al., 2013).

Créer du sens à partir du langage, ce qu'étudie la sémantique, joue aussi un rôle important en mathématiques. Dales et Cuevas (1992) précisent que dans cette discipline, les élèves doivent savoir comment on fait des inférences pour comprendre les reprises de l'information, particulièrement dans la résolution de problèmes. Une autre difficulté inhérente à la discipline mathématique est de créer du sens pour des termes dont l'utilisation peut varier en fonction du contexte (Kersaint et al., 2013). À titre d'exemple, le terme « carré » peut être utilisé pour le carré d'un nombre ($4^2 = 16$), pour la racine carrée d'un nombre ($\sqrt{4} = 2$) et pour la forme géométrique. En outre, certaines phrases mathématiques qui se ressemblent peuvent avoir des sens différents (Kersaint et al., 2013), parfois même opposés. En guise d'exemple, *3 moins 5* et *3 de moins que 5* peuvent donner l'impression aux élèves d'avoir le même sens, même s'ils représentent en fait 3 – 5 et 5 – 3. Ces auteurs considèrent que les problématiques liées à la sémantique montrent à quel point les élèves allophones ont besoin d'aide pour comprendre le sens des mots et des phrases qu'ils rencontrent dans la classe de mathématiques.

Enfin, dans les différentes disciplines et plus particulièrement pour les mathématiques, le discours fait référence aux phrases, aux groupes de phrases ou aux paragraphes qui fonctionnent comme des unités textuelles, chacun ayant un sens et une utilité pour la discipline (Dale et Cuevas, 1992). Le discours mathématique manque de redondances et de paraphrases si on le compare au discours oral et à d'autres documents écrits, c'est pourquoi les élèves peuvent le trouver difficile (Kersaint et al., 2013). De plus, en mathématiques, de nombreux éléments de contenu peuvent être présentés par un court texte (Kersaint et al., 2013), augmentant l'importance de comprendre chaque élément du texte. Enfin, Crandall, Dale, Rhodes et Spanos (1985) ont identifié cinq caractéristiques du discours qui peuvent entraver la capacité des élèves à comprendre les mathématiques dans la résolution de problèmes : un contexte culturel inconnu, des formulations familières dans la langue seconde inconnues de l'élève, l'application d'expériences limitées en problèmes mathématiques, le manque d'applications pratiques du problème ainsi que l'application littérale du sens des mots. Analyser les problèmes présentés aux élèves est, à notre avis, un moyen efficace de comprendre leur niveau de difficulté.

1.5.2. Les problèmes en mathématiques en langue seconde

Adetula (1990) analyse les problèmes de deux manières : l'inter-problème et l'intra-problème. L'inter-problème concerne les problèmes auxquels sont confrontés les enfants qui ne peuvent pas saisir la pleine signification des problèmes parce que la langue dans laquelle ils sont écrits est différente de leur langue maternelle. L'intra-problème fait référence au fait que la performance des enfants en résolution de problèmes ne dépend pas seulement de la langue dans laquelle le problème est présenté, mais aussi de sa formulation puisque des mots-clés peuvent être trompeurs pour les élèves en fonction du contexte (Adetula, 1985).

D'autre part, Adetula (1990), en faisant référence à sa thèse de doctorat (1985), a trouvé que le processus d'enseignement-apprentissage en mathématiques est entravé s'il est donné dans une langue étrangère[3] parce que les élèves doivent apprendre un nombre grandissant de nouveaux mots pour être capables de penser et de s'exprimer dans la langue étrangère à des fins mathématiques. Cette auteure a adapté un modèle de Clark (1975) dans lequel les concepts sont vus comme le résultat de l'expérience que l'apprenant a avec la langue maternelle ou seconde étant donné que les concepts se développent à travers la discussion. Les élèves ont besoin d'un niveau suffisant dans la langue dans laquelle le problème est présenté pour saisir sa structure mathématique. L'échec dans la compréhension de cette langue peut être la pierre d'achoppement pour les élèves et causer une diminution de leurs résultats en mathématiques. La figure suivante illustre le rôle de la langue dans l'activité mathématique (Adetula, 1990).

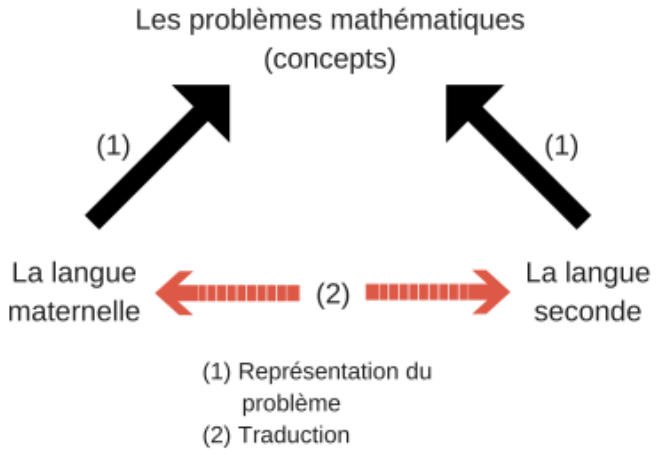


Figure 1. Un modèle simplifié pour considérer le rôle de la langue dans l'activité mathématique, traduction libre d'Adetula (1990, p.353).

[3] Adetula (1985, 1990) utilise le terme « langue étrangère » même si la langue à la laquelle elle fait référence, l'anglais, a un statut officiel au Nigéria, le pays où elle a réalisé ses recherches.

De plus, Daroczy, Wolska, Meurers et Nuerk (2015) sont d'avis que la complexité linguistique d'un problème peut être analysée par rapport à tous les aspects du système linguistique, que ce soit les mots pour leur contenu lexical et leur morphologie, puis pour la syntaxe des phrases formées avec ces mots jusqu'à la structure du texte. Les langues diffèrent par rapport à ce qui permet de complexifier un problème. L'implication des différences entre les systèmes linguistiques de langues distinctes est double : la difficulté d'un problème à résoudre est spécifique à la langue dans laquelle il est écrit ; la performance d'apprenants de langue seconde en résolution de problèmes peut être affectée par les différences entre leurs langues maternelles et la langue dans laquelle le problème est présenté.

En outre, certaines des difficultés liées à la langue en résolution de problèmes, particulièrement en ce qui concerne les inférences, sont rencontrées par les élèves locuteurs natifs de la langue d'enseignement (Goulet et Voyer, 2014; Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012), alors on peut imaginer le niveau de complexité que ces difficultés représentent pour les élèves allophones.

D'autres chercheurs se sont intéressés à la résolution de problèmes mathématiques en langue seconde (Ambrose et Molina, 2010 ; Barwell, 2003, 2005a, 2005b ; Mestre, 1984 ; Musanti et al., 2009 ; Orosco, Swanson, O'Connor et Lussier, 2011 ; Secada, 1991 ; Turner et Celedón-Pattichis, 2011). Les angles qu'ils ont adoptés pour étudier cet objet sont variés, que ce soit l'enseignement de stratégies pour la résolution de problèmes à des étudiants hispanophones au collégial (Mestre, 1984), le développement professionnel d'une enseignante bilingue pour l'apprentissage et l'enseignement d'un cadre pour comprendre la pensée des élèves lors de cours sur la résolution de problèmes (Musanti et al., 2009), les opportunités d'apprentissage d'élèves de maternelle hispanophones grâce aux problèmes mathématiques (Turner et Celedón-Pattichis, 2011), l'analyse comparée de la performance d'élèves hispanophones de première année en résolution de problèmes en anglais et en espagnol (Ambrose et Molina, 2010), l'attention à la structure mathématique durant des tâches de résolution de problèmes en groupe-classe pour des apprenants de l'anglais comme langue additionnelle (Barwell, 2003), les modèles d'attention d'apprenants de l'anglais comme langue additionnelle dans la résolution de problèmes mathématiques en groupe de deux ou trois (Barwell, 2005b), l'analyse des interactions entre des pairs d'apprenants de l'anglais comme langue additionnelle lorsqu'ils écrivent et résolvent des problèmes mathématiques (Barwell, 2005a), l'évaluation de l'efficacité d'une stratégie de compréhension en résolution de problèmes avec des apprenants de l'anglais langue seconde (Orosco et al., 2011) ainsi que la relation entre le degré de compétence en anglais et en espagnol et la résolution de problèmes dans chacune des deux langues (Secada, 1991).

À notre connaissance, une seule chercheure s'est intéressée à la fois aux processus linguistiques et cognitifs impliqués dans la résolution de problèmes mathématiques en langue seconde. Il s'agit de Berger (2015) qui a construit dans sa thèse un modèle qui permet de comprendre l'interaction entre les mathématiques et la langue chez des élèves

germanophones de 11 ou 12 ans scolarisés en partie en anglais langue étrangère en Autriche. Ce qui distingue les recherches réalisées avec des élèves allophones de celles réalisées avec des élèves scolarisés en langue étrangère est que pour le deuxième type de recherche, il est possible de comprendre les propos des élèves en langue maternelle alors que ce n'est pas nécessairement le cas avec des élèves allophones. De plus, les élèves allophones représentent un groupe plutôt hétérogène si on les compare aux élèves qui fréquentent une école bilingue, car ces derniers ont une expérience linguistique similaire.

1.6. La résolution de problèmes en mathématiques comme objet de recherche

Un problème en mathématiques peut être défini ainsi :

> Énoncé d'un ensemble de données mathématiques et d'une ou de quelques questions nouvelles à résoudre portant soit sur la détermination d'une ou de quelques solutions inconnues qui peuvent en être déduites logiquement, soit sur le choix ou la conception d'une méthode à suivre et la réalisation des tâches à accomplir pour obtenir une ou des données connues (Legendre, 2005c, p.1078).

La définition de Legendre (2005c) n'explique cependant pas l'utilité des problèmes pour comprendre le raisonnement des élèves. Ainsi, on peut ajouter cet élément de définition du problème ouvert : permet « au professeur de voir comment ses élèves utilisent les concepts mathématiques utilisés antérieurement, de savoir quelles connaissances ils sont capables de mobiliser correctement, quelles erreurs ils commettent (Arsac, Germain et Mante, 1988) » cité dans Astolfi (2008, p.142). Les problèmes à résoudre sont donc riches en information pour vérifier la compréhension des élèves de certains concepts. Houdement (2003) est d'accord avec cette caractéristique des problèmes, car pour elle, ceux-ci jouent deux rôles : ils permettent de contrôler les aptitudes des élèves à utiliser des outils mathématiques et à raisonner ; et ils sont constitutifs de l'apprentissage des mathématiques, c'est-à-dire que les élèves apprennent par la résolution de problèmes. En d'autres termes, on peut dire que « les problèmes sont à la fois la source et la finalité des connaissances mathématiques (Houdement, 2011, p.67) ». On peut établir un parallèle à ce sujet avec ce qui a été dit précédemment, à savoir que la langue devrait être apprise par les disciplines tout comme les disciplines devraient être apprises à travers la langue (Met, 1994). Ainsi, les problèmes sont des situations importantes en classe de mathématiques, car ils permettent aux enseignants d'en apprendre beaucoup sur les processus, les stratégies et les compétences des élèves et aux élèves de faire de nouveaux apprentissages.

Dans notre recherche, un problème est par conséquent une question à résoudre portant sur la détermination d'une solution inconnue qui permet de voir comment les élèves utilisent les concepts mathématiques, quelles connaissances ils mobilisent correctement et quelles erreurs ils commettent (Arsac et al., 1988 ; Astolfi, 2008 ; Legendre, 2005c).

Cummins et al. (1988) affirment que les problèmes exigent une analyse habile des données du texte jumelée aux connaissances du lecteur pour qu'une compréhension adéquate soit atteinte. En effet, la résolution de problèmes permet d'observer à quel point la compétence linguistique en développement des enfants peut être un frein pour les stratégies à utiliser. De plus, ces auteurs expliquent les erreurs des élèves dans la résolution de problèmes par le développement logico-mathématique et linguistique des enfants. Du point de vue logico-mathématique, les enfants échouent à résoudre certains problèmes parce qu'ils ne possèdent pas les connaissances conceptuelles requises pour le faire correctement. Du point de vue linguistique, certains problèmes sont difficiles à résoudre parce qu'ils emploient des formes linguistiques qui ne correspondent pas vraiment aux structures conceptuelles existantes des élèves. Par conséquent, Cummins et al. (1988) pensent que des erreurs dans la résolution de problèmes peuvent refléter des manques en connaissances sémantiques, en connaissances logico-mathématiques ou dans les deux domaines.

D'autre part, Riley et al. (1983) ont montré que la structure sémantique d'un problème mathématique a une influence sur la solution, car les différentes structures sémantiques n'ont pas le même coefficient de difficulté, même lorsqu'elles requièrent la même opération pour trouver la solution. Ainsi, cela suggère que la résolution d'un problème requière plus que la connaissance des opérations et une certaine compétence pour l'appliquer.

Enfin, la résolution de problèmes comme objet de recherche s'avère un choix judicieux, à notre avis, car les problèmes ont une forte composante liée à la langue et font appel à la maîtrise de différents concepts et compétences en mathématiques, ce qui permet de questionner les élèves sur leur compréhension et leurs difficultés présumées. En outre, l'analyse des explications des élèves allophones permet de valider la compréhension des difficultés préalablement relevées et d'adéquatement orienter les interventions auprès de ces élèves en mathématiques.

1.7. L'objectif de la recherche proposée

Ce qui ressort d'abord des sources citées dans ce chapitre est que les élèves allophones ont des besoins particuliers dans l'apprentissage des disciplines, particulièrement pour les mathématiques, car la langue seconde est dans leur cas l'outil pour appréhender les concepts disciplinaires. Or, il est de prime abord bien difficile de distinguer la langue et les concepts dans l'enseignement des mathématiques, ce qui rend également ardu de comprendre les difficultés que les élèves allophones rencontrent dans cette discipline. À notre connaissance, aucune recherche ne s'est penchée sur la résolution de problèmes en mathématiques chez les élèves allophones à la fois sous l'angle de la compréhension de la langue d'enseignement et de la compréhension des structures mathématiques.

Ainsi, l'objectif poursuivi dans ce mémoire est de mieux comprendre la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes mathématiques et les difficultés qu'ils rencontrent dans ce type de tâche.

2. Cadre théorique

Dans ce chapitre, nous combinons différents éléments théoriques dans le but de former un modèle qui nous permet d'analyser des problèmes en mathématiques. Ce modèle est constitué d'une typologie des problèmes qui explique leurs structures mathématiques, dans notre cas, il s'agit de problèmes à structure additive. Les indices et l'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » complètent la typologie pour la partie qui s'intéresse aux mathématiques. Un modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes précise les composantes qui peuvent rendre difficile un problème, entre autres les facteurs numériques et linguistiques. De plus, nous utilisons un modèle de compréhension en lecture auquel sont ajoutés des niveaux de traitement de l'information et la résolution d'anaphores. Enfin, nous ajoutons à notre cadre théorique une typologie des erreurs des élèves. Tous les éléments présents dans ce chapitre permettent de mieux comprendre la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes mathématiques, car ils prennent en compte les différentes formes d'information que les élèves doivent traiter pour comprendre un problème. De plus, en associant la typologie des erreurs au modèle pour l'analyse des problèmes, nous pouvons cibler les difficultés que les élèves allophones rencontrent en résolution de problèmes en mathématiques.

2.1. Un modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques

Kintsch et Greeno (1985) ont construit un modèle qui permet de traiter à la fois les aspects liés à la compréhension du texte et à la résolution de problèmes pour les problèmes arithmétiques. En effet, des principes généraux de la théorie du traitement de l'information (van Dijk et Kintsch, 1983) sont combinés avec des hypothèses au sujet des connaissances sémantiques pour comprendre le texte des problèmes (Riley et al., 1983) et ainsi former un modèle intégré de compréhension de problèmes. De plus, le modèle de Kintsch et Greeno (1985) est un prototype qui montre comment les connaissances en traitement de l'information peuvent interagir avec des stratégies impliquant des concepts d'ordre supérieur et des connaissances des opérations pour résoudre les problèmes.

Selon Nesher et Teubal (1975), résoudre avec succès des problèmes en mathématiques requiert au moins trois processus distincts : la compréhension de la relation entre le texte et le travail arithmétique à réaliser ; la compréhension du contenu linguistique du problème ; et la résolution de la tâche arithmétique. Plusieurs élèves peuvent effectuer avec succès des tâches arithmétiques et montrer une bonne compétence en compréhension de texte, mais ne pas résoudre correctement des problèmes mathématiques. Cela suggère que d'autres facteurs comme des stratégies de résolution et la construction d'un modèle mental de la tâche jouent aussi un rôle majeur dans la performance en résolution de problèmes.

Thevenot, Devidal, Barrouillet et Fayol (2007) expliquent clairement le modèle de Kintsch et Greeno (1985) avec plus de recul que les deux auteurs du modèle. Pour Kintsch et Greeno (1985), une seule représentation de haut niveau est

construite à partir du texte du problème. Ce « modèle du problème » ne contient que l'information mathématique pertinente et nécessaire pour le résoudre. Chaque proposition du texte est associée aux trous à combler dans le schéma d'un ensemble dans le modèle du problème. Un schéma d'un ensemble est une structure abstraite qui est stockée dans la mémoire à long terme et qui est conçue pour représenter les différents états du problème. Il contient quatre attributs qui correspondent à l'objet, à la quantité, à la spécification et aux trous à combler. Prenons comme exemple le problème suivant : Paul a 3 crayons. Simon a 5 crayons. Combien de crayons ont-ils ensemble ? La première phrase contient trois propositions : Paul, a, 3 (crayons). La proposition « 3 crayons » oriente la représentation d'un ensemble. Puis, les propositions sont triées dans les trous qui correspondent à l'objet (les crayons), la quantité (3) et à la spécification (Paul). Un deuxième ensemble est représenté avec la deuxième phrase du problème. Un troisième ensemble est ajouté au modèle du problème avec la question. La proposition tout-en-un contenue dans cette question oriente l'attribution du rôle de ce troisième ensemble en tant que total à trouver. Quand l'ensemble qui permet de trouver l'inconnue est créé, le modèle envoie une demande pour attribuer un rôle aux autres ensembles dans la représentation. Des mots ou des expressions comme « de plus que », « de moins que » ou « ensemble » permettent de mettre ensemble les différents schémas des ensembles grâce aux schémas de problème de niveau inférieur. Dans l'exemple donné plus haut, la proposition « ensemble » déclenche le schéma « mise en commun » bien connu ainsi qu'une stratégie pour trouver le total inconnu et résoudre le problème.

De plus, le modèle théorique d'analyse du traitement des problèmes mathématiques de Daroczy et al. (2015) permet d'analyser d'une autre manière les problèmes à résoudre. Ce modèle met l'accent sur les caractéristiques des problèmes, sur les caractéristiques individuelles des personnes qui résolvent les problèmes et sur les facteurs environnementaux. Avec le modèle de Kintsch et Greeno (1985) et le modèle théorique de Daroczy et al. (2015), l'analyse des problèmes et des manières de les résoudre est plus complète.

Du reste, le modèle construit par Kintsch et Greeno (1985) est conçu pour les locuteurs natifs, donc il ne peut pas être utilisé tel quel avec des élèves allophones. Pour les besoins de notre mémoire, nous n'utiliserons de ce modèle que la typologie des problèmes en mathématiques et les ensembles de schémas cognitifs. Ainsi, il ne sera pas question dans cette recherche des cadres propositionnels, des schèmes d'ordre supérieur, des stratégies de compréhension, des procédures de résolution de problèmes et des exigences du traitement de l'information.

D'autre part, il existe des modèles de compréhension de lecture en langue seconde, mais, à notre avis, ceux-ci ne sont pas appropriés pour l'étude de problèmes mathématiques, notamment parce qu'ils s'attardent à la lecture oralisée, au statut du lecteur et à la relation entre le lecteur et le scripteur (Cornaire, 1991). De plus, ces modèles en langue seconde ne nous semblent pas adaptés à l'utilisation de la langue à des fins de scolarisation. Dans ces conditions, nous utilisons le modèle de compréhension de Perfetti et al. (2005), complété par les précisions de Kintsch et Rawson (2005), car ce

modèle permet de comprendre les liens entre les différents processus qui mènent à la compréhension d'un texte écrit, ce qui nous permet de plus facilement l'adapter aux caractéristiques des élèves allophones.

En outre, la définition de la compréhension dans le modèle de Kintsch et Greeno (1985) ne correspond pas tout à fait à celle que nous avons de ce concept, contrairement au modèle de compréhension de Perfetti et al. (2005). La compréhension est pour nous une construction de sens qui vise la représentation adéquate d'un objet. Cette représentation favorise l'atteinte d'objectifs d'apprentissage variés, guide le développement et le transfert d'habiletés et se traduit par l'élaboration d'explications satisfaisantes. En lecture, la compréhension peut être locale, c'est-à-dire être le résultat du traitement des unités les plus petites du texte, ou bien être globale, c'est-à-dire être le résultat de la construction continuelle d'hypothèses dans le but de former un scénario général capable d'englober l'ensemble des hypothèses particulières (Legendre, 2005b ; Simard, 2010).

2.1.1. Une typologie des problèmes en mathématiques

La typologie de Kintsch et Greeno (1985) comporte trois catégories : le changement, la mise en commun et la comparaison (Tableau 1, p.23-24). Il s'agit de problèmes à structure additive, car les opérations d'addition et de soustraction sont suffisantes pour les résoudre. Riley et Greeno (1988) proposent une typologie très semblable à celle de Kintsch et Greeno (1985), mais avec plus d'exemples pour la catégorie « mise en commun ». Nous avons donc ajouté ces exemples à la typologie choisie pour notre mémoire.

2.1.1.1. Les indices dans les problèmes

D'autre part, certains mots dans les problèmes sont des indices pour formuler l'équation adéquate. Toutefois, ces indices nécessitent une interprétation qui va plus loin que le sens qui leur est communément attribué, car l'équation doit généralement être transformée pour effectuer la bonne opération. Daroczy et al. (2015) précisent qu'un facteur directement lié à la difficulté d'un problème mathématique est la présence ou l'absence d'indices verbaux clairs dont la sémantique mène à l'opération attendue et donc à la solution. Des études sur le mouvement oculaire de Hegarty, Mayer et Green (1992) et de van der Schoot, Bakker Arkema, Horsley et van Lieshout (2009) ont montré que les participants ont tendance à se concentrer sur les indices verbaux et à transformer directement ces indices en opération mathématique. À titre d'exemple, dans les problèmes de type « changement », le verbe « donne » correspond généralement à l'opération d'addition. Toutefois, dans certains problèmes, le verbe « donne » nécessite une soustraction (problèmes 2, 3, 4 du Tableau 1, p.23-24). La même logique s'applique aux comparatifs « de plus » et « de moins », c'est-à-dire que dans certains problèmes, et contrairement au sens commun, « de plus » peut faire référence à une soustraction (problèmes 13 et 17 du Tableau 1, p.23-24) et « de moins » à une addition (problème 18 du Tableau 1, p.23-24). Les problèmes de type « mise en commun » peuvent également induire en erreur les élèves avec l'indice

« ensemble », qui les porte à croire qu'il s'agit d'une opération d'addition, alors que ce n'est pas toujours le cas (problèmes 9, 10, 11 et 12 du Tableau 1, p.23-24). Le Tableau 1 (p.23-24) caractérise chaque type de problème et donne des exemples qui situent la place de l'inconnue et indiquent les indices qui orientent la formulation de l'équation et le choix de l'opération à effectuer.

Selon Nesher et Teubal (1975), les indices dans les problèmes peuvent mener au bon ou au mauvais choix d'opération. Ceux qui orientent vers le mauvais choix de l'opération sont qualifiés par ces auteurs de distracteurs. Si certains mots peuvent être dans différents problèmes de bons indices ou des distracteurs, on ne peut donc pas se fier à ces formulations pour choisir les opérations à réaliser pour résoudre les problèmes. Par conséquent, il n'y a pas de transformation univoque des indices verbaux qui assurent la réalisation du chemin correct jusqu'à la solution. Ne se fier qu'aux indices, bons ou mauvais, a pour résultat de présenter la résolution de problèmes dans un mode artificiel qui n'utilise qu'un vocabulaire spécifique et limité d'après Nesher et Teubal (1975).

2.1.1.2. L'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison »

Lewis et Mayer (1987) sont d'avis que la compréhension d'un problème inclut la transformation de chaque phrase d'un problème en une représentation interne et à l'intégration de l'information pour former une structure cohérente alors que la résolution du problème implique la planification, le contrôle et l'exécution des calculs nécessaires pour trouver la réponse. Pour les problèmes de type « comparaison », ces deux auteurs divisent ces problèmes en deux sous-catégories : les problèmes dont le langage est cohérent et ceux dont le langage est incohérent.

Dans les problèmes dont le langage est cohérent, la variable inconnue est le sujet de la deuxième phrase et le terme qui met en relation les éléments de la deuxième phrase est cohérent avec l'opération arithmétique à effectuer pour résoudre le problème. Le langage dans les problèmes 15 et 16 du Tableau 1 (p.23-24) est cohérent avec l'opération à réaliser pour les résoudre, c'est-à-dire que le « de plus que » correspond à une addition et le « de moins que » correspond à une soustraction.

D'un autre côté, dans les problèmes de type « comparaison » dont le langage est incohérent avec l'opération à effectuer, la variable inconnue est l'objet de la deuxième phrase et le terme qui met en relation les éléments de cette phrase s'oppose avec l'opération à effectuer pour résoudre le problème. Le langage dans les problèmes 17 et 18 du Tableau 1 (p.23-24) n'est pas cohérent avec l'opération à réaliser pour les résoudre, car le « de plus que » est associé à une soustraction et le « de moins que » demande de faire une addition pour résoudre le problème.

De plus, on peut classifier les phrases des problèmes 15 à 18 (Tableau 1, p.23-24). La première phrase, qualifiée « d'attribution », donne la valeur numérique d'une des variables. La deuxième phrase des problèmes de type

« comparaison » est qualifiée de « relationnelle » puisqu'elle définit une variable par rapport à une autre. La troisième et dernière phrase est en fait une question qui demande la valeur de la variable inconnue. D'autres recherches ont relevé que les problèmes qui contiennent une phrase « relationnelle » sont plus difficiles pour les enfants que les problèmes qui n'en contiennent pas (Briars et Larkin, 1984 ; Kintsch et Greeno, 1985 ; Riley et al., 1983).

L'étude de Lewis et Mayer (1987) avance l'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » selon laquelle les réponses incorrectes peuvent être prise en compte pour expliquer les performances des élèves qui ont fait des calculs corrects à partir de représentations erronées des problèmes. À titre d'exemple, les problèmes 16 et 17 du Tableau 1 (p.23-24) se résolvent avec le même calcul, mais en raison de l'incohérence de l'indice du problème 17 avec le calcul à effectuer, le risque d'erreur est plus grand pour le problème 17 que pour le 16. Étant donné que les deux sous-catégories de problèmes de type « comparaison » ont la même procédure de résolution sous-jacente, le point de difficulté peut être attribué à la phase de compréhension plutôt que la phase de résolution du problème.

Ainsi, selon Lewis et Mayer (1987), les erreurs de compréhension ont plus de chances de se produire quand la structure de l'information présentée ne correspond pas au format préféré du solutionneur de problème. En effet, si le solutionneur est guidé par une préférence pour le langage cohérent pour la compréhension, mais qu'il reçoit de l'information sous la forme de langage incohérent, il doit réarranger mentalement l'énoncé de la phrase « relationnelle » et inverser l'opération arithmétique suggérée par le terme relationnel. Puisque le processus de compréhension prédispose plus à l'erreur quand l'information doit être réarrangée, la probabilité d'une erreur de compréhension est plus grande pour les problèmes dont le langage est incohérent.

Type de problème	Caractéristique	Sous-catégorie	Exemple	Place de l'inconnue (équation)	Opération	Indices (Daroczy et al., 2015 ; Nesher et Teubal, 1975)
Changement	On transforme un ensemble en ajoutant ou en enlevant des éléments, ce qui modifie la quantité de départ.	Résultat inconnu	1. Henry a 5 crayons. Paul lui en donne 3. Combien en a-t-il ?	5 + 3 = ?	5 + 3 = 8	« donne »
			2. Paul a 8 crayons. Il en donne 3 à Thomas. Combien Paul en a-t-il ?	8 – 3 = ?	8 – 3 = 5	« donne »
		Changement inconnu	3. Henry a 5 crayons. Maxime lui en donne d'autres. Maintenant, il en a 8. Combien de crayons Maxime lui a-t-il donnés ?	5 + ? = 8	8 – 5 = 3	« donne »
			4. Paul a 8 crayons. Il en donne un certain nombre à Maxime. Maintenant, il en a 3. Combien de crayons a-t-il donnés à Maxime ?	8 – ? = 3	8 – 3 = 5	« donne »
		Début inconnu	5. Henry a des crayons. Maxime lui en donne 5. Henry en a maintenant 8. Combien en avait-il au départ ?	? + 5 = 8	8 – 5 = 3	« donne »
			6. Paul a des crayons. Il en donne 5 à Maxime. Paul a maintenant 3 crayons. Combien en avait-il au départ ?	? – 5 = 3	5 + 3 = 8	« donne »
Mise en commun	On met en commun deux ensembles pour former un tout.	Total inconnu	7. Jean a 4 chocolats. Anne en a 5. Combien en ont-ils ensemble ?	4 + 5 = ?	4 + 5 = 9	« ensemble »
			8. Jean et Anne ont des chocolats. Jean a 4 chocolats. Anne en a 5. Combien en ont-ils ensemble ?	4 + 5 = ?	4 + 5 = 9	« ensemble »
		Sous-ensemble inconnu	9. Jean a 3 chocolats. Anne a quelques chocolats. Ils ont 8 chocolats ensemble. Combien de chocolats Anne a-t-elle ?	3 + ? = 8	8 – 3 = 5	« ensemble »

			10. Jean a quelques chocolats. Anne a 5 chocolats. Ils ont 8 chocolats ensemble. Combien de chocolats Jean a-t-il ?	? + 5 = 8	8 – 5 = 3	« ensemble »
			11. Jean et Anne ont 8 chocolats ensemble. Jean a 4 chocolats. Combien de chocolats Anne a-t-elle ?	4 + ? = 8	8 – 4 = 4	« ensemble »
			12. Jean et Anne ont 8 chocolats ensemble. Jean a quelques chocolats. Anne a 5 chocolats. Combien de chocolats Jean a-t-il ?	? + 5 = 8	8 – 5 = 3	« ensemble »
Comparaison	On compare deux ensembles pour connaître le cardinal de l'un des ensembles.	Différence entre deux ensembles	13. Marc a 9 toupies. Julie en a 5. Combien de toupies Marc a-t-il de plus que Julie ?	M = 9 J = 5 D = M - J	9 – 5 = 4	« de plus »
			14. Marc a 9 toupies. Julie en a 5. Combien de toupies Julie a-t-elle de moins que Marc ?	M = 9 J = 5 D = M - J	9 – 5 = 4	« de moins »
		Ensemble comparé	15. Marc a 4 toupies. Julie en a 5 de plus que lui. Combien de toupies Julie a-t-elle ?	M = 4 J = M + 5	4 + 5 = 9	« de plus »
			16. Marc a 8 toupies. Julie en a 5 de moins que lui. Combien de toupies Julie a-t-elle ?	M = 8 J = M - 5	8 – 5 = 3	« de moins »
		Ensemble de référence	17. Marc a 8 toupies. Il a 5 toupies de plus que Stéphane. Combien de toupies Stéphane a-t-il ?	M = 8 S = M - 5	8 – 5 = 3	« de plus »
			18. Marc a 3 toupies. Il a 5 toupies de moins que Stéphane. Combien de toupies Stéphane a-t-il ?	M = 3 S = M + 5	3 + 5 = 8	« de moins »

Tableau 1.Typologie des problèmes mathématiques de Kintsch et Greeno (1985) et Riley et Greeno (1988).

2.1.2. Un modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques

Daroczy et al. (2015) ont proposé un modèle théorique pour l'analyse du traitement de problèmes mathématiques à résoudre. Dans la Figure 2 (p.25) qui schématise ce modèle, on remarque qu'il y a trois grands aspects qui permettent de prédire la performance individuelle en résolution de problèmes : la difficulté du problème à résoudre, les aptitudes individuelles et les facteurs environnementaux. Pour la difficulté du problème, on dissocie les facteurs numériques des facteurs linguistiques, tout en sachant que certains éléments peuvent être à la croisée des deux facteurs, en interaction. Les aptitudes individuelles se subdivisent en aptitudes d'ordre général, en aptitudes linguistiques et en aptitudes numériques.

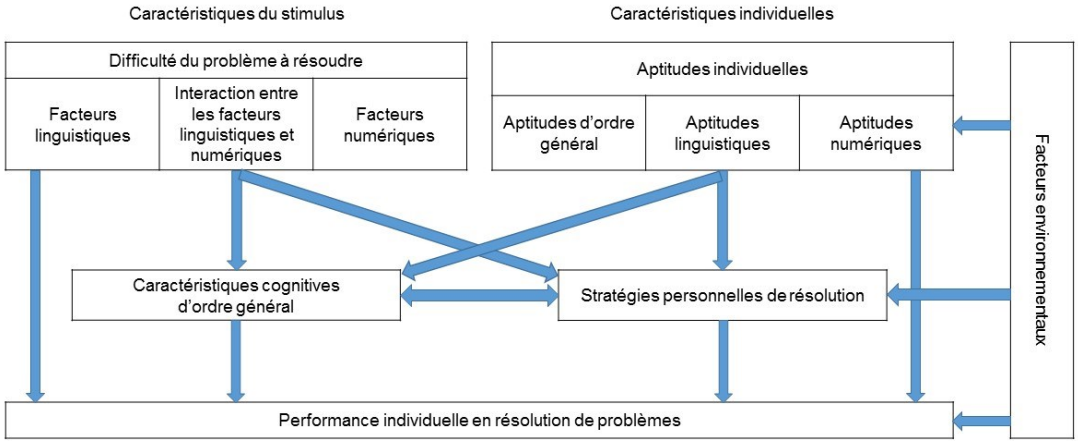


Figure 2. Modèle théorique pour l'analyse du traitement de problèmes mathématiques à résoudre, traduction libre de Daroczy et al. (2015, p.6).

Les caractéristiques cognitives d'ordre général sont une variable médiatrice du modèle de Daroczy et al. (2015), comme la charge cognitive, car des stimulus linguistiques et numériques complexes peuvent augmenter la charge cognitive. L'impact de cette complexité accrue peut être surmultiplié quand la complexité linguistique et la complexité numérique dépassent la capacité cognitive d'un individu. Ces caractéristiques cognitives d'ordre général sont influencées par les aptitudes individuelles. En effet, la charge cognitive pour un individu avec de hautes aptitudes linguistiques et numériques peut être plus faible pour un problème en particulier que pour un individu avec de faibles aptitudes linguistiques et numériques.

La deuxième variable médiatrice du modèle de Daroczy et al. (2015) correspond aux stratégies personnelles de résolution. Si des stratégies de résolution spécifiques peuvent être appliquées à un problème en particulier, soit parce que le type de problème permet cela et parce que l'individu connait la stratégie, ces stratégies de résolution peuvent faciliter la résolution du problème. Enfin, des facteurs environnementaux tels que

l'enseignement offert et le système de notation peuvent influencer les aptitudes individuelles, les stratégies personnelles de résolution et la performance individuelle en résolution de problèmes.

On peut aussi utiliser la Figure 2 (p.25) pour analyser la complexité numérique des problèmes à résoudre par trois chemins (Daroczy et al., 2015) :

- Le chemin direct : les problèmes avec une structure arithmétique plus complexe sont plus difficiles indépendamment de la difficulté linguistique.
- La charge cognitive : les problèmes arithmétiques plus complexes impliquent une plus grande charge cognitive. Si les caractéristiques linguistiques sont également complexes et que la construction d'un modèle mental requiert aussi plus de ressources de la mémoire de travail, la complexité arithmétique et linguistique pourrait mener à des difficultés additionnelles qui ne pourraient pas s'expliquer par les effets de la complexité linguistique ou numérique.
- Les stratégies de résolution : les nombres composés de plusieurs chiffres sont plus difficiles à traiter que les nombres qui n'ont qu'un seul chiffre. La complexité arithmétique augmente généralement avec le nombre de chiffres. Thevenot et Oakhill (2005) ont comparé l'influence du traitement de nombres à trois chiffres et de nombres à deux chiffres sur les stratégies de résolution de problèmes. Ils ont montré que traiter numériquement des nombres à trois chiffres a facilité les stratégies alternatives chez les participants. Ces deux auteurs suggèrent que la plus grande charge de travail et la mémoire de travail mènent à cette simplification. Ces stratégies demandent généralement moins d'efforts que les stratégies plus conventionnelles.

2.1.3. Un modèle pour la compréhension en lecture

Le modèle privilégié pour la compréhension en lecture est celui de Perfetti et al. (2005). Ces auteurs avancent qu'il y a compréhension quand le lecteur construit une représentation du message d'un texte. Les processus de compréhension qui contribuent à la construction de cette représentation interviennent à différents niveaux d'unités de la langue : les processus lexicaux au niveau du mot, les processus syntaxiques au niveau de la phrase et les processus généraux au niveau du texte. À travers ces niveaux, les processus d'identification de mots, d'analyse, de cartographie référentielle et d'inférence interagissent avec les connaissances conceptuelles du lecteur pour produire un modèle mental du texte. Au modèle de Perfetti et al. (2005) sont intégrés les niveaux de traitement ainsi que la résolution d'anaphores de Kintsch et Rawson (2005). Ces deux auteurs expliquent plus en détail comment le lecteur traite l'information pour la comprendre. Les trois niveaux de traitement qu'ils proposent diffèrent quelque peu de ceux de Perfetti et al. (2005), mais restent néanmoins dans le même esprit de traitement de l'information.

2.1.3.1. Les niveaux de traitement

Kintsch et Rawson (2005) ont divisé le traitement de l'information en compréhension écrite en trois niveaux pour mieux expliquer les processus impliqués. Les niveaux vont des plus petites unités aux plus grandes et complexes.

- Il y a d'abord le niveau linguistique, celui où le cerveau traite les mots et les syntagmes contenus dans le texte. Le lecteur doit décoder avec des processus perceptuels les symboles graphiques pour reconnaître les mots et analyser leur rôle dans le syntagme.
- Puis, il y a le niveau sémantique qui permet d'analyser le sens des éléments du texte. Le sens des mots doit former des unités sémantiques ou des propositions. Ces dernières sont interreliées dans un réseau complexe, principalement par la coréférence, qui arrive quand deux ou plusieurs propositions font référence au même concept. C'est à ce niveau que le lecteur analyse les relations syntaxiques et celles de cohérence entre les propositions. On appelle microstructures les éléments mentionnés dans cette analyse.
- Les microstructures sont généralement hiérarchisées en une structure globale appelée macrostructure. Celle-ci implique la reconnaissance des thèmes globaux du texte et de leurs interrelations. Les microstructures et la macrostructure forment la base textuelle qui représente le sens global du texte. La compréhension reste superficielle si le lecteur ne comprend que ce qui est explicite. Pour se construire un modèle mental de la situation décrite dans le texte, cela requiert l'intégration d'information du texte à des connaissances préalables pertinentes pour atteindre les objectifs du lecteur.

La Figure 3 (p.28) représente le modèle de Perfetti et al. (2005) pour la compréhension d'un texte. Dans cette figure, il y a deux principales catégories de manifestations de traitement : l'identification des mots ainsi que l'engagement dans des mécanismes de traitement de la langue qui assemblent ces mots en messages. Ces processus permettent de fournir aux mots des sens appropriés au contexte, d'analyser des chaînes de mots pour former des constituants de même que d'intégrer de l'information venant des phrases dans des représentations plus complètes. Ces représentations ne sont pas exclusivement le résultat de processus linguistiques, car elles sont renforcées par d'autres sources de connaissance, dans notre cas des connaissances mathématiques. De plus, Perfetti et al. (2005) ont observé que lorsqu'il est question de compréhension de texte, on évite souvent de prendre en compte l'identification des mots, même si la compréhension dépend de celle-ci pour récupérer leur sens.

Le lien entre la typologie des problèmes mathématiques de Kintsch et Greeno (1985) et le modèle de compréhension en lecture de Perfetti et al. (2005) réside dans le rôle des structures des problèmes. En effet, quand un ou des mots donnent des indices sur l'opération à effectuer, des connaissances lexicales pourraient

être suffisantes pour résoudre le problème, à condition que le langage soit cohérent avec l'opération à effectuer pour résoudre le problème, c'est-à-dire que les indices mènent au bon choix d'opération. Dans le cas où le langage est incohérent, donc que les indices mènent au mauvais choix d'opération ou qu'ils sont absents, des connaissances syntaxiques et textuelles sont nécessaires pour être en mesure de dégager le sens global du problème et ainsi choisir l'opération à effectuer.

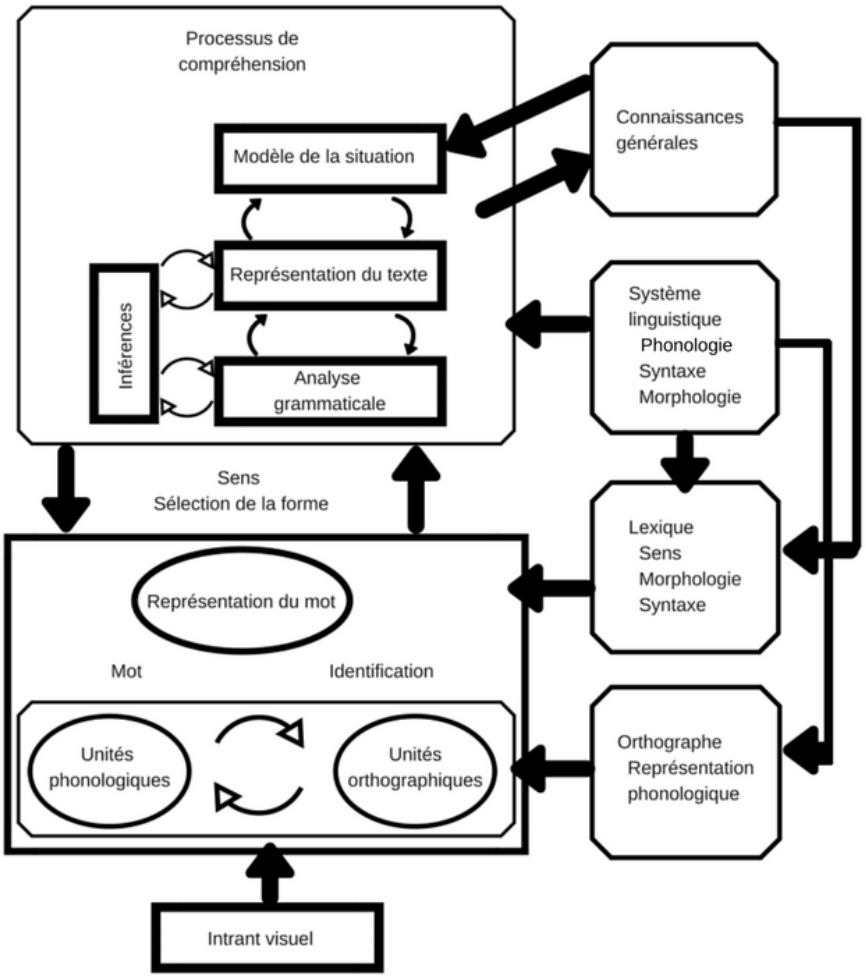


Figure 3. Les composantes de la compréhension écrite de l'identification de mots à la compréhension du texte, traduction libre de Perfetti et al. (2005, p.229).

2.1.3.2. Les anaphores

Les anaphores sont un des moyens mobilisés par les lecteurs pour comprendre et qui pourraient être problématiques pour les élèves allophones. Kintsch et Rawson (2005) définissent l'anaphore comme étant n'importe quel moyen linguistique qui peut être utilisé pour faire référence à un concept précédemment mentionné. Ces auteurs ajoutent que différentes sortes d'anaphores existent, les plus souvent utilisées étant les pronoms, les synonymes et les noms répétés. Les pronoms sont typiquement utilisés pour faire référence à

des concepts récemment mentionnés ou explicitement présentés dans le texte. Kintsch (1998) spécifie que les pronoms, contrairement aux noms, ont peu ou aucun contenu lexical qui leur est propre et comptent sur le contexte pour l'obtenir.

À titre d'exemple, le pronom « leur », dans la phrase « Henry leur a raconté son accident. », contient bien peu d'information lexicale. Il renseigne le lecteur au sujet du complément indirect en communiquant qu'il est pluriel et qu'il représente probablement des êtres humains. Toutefois, dans la phrase « Henry a raconté son accident aux policiers. », le nom « policiers » donne plus d'information lexicale que le pronom, car on sait le genre du nom et à quelles personnes s'adresse Henry. Dans cet exemple, on peut plus facilement se faire une image mentale de la scène avec un nom qu'avec un pronom puisque ce dernier a besoin d'un contexte plus précis pour prendre son sens.

En outre, Kintsch et Rawson (2005) expliquent que la résolution d'une anaphore est le processus psychologique d'identification du concept préalablement mentionné auquel l'anaphore fait référence. Ainsi, pour résoudre une anaphore, un ou plusieurs référents potentiels doivent être activés dans la mémoire de travail et le référent approprié doit être sélectionné pour l'intégrer dans le contenu actuel. Selon Greene, McKoon et Ratcliff (1992), une anaphore peut ne pas être résolue si aucun référent n'est activé ou s'il n'est pas suffisamment saillant pour justifier sa sélection quand plusieurs candidats sont activés. Enfin, voici un portrait général de la résolution d'anaphores en cinq points.

- Les locuteurs utilisent des pronoms pour faire référence à des entités dans le feu de l'action, avec la mémoire à court terme et de manière consciente (Chafe, 1974 ; Ehrlich, 1980 ; Fletcher, 1986).
- Quand il y a plusieurs antécédents, tous ont tendance à être activés. S'il y a suffisamment d'indices liés au contexte pour désambiguïser l'utilisation d'un pronom, les référents sans importance sont désactivés. Toutefois, les référents ne sont pas automatiquement identifiés quand aucun d'eux n'est suffisamment saillant (Greene et al., 1992).
- La syntaxe ne domine pas la résolution de pronoms, même quand le contexte n'est pas ambigu, puisque les référents saillants sont tous pris en compte pour résoudre une anaphore (Garnham, Oakhill et Johnson-Laird, 1982 ; Greene et al., 1992).
- La mention récente d'un concept biaise la sélection de l'antécédent (H. H. Clark et Sengul, 1979 ; Ehrlich et Rayner, 1983).
- L'information pragmatique est utilisée dans la résolution de pronoms anaphores avec d'autres types d'information dès le début de la lecture du pronom (McDonald et Macwhinney, 1995).

2.2. La typologie des erreurs des élèves

Dans la résolution de problèmes, les élèves peuvent produire différents types d'erreurs. Identifier la cause de leurs erreurs permet de mieux comprendre leur raisonnement. Astolfi (1997, 2011) a construit une typologie des erreurs utilisable pour les différentes disciplines enseignées à l'école. Thouin (2014) a adapté cette typologie en ajoutant et en modifiant les catégories d'Astolfi. La synthèse du travail des deux auteurs donne dix types d'erreurs pertinents pour la résolution de problèmes[4].

La compréhension des consignes

Les élèves peuvent éprouver des difficultés à comprendre des consignes de travail données à l'oral ou à l'écrit. C'est notamment le cas pour la lecture des énoncés d'un problème (Astolfi, 2011).

> La première raison de ces difficultés est évidemment que les questions sont plus claires pour celui qui les pose en connaissant la réponse qu'il attend, que chez lui qui les lit en se demandant ce qu'il faut répondre… Le caractère « inversé » du questionnement scolaire est ainsi source de bien des malentendus, tant est indispensable une décentration de point de vue pour percevoir ce qui peut faire difficulté chez celui qui ne connaît pas la réponse. (p.59)

Il est plus facile de répondre à une question en sachant quel type de réponse est attendu. Les élèves ne comprennent toutefois pas toujours ce qu'on leur demande, « surtout quand les consignes leur sont présentées par écrit (Thouin, 2014, p.32) ». En effet, la lisibilité du texte n'est pas toujours appropriée à leur niveau. Les élèves peuvent également ne pas avoir eu suffisamment « d'occasions de s'habituer à interpréter correctement le langage propre [au] type de textes (Thouin, 2014, p.32) ».

Les habitudes scolaires, le mauvais décodage des attentes

Pour réussir, Astolfi (2011) avance que l'élève doit fonctionner en classe comme un « petit spécialiste » de chacune des disciplines. Cet auteur ajoute qu'un apprenant doit pratiquer son métier d'élève en respectant le contrat didactique et tenter de s'adapter avec confiance aux aléas de ce qui se passe en classe. Néanmoins, les élèves décodent dans certains cas mal « [l]'ensemble implicite des droits et des responsabilités qui définit les rôles de l'enseignant et des élèves (Thouin, 2014, p.33) », ce qui nécessite alors de rendre plus explicites ces droits et responsabilités. « Bien des erreurs proviennent ainsi des difficultés des élèves à décoder les implicites de la situation (Astolfi, 2011, p.65) ».

---

[4] Voir le Tableau 2 (p.33) pour un résumé de cette typologie.

Les conceptions alternatives des élèves

Astolfi (2011) affirme que les élèves n'attendent pas une leçon sur une notion pour se construire mentalement un système cohérent pour expliquer cette notion. Ils se construisent donc des conceptions alternatives à celles enseignées à l'école et « [celles-ci] s'avèrent très résistantes aux efforts d'enseignement (p.69) ». L'exemple classique des dessins d'apprenants représentant schématiquement le trajet effectué, dans l'organisme, par un sandwich et un breuvage, représente bien l'influence des conceptions alternatives des élèves (Astolfi, 2011).

Les opérations intellectuelles impliquées

D'autres erreurs des élèves sont liées à la diversité des opérations intellectuelles pour résoudre des problèmes en apparence proches (Astolfi, 2011). Plus spécifiquement, les problèmes à structure additive poussent les élèves à se demander s'ils doivent faire une addition ou une soustraction pour trouver la réponse.

> Ainsi Gérard Vergnaud montre que les problèmes qui se résolvent par une addition sont toujours plus faciles s'ils correspondent à un gain qu'à une perte. […] La difficulté réside dans la construction très progressive des concepts d'addition et de soustraction. À la même opération arithmétique peuvent correspondre des opérations logiques extrêmement différentes du point de vue de l'effort d'abstraction qu'elles impliquent. (Astolfi, 2011, p.77)

La surcharge cognitive au cours de l'activité

La surcharge cognitive est une « [e]xpression utilisée pour parler de la charge mentale produite par une quantité alors jugée excessive d'éléments ou de contraintes simultanés liés à une tâche (Legendre, 2005d) ». En d'autres termes, une tâche peut trop en demander à la fois aux élèves et ainsi occasionner des erreurs.

Une autre discipline

Astolfi (2011) pense que les élèves sont dans certains cas sanctionnés parce qu'ils n'ont pas transféré (ou réinvesti) des connaissances ou des compétences d'une autre discipline. Thouin (2014) ajoute que des disciplines ont plus de poids que d'autres : « certaines disciplines, comme le français et les mathématiques, sont essentielles dans plusieurs autres et des difficultés en lecture, par exemple, sont en forte corrélation avec des erreurs et des difficultés dans presque toutes les matières (p.33) ».

La complexité propre au contenu

Thouin (2014) considère que des concepts propres à différentes disciplines « sont très abstraits et ne se construisent que graduellement (p.32) ». Il est donc prévisible que les élèves commettent des erreurs en manipulant ces concepts. Toutefois, Astolfi (2011) affirme que « [c]ette complexité interne n'est pas toujours perçue comme telle (p.92) ».

La nouveauté des termes et des symboles

Les élèves peuvent mal comprendre le sens de certains termes et symboles propres à une discipline. En effet, « [c]ertaines recherches ont montré que les élèves doivent avoir vu et utilisé, des dizaines de fois, des termes et des symboles nouveaux avant qu'ils ne fassent vraiment partie de leur vocabulaire passif et actif (Thouin, 2014, p.32) ».

La conception des situations

D'après Thouin (2014), les situations didactiques doivent être claires, pertinentes, et bien structurées pour être bien adaptées aux élèves. Elles doivent également se situer dans une zone proximale « pour constituer un défi stimulant, sans toutefois être ardues au point d'être perçue comme insurmontable (p.33) ».

La culture familiale

Thouin (2014) a remarqué que les écoles accueillent de plus en plus des élèves de multiples origines ethniques et culturelles. « [P]our certains de ces élèves, la langue d'enseignement est une langue seconde ou tierce, ce qui est souvent la cause d'erreurs, de difficultés et de retards auxquels il n'est pas toujours facile de remédier. Des classes d'accueil ou des cours particuliers peuvent alors s'avérer nécessaires (p.33) ».

Le Tableau 2 (p.33) permet de résumer et de comparer plus facilement les dix types d'erreurs que les élèves peuvent produire. La description de chaque type d'erreur reprend les éléments incontournables des descriptions des pages précédentes.

Erreurs liées	Description
À la compréhension des consignes	Les difficultés de lecture des énoncés des problèmes et autres textes scolaires peuvent expliquer ce type d'erreurs (Astolfi, 2011) ; la lisibilité du texte n'est pas toujours appropriée au niveau des élèves (Thouin, 2014).
Aux habitudes scolaires, au mauvais décodage des attentes	Pour réussir, l'élève doit fonctionner en classe comme un « petit spécialiste » de chacune des disciplines (Astolfi, 2011) ; les choix faits pour expliquer le contenu visé peuvent entraîner de fausses représentations chez les élèves ; les élèves décodent dans certains cas mal le contrat didactique, c'est-à-dire « [l]'ensemble implicite des droits et des responsabilités qui définit les rôles de l'enseignant et des élèves (Thouin, 2014, p.33) ».
Aux conceptions alternatives des élèves	Les élèves n'attendent pas une leçon sur une notion pour se construire mentalement un système cohérent pour expliquer une notion (Astolfi, 2011) ; ils se construisent donc des conceptions alternatives à celles enseignées à l'école et « [celles-ci] s'avèrent très résistantes aux efforts d'enseignement (p.69) ».
Aux opérations intellectuelles impliquées	Des erreurs des élèves sont liées à la diversité des opérations intellectuelles pour résoudre des problèmes en apparence proches (Astolfi, 2011) ; « À la même opération arithmétique peuvent correspondre des opérations logiques extrêmement différentes du point de vue de l'effort d'abstraction qu'elles impliquent (p.77) ».
À une surcharge cognitive au cours de l'activité	Une tâche peut trop en demander cognitivement aux élèves avec « une quantité […] jugée excessive d'éléments ou de contraintes simultanés (Legendre, 2005d) » et ainsi occasionner des erreurs.
À une autre discipline	Les élèves sont dans certains cas sanctionnés parce qu'ils n'ont pas transféré (ou réinvesti) des connaissances ou des compétences d'une autre discipline (Astolfi, 2011) ; « certaines disciplines, comme le français et les mathématiques, sont essentielles dans plusieurs autres et des difficultés en lecture, par exemple, sont en forte corrélation avec des erreurs et des difficultés dans presque toutes les matières (Thouin, 2014, p.33) ».
À la complexité propre au contenu	Des concepts propres à différentes disciplines « sont très abstraits et ne se construisent que graduellement (Thouin, 2014, p.32) » ; il est donc prévisible que les élèves commettent des erreurs en manipulant ces concepts.
À la nouveauté des termes et des symboles	Les élèves peuvent mal comprendre le sens de certains termes et symboles propres à une discipline ; « [ils] doivent avoir vu et utilisé, des dizaines de fois, des termes et des symboles nouveaux avant qu'ils ne fassent vraiment partie de leur vocabulaire (Thouin, 2014, p.32) ».
À la conception des situations	Les situations didactiques doivent être claires, pertinentes, bien structurées et se situer dans une zone proximale pour être bien adaptées aux élèves (Thouin, 2014).
À la culture familiale	Les écoles accueillent de plus en plus des élèves de multiples origines ethniques et culturelles ; « pour certains de ces élèves, la langue d'enseignement est une langue seconde ou tierce, ce qui est souvent la cause d'erreurs, de difficultés et de retards auxquels il n'est pas toujours facile de remédier (Thouin, 2014) ».

Tableau 2. Synthèse de la typologie des erreurs des élèves d'Astolfi (2011) et de Thouin (2014).

2.3. Le modèle unificateur

Nous présentons ici un modèle unificateur qui coordonne l'essentiel des éléments présentés dans notre cadre théorique. La Figure 4 (p.34) permet d'obtenir un portrait global des composantes liées à la langue, aux mathématiques ou aux 2 éléments.

La langue	**Les mathématiques**
La résolution d'anaphores (Kintsch et Rawson, 2005) ► Pronom : sujet (il, elle, …) ou complément du verbe (leur, en, …) ► Synonyme : plus général ou plus spécifique que le référent (sa sœur, ce cadeau, …) Les niveaux de traitement (Kintsch et Rawson, 2005) ► Le niveau linguistique : le cerveau traite les mots et les syntagmes contenus dans le texte. ► Le niveau sémantique : le lecteur analyse les relations syntaxiques et celles de cohérence entre les propositions pour saisir le sens du texte. La base textuelle : Les microstructures sont généralement hiérarchisées en une structure globale appelée macrostructure. Les microstructures et la macrostructure forment la base textuelle qui représente le sens global du texte.	Le modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques (Kintsch et Greeno, 1985) ► Une seule représentation de haut niveau est construite à partir du texte du problème. Ce modèle du problème ne contient que l'information mathématique pertinente et nécessaire pour le résoudre. La typologie des problèmes de structure additive (Kintsch et Greeno, 1985) ► Changement : On transforme un ensemble en ajoutant ou en enlevant des éléments. ▪ Résultat inconnu ▪ Changement inconnu ▪ Début inconnu ► Mise en commun : On met en commun deux ensembles pour former un tout. ▪ Total inconnu ▪ Sous-ensemble inconnu ► Comparaison : On compare deux ensembles pour connaître le cardinal de l'un des ensembles. ▪ Différence entre deux ensembles ▪ Ensemble comparé ▪ Ensemble de référence Les indices (Nesher et Teubal, 1975) ► Les indices dans les problèmes qui orientent vers le mauvais choix de l'opération sont qualifiés de distracteurs. Si certains mots peuvent être dans différents problèmes de bons indices ou des distracteurs, on ne peut donc pas se fier à ces formulations pour choisir les opérations à réaliser. L'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » (Lewis et Mayer, 1987) ► On divise ces problèmes en deux sous-catégories : ▪ Les problèmes dont le langage est cohérent : le « de plus que » correspond à une addition et le « de moins que » correspond à une soustraction. Les problèmes dont le langage est incohérent : le « de plus que » est associé à une soustraction et le « de moins que » demande de faire une addition pour résoudre le problème.
La langue et les mathématiques	
Le modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques (Daroczy et al., 2015) ► Aptitudes individuelles ▪ Aptitude linguistique ▪ Aptitude numérique ▪ Aptitude d'ordre général ► Difficulté du problème à résoudre ▪ Facteurs linguistiques ▪ Facteurs numériques ▪ Interaction entre les facteurs linguistiques et numériques	La typologie des erreurs des élèves (Astolfi, 2011; Thouin, 2014) Erreurs liées : ► À la compréhension des consignes ► Aux habitudes scolaires, au mauvais décodage des attentes ► Aux conceptions alternatives des élèves ► Aux opérations intellectuelles impliquées ► À une surcharge cognitive au cours de l'activité ► À une autre discipline ► À la complexité propre au contenu ► À la nouveauté des termes et des symboles ► À la conception des situations ► À la culture familiale

Figure 4. Le modèle unificateur qui reprend l'essentiel de notre cadre théorique.

2.4. Les questions précises de recherche

Ce chapitre fait ressortir le besoin de construire un modèle pour analyser la résolution de problèmes chez les élèves allophones, car les modèles existants ne répondent pas à nos besoins de chercheurs ni aux besoins des professionnels sur le terrain. En effet, la complexité de la relation entre la compréhension de la langue écrite, la manipulation des concepts et les caractéristiques des problèmes mathématiques demandent un modèle opérationnel en contexte de scolarisation dans une langue seconde. Les écrits scientifiques présentés dans ce cadre théorique au sujet de la résolution de problèmes, de l'analyse de textes et des types d'erreurs des élèves sont des outils pertinents pour mener notre recherche dans la mesure où ils nous permettent d'atteindre notre

objectif général en ciblant des éléments à étudier dans les productions des élèves. Nous rappelons ici que l'objectif général de notre recherche est de mieux comprendre la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes mathématiques et les difficultés qu'ils rencontrent dans ce type de tâche. Ainsi, ces questions précises de recherche guideront notre méthodologie, notre collecte et notre analyse de données ainsi que notre discussion :

- Les principales difficultés chez les élèves allophones du primaire lors de la résolution de problèmes de structure additive sont-elles liées à la compréhension du français langue d'enseignement, à la compréhension des structures mathématiques ou à l'interaction entre ces 2 facteurs ?
- Quel type de problème à structure additive est le plus difficile pour les élèves allophones du primaire ?
- Quels profils de solutionneurs pouvons-nous identifier à partir de la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes en mathématiques ?

3. Méthodologie

3.1. L'approche de la recherche proposée

La recherche proposée a une approche qualitative et descriptive puisque nous visons à proposer des explications provisoires concernant la résolution de problèmes chez les élèves allophones du primaire. Cet angle d'approche est pertinent pour atteindre notre objectif de recherche, car il permet de s'attarder aux caractéristiques des participants et ainsi d'avoir une compréhension en profondeur du phénomène étudié.

3.2. La description des participants

Les participants sont des élèves allophones, c'est-à-dire qui n'ont pas le français ni l'anglais comme langue maternelle. Ils sont en 2e, en 3e ou en 4e année du primaire. Les élèves qui participent à la recherche proposée ont entre 7 et 10 ans. Ils sont intégrés en classe ordinaire avec les élèves francophones. Les parents de 27 élèves allophones ont donné leur consentement pour que leurs enfants participent à notre recherche. De ces 27 élèves, 16 ont participé à toutes les étapes de la recherche, mais l'un d'eux n'a pas rapporté le questionnaire sociodémographique. Les 15 élèves qui ont rapporté le questionnaire sociodémographique ont des langues maternelles variées (le népali, l'espagnol, le kirundi, le malgache et l'arabe) et sont scolarisés en français depuis 1 à 5 ans. Dans ces conditions, les élèves choisis ont une certaine maîtrise du français langue d'enseignement, mais n'ont manifestement pas terminé leur apprentissage de cette langue. Les langues que ces participants parlent le plus à la maison sont le népali, l'espagnol, le kirundi, le malgache, l'arabe et le français. La fréquence d'usage du français à la maison pour ces élèves allophones varie de « parfois » à « souvent » à « très souvent ». D'autre part, les 16 participants proviennent de 5 classes qui sont en milieux défavorisés. En effet, les 3 écoles où nous avons effectué notre collecte de données ont des indices de défavorisation entre 7 et 10 (Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 2015), le rang 1 étant considéré comme le moins défavorisé et le rang 10 comme le plus défavorisé.

3.3. Les outils de collecte de données

3.3.1. Le questionnaire sociodémographique

Le questionnaire sociodémographique permet d'obtenir des renseignements au sujet de l'âge des élèves, de leur pays d'origine, de leur langue maternelle, de la langue la plus parlée à la maison, de la fréquence d'usage du français à la maison, du temps passé depuis leur arrivée au Québec et du temps passé depuis le début de leur scolarisation en français. Les dernières questions permettent de savoir si l'enfant a des frères et des sœurs, combien il en a et s'ils fréquentent une école en français. Pour connaître les questions exactes de ce questionnaire, voir l'Annexe 1 (p.126).

3.3.2. Le questionnaire de problèmes

Les problèmes du questionnaire sont construits à partir du modèle de compréhension des problèmes de Kintsch et Greeno (1985), des ajouts de Riley et Greeno (1988) pour la catégorie « mise en commun », des indices de Nesher et Teubal (1975) et de l'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » de Lewis et Mayer (1987). Les éléments linguistiques sont également pris en considération dans la rédaction des problèmes à partir du modèle pour la compréhension en lecture de Perfetti et al. (2005), des propositions possiblement difficiles de Martiniello (2008) ainsi que de la résolution d'anaphores de Kintsch et Rawson (2005). Les Tableaux 3 et 4 (p.40 à 42) présentent les cinq problèmes préparés pour les élèves des trois niveaux scolaires. Martiniello (2008) avance que la recherche sur la compréhension de texte d'élèves allophones en résolution de problème est cohérente avec les résultats de recherche en résolution de problèmes avec des locuteurs natifs. Ainsi, la complexité syntaxique est l'un des facteurs qui créent des difficultés de compréhension chez les élèves allophones, notamment avec des phrases complexes qui contiennent plus d'une proposition (Abedi et Lord, 1997, 2001). Ces propositions peuvent être subordonnées ou coordonnées. Puisqu'il est question de l'anglais dans l'article de Martiniello (2008), nous avons consulté la grammaire française de Grevisse et Lits (2009) pour utiliser les termes adéquats dans les Tableaux 4 et 5 (p.41 à 45).

3.3.3. Les entretiens semi-dirigés

D'abord, d'après Fernandes, Anhalt et Civil (2009), faire des entretiens avec des élèves allophones permet d'obtenir une meilleure compréhension qualitative des réflexions des élèves pendant qu'ils travaillent sur la résolution de problèmes mathématiques. L'utilisation appropriée de stratégies de questionnement durant les entretiens avec les élèves allophones peut donner la chance à ces élèves de montrer leurs connaissances mathématiques et offrir une richesse d'information qui peut être utilisée pour déterminer le support dont ils ont besoin. Fernandes, Anhalt et Civil (2009) sont d'avis que la plupart des élèves essaient de donner un sens aux problèmes qu'on leur donne et que le rôle de l'intervieweur est de révéler cet effort de création de sens. Les entretiens individuels avec des élèves allophones permettent d'atteindre une compréhension en profondeur des réflexions des élèves, ce qui n'est pas toujours le cas de l'évaluation formative faite en continu en classe. En outre, les entretiens individuels proposent une approche alternative pour évaluer les élèves en gardant en tête l'équité pour tous (Fernandes et al., 2009).

Nous avons effectué les entretiens semi-dirigés pour notre mémoire de 3 à 6 jours après la passation des questionnaires de problèmes en classe. Le but de ces entrevues est de faire expliciter aux élèves leurs réflexions et les choix qu'ils font dans la résolution de problèmes mathématiques. Les questions d'entrevue sont préparées en fonction de thèmes. Ces questions peuvent être posées dans un ordre différent de celui présenté plus bas. Elles peuvent également être formulées de différentes manières, tout en restant assez proches du sens des

questions originales. En outre, d'autres questions peuvent être posées aux élèves pour suivre une piste intéressante ou pour obtenir des détails pour mieux comprendre leurs propos. Il est aussi possible de sauter des questions si les participants ont fait référence à des éléments qui permettent de répondre à plus d'une question.

Le premier thème est la description de la manière dont les élèves résolvent des problèmes. Voici les questions préparées pour ce thème :

1. Quand tu as à résoudre un problème mathématique à l'école, par quoi commences-tu ?
2. Qu'est-ce que tu fais quand il y a un mot que tu ne comprends pas ?
3. Comment sais-tu quelle est l'opération à faire ?
4. Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile dans les problèmes en maths ?
5. À quoi ça ressemble, un problème difficile ?
6. À quoi ça ressemble, un problème facile ?

De nouveaux problèmes à résoudre sont par la suite présentés aux élèves. Pour la description des cinq problèmes préparés, voir le Tableau 5 (p.43 à 45). Les problèmes sont construits à partir des mêmes sources concernant le contenu mathématique et linguistique (Daroczy et al., 2015 ; Kintsch et Greeno, 1985 ; Kintsch et Rawson, 2005 ; Lewis et Mayer, 1987 ; Martiniello, 2008 ; Nesher et Teubal, 1975).

D'autre part, un schéma a été conçu pour faciliter le choix des problèmes en fonction des réussites et des échecs des élèves. Ce schéma en arbre permet de relever le niveau de difficulté pour chaque problème concernant les structures mathématiques et linguistiques et de choisir les problèmes les plus appropriés pour s'adapter au niveau de compréhension de l'élève. Pour consulter ce schéma, voir l'Annexe 2 (p.128). En effet, il est pertinent de différencier les problèmes dont la complexité est linguistique de ceux dont la complexité est arithmétique afin d'obtenir suffisamment d'information au sujet des compétences et de la compréhension des participants. De cette manière, il est possible de comprendre pourquoi un élève en particulier éprouve certaines difficultés avec des types de problèmes spécifiques (Daroczy et al., 2015).

Le deuxième thème concerne la compréhension spécifique de certains éléments des problèmes présentés aux élèves, c'est-à-dire des structures linguistiques, des mots en particulier ainsi que la structure mathématique du problème. Voici les questions préparées pour le deuxième thème :

1. Est-ce que tu peux me raconter dans tes mots l'histoire du problème ?
2. Est-ce qu'il y a des mots qui t'aident à comprendre ce que tu dois faire ? Si oui, lesquels ?
3. Quelle opération dois-tu faire pour résoudre le problème ?

4. Qu’est-ce que tu trouves le plus difficile dans ce problème ?

Verschaffel (1994) explique que raconter un problème n’est pas simplement une question de mémorisation et de reproduction du verbatim du texte du problème, mais plutôt une activité de construction durant laquelle le sujet reconstruit le problème en partant de la représentation mentale qu’il ou elle a produite après avoir lu le problème et avant d’avoir choisi l’opération arithmétique à effectuer. La question 1 du deuxième thème est donc tout à fait pertinente pour avoir accès aux représentations mentales que les élèves ont construites pour chacun des problèmes qui leur sont présentés.

Problèmes en classe en deuxième et en troisième année	Variables mathématiques (Daroczy et al., 2015; Kintsch et Greeno, 1985; Lewis et Mayer, 1987; Nesher et Teubal, 1975)	Variable linguistique (Kintsch et Rawson, 2005)
1. Paul a des crayons. Il en donne 12 à Sarah. Paul a maintenant 7 crayons. Combien en avait-il au départ ?	**Type de problème :** Changement, début inconnu	**Anaphores (pronoms) :** « il » (2 fois), « en »
	Place de l'inconnue (équation) : ? - 7 = 12	
	Opération : 12 + 7 = 19	
	Indices : « donne », « maintenant » et « au départ »	
2. François a 16 toupies. Marie en a 5. Combien de toupies François a-t-il de plus que Marie ?	**Type de problème :** Comparaison, différence entre deux ensembles	**Anaphores (pronoms) :** « en », « il »
	Place de l'inconnue (équation) : F = 16 M = 5 D = F - M	
	Opération : 16 - 5 = 11	
	Indice : « de plus que »	
3. Marc a 18 livres. Il a 5 livres de plus que Stéphanie et 9 de plus que Julie. Combien de livres Stéphanie a-t-elle ?	**Type de problème :** Comparaison, ensemble de référence	**Anaphores (pronoms) :** « il », « elle »
	Place de l'inconnue (équation) : M = 18 S = M - 5	
	Opération : 18 - 5 = 13	
	Indice : « de plus que »	
4. Martin a quelques biscuits. Vanessa a 15 biscuits. Ils en ont 22 ensemble. Combien de biscuits Martin a-t-il ?	**Type de problème :** Mise en commun, sous-ensemble inconnu	**Anaphores (pronoms) :** « ils », « en », « il »
	Place de l'inconnue (équation) : ? + 15 = 22	
	Opération : 22 - 15 = 7	
	Indice : « ensemble »	
5. Henry a 14 bonbons. Julie lui en donne d'autres. Maintenant, il a 20 bonbons. Combien de bonbons Julie lui a-t-elle donnés ?	**Type de problème :** Changement, changement inconnu	**Anaphores (pronoms) :** « lui », « en », « il », « elle »
	Place de l'inconnue (équation) : 14 + ? = 20	
	Opération : 20 - 14 = 6	
	Indices : « donne », « maintenant »	

Tableau 3. Les problèmes en classe pour les élèves de 2e et de 3e année.

Problèmes en classe en quatrième année	Variables mathématiques (Daroczy et al., 2015; Kintsch et Greeno, 1985; Lewis et Mayer, 1987; Nesher et Teubal, 1975)	Variables linguistiques (Kintsch et Rawson, 2005; Martiniello, 2008)
1. Carolanne prépare des cadeaux pour les élèves de son école. Elle décide de leur cuisiner des biscuits au chocolat. Carolanne donne 17 biscuits aux élèves de la classe de madame Sylvie. Les élèves sont très contents de ce cadeau. Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits au chocolat Carolanne avait-elle préparés au départ ?	**Type de problème :** Changement, début inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** ? - 17 = 8	**Anaphores (pronoms) :** « elle » (3 fois), « leur »
	Opération : 17 + 8 = 25 **Indices :** « donne », « qui restent », « au départ »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition subordonnée relative « 8 biscuits qui restent… », proposition subordonnée circonstancielle « Si elle mange les 8 biscuits… », proposition coordonnée « Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits… »
2. Ta mère et ta sœur vont à l'épicerie. Elles décident d'acheter des bananes. En arrivant à la maison, ta mère compte le nombre de bananes qu'elles ont rapportées. Il y en a 19. Ton père aime beaucoup manger des bananes. Ta mère lui en donne 6. Il les mange rapidement. Combien de bananes ta mère a-t-elle maintenant ?	**Type de problème :** Changement, résultat inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** 19 - 6 = ?	**Anaphores (pronoms) :** « elles » (2 fois), « y », « en » (2 fois), « lui », « les », « elle »
	Opération : 19 - 6 = 13 **Indices :** « donne », « maintenant »	**Proposition possiblement difficile :** proposition subordonnée en apposition « qu'elles ont rapportées »
3. Julie et Simon jouent souvent aux billes ensemble. C'est bientôt la fête de Julie, alors Simon veut lui faire un cadeau. Il va au magasin de jouets. Il lui achète 8 billes blanches et 6 billes vertes. Julie a déjà 9 billes vertes et 11 billes blanches. Combien de billes blanches a-t-elle maintenant qu'elle a reçu le cadeau de Simon ?	**Type de problème :** Changement, résultat inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** 8 + 11 = ?	**Anaphores (pronoms) :** « lui », « il » (2 fois), « elle » (2 fois)
	Opération : 8 + 11 = 19 **Indice :** « achète », « a reçu »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition juxtaposée « … de Julie, alors… », proposition subordonnée circonstancielle « ... maintenant qu'elle a reçu… »

4. Antoine adore l'hiver. Ce matin, il est sorti dehors parce qu'il est tombé 15 centimètres de neige. Il en a profité pour faire quelques boules de neige. Vanessa est aussi sortie pour jouer dehors. Elle a fait 12 boules de neige. Ensemble, ils ont fait 28 boules de neige et 3 bonshommes de neige. Combien de boules de neige Antoine a-t-il faites ce matin ?	**Type de problème :** Mise en commun, sous-ensemble inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** ? + 12 = 28 **Opération :** 28 - 12 = 16 **Indice :** « ensemble »	**Anaphores (pronoms) :** « il » (3 fois), « en », « elle », « ils » **Propositions possiblement difficiles :** proposition subordonnée circonstancielle « parce qu'il est tombé 15 centimètres de neige », proposition coordonnée « 28 boules de neige et 3 bonshommes de neige »
5. C'est bientôt la St-Valentin, donc Alex et Éléna veulent faire plaisir à leurs amis et à leurs familles. Ils décident de leur fabriquer des cartes de souhaits. Alex a fabriqué 18 cartes pour ses proches. Il a 6 cartes de plus que son amie Éléna. Combien de cartes de St-Valentin Éléna a-t-elle fabriquées cette année ?	**Type de problème :** Comparaison, ensemble de référence **Place de l'inconnue (équation) :** A = 18 É = A - 6 **Opération :** 18 - 6 = 12 **Indice :** « de plus que »	**Anaphores (pronoms) :** « ils », « leur », « il », « elle » **Propositions possiblement difficiles :** proposition coordonnée « … la St-Valentin, donc Alex… », proposition coordonnée « à leurs amis et à leurs familles »

Tableau 4. Les problèmes en classe pour les élèves de 4e année.

Problèmes en entretien en deuxième, en troisième année et en quatrième année	**Variables mathématiques (Daroczy et al., 2015; Kintsch et Greeno, 1985; Lewis et Mayer, 1987; Nesher et Teubal, 1975)**	**Variables linguistiques (Kintsch et Rawson, 2005; Martiniello, 2008)**
Problème A		
Deuxième année Ta mère et ta sœur vont à l'épicerie. Elles décident d'acheter des bananes. Elles en achètent 17. En arrivant à la maison, ta mère donne 6 bananes à ton père qui aime beaucoup en manger. Combien de bananes ta mère a-t-elle maintenant qu'elle lui en a données ?	**Type de problème :** Changement, résultat inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** 17 - 6 = ?	**Anaphores (pronoms) :** « elles » (2 fois), « en » (2 fois), « elle » (2 fois)
	Opération : 17 - 6 = 11 **Indices :** « donne », « maintenant »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition subordonnée relative « qui aime beaucoup en manger », proposition subordonnée circonstancielle « maintenant qu'elle lui en a données »
Troisième année Ta mère et ta sœur vont à l'épicerie. Elles hésitent entre différents fruits, mais en discutant, elles décident d'acheter des bananes. Elles en achètent 17. En arrivant à la maison, ta mère donne 6 bananes à ton père qui aime beaucoup en manger. Il les mange rapidement. Combien de bananes ta mère a-t-elle maintenant qu'elle lui en a données ?	**Type de problème :** Changement, résultat inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** 17 - 6 = ?	**Anaphores (pronoms) :** « elles » (3 fois), « en » (2 fois), « il », « les », « elle » (2 fois)
	Opération : 17 - 6 = 11 **Indices :** « donne », « maintenant »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition coordonnée « mais en discutant », proposition subordonnée relative « qui aime beaucoup en manger », proposition subordonnée circonstancielle « maintenant qu'elle lui en a données »
Quatrième année Simon et Amélie vont au magasin. Ils hésitent entre différents bonbons, mais en discutant, ils décident d'acheter des jujubes. Ils en achètent 15. En arrivant à la maison, Amélie donne 8 jujubes à sa sœur très gourmande qui aime beaucoup en manger. Combien de jujubes Amélie a-t-elle maintenant qu'elle en a données à sa sœur ?	**Type de problème :** Changement, résultat inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** 15 - 8 = ?	**Anaphores (pronoms) :** « ils » (3 fois), « en » (3 fois), « elle » (2 fois)
	Opération : 15 - 8 = 7 **Indices :** « donne », « maintenant »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition coordonnée « mais en discutant », proposition subordonnée relative « qui aime beaucoup en manger », proposition subordonnée circonstancielle « maintenant qu'elle lui en a données »

Problème B		
Tous les niveaux Vanessa va au magasin et achète 16 bas. Ensuite, elle donne 8 bas à sa sœur. Combien de bas Vanessa a-t-elle maintenant ?	**Type de problème :** Changement, résultat inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** 16 - 8 = ?	**Anaphores (pronoms) :** « elle » (2 fois)
	Opération : 16 - 8 = 8 **Indices :** « donne », « maintenant »	**Proposition possiblement difficile :** Aucune
Problème C		
Tous les niveaux Émilie a 21 crayons. Elle a 6 crayons de plus que Stéphanie. Combien de crayons Stéphanie a-t-elle ?	**Type de problème :** Comparaison, ensemble de référence **Place de l'inconnue (équation) :** É = 21 S = É - 6	**Anaphores (pronoms) :** « elle » (2 fois)
	Opération : 21 - 6 = 15 **Indice :** « de plus que »	**Proposition possiblement difficile :** Aucune
Problème D		
Tous les niveaux Marie a 14 bracelets. Elle a 8 bracelets de moins que Julie. Combien de bracelets Julie a-t-elle ?	**Type de problème :** Comparaison, ensemble de référence **Place de l'inconnue (équation) :** M = 14 J = M + 8	**Anaphores (pronoms) :** « elle » (2 fois)
	Opération : 14 + 8 = 22 **Indice :** « de moins que »	**Proposition possiblement difficile :** Aucune

Problème E		
Deuxième année Carolanne prépare des cadeaux pour les élèves de son école. Ainsi, elle décide de leur cuisiner des biscuits au chocolat. Carolanne donne 17 biscuits aux élèves de la classe de madame Sylvie. Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits au chocolat Carolanne avait-elle préparés au départ ?	**Type de problème :** Changement, début inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** ? - 17 = 8	**Anaphores (pronoms) :** « elle » (2 fois), « leur »
	Opération : 17 + 8 = 25 **Indices :** « donne », « qui restent », « au départ »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition subordonnée circonstancielle « Si elle mange les 8 biscuits qui restent », proposition subordonnée relative « qui restent »
Troisième année Carolanne prépare des cadeaux pour les élèves de son école. Ainsi, elle décide de leur cuisiner de délicieux biscuits au chocolat. Carolanne donne 17 biscuits aux élèves de la classe de madame Sylvie. Les élèves sont très contents de ce cadeau. Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits au chocolat Carolanne avait-elle préparés au départ ?	**Type de problème :** Changement, début inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** ? - 17 = 8	**Anaphores (pronoms et synonyme) :** « elle » (2 fois), « leur », « ce cadeau »
	Opération : 17 + 8 = 25 **Indices :** « donne », « qui restent », « au départ »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition subordonnée circonstancielle « Si elle mange les 8 biscuits qui restent », proposition subordonnée relative « qui restent »
Quatrième année Fanny prépare des cadeaux pour ses voisins. Ainsi, elle décide de leur cuisiner des brioches à la cannelle. Fanny donne 12 brioches à la famille Couture. Les membres de cette famille sont très contents de ce cadeau. Si Fanny donne 8 autres brioches à la famille Tremblay, combien de brioches à la cannelle avait-elle préparées au départ ?	**Type de problème :** Changement, début inconnu **Place de l'inconnue (équation) :** ? - 12 = 8	**Anaphores (pronoms et synonyme) :** « elle » (2 fois), « leur », « ce cadeau »
	Opération : 12 + 8 = 20 **Indices :** « donne », « autres », « au départ »	**Propositions possiblement difficiles :** proposition subordonnée circonstancielle « Si Fanny donne 8 autres brioches à la famille Tremblay »

Tableau 5. Les problèmes en entretien pour les élèves de 2e, de 3e et de 4e année.

3.4. La démarche de collecte de données

3.4.1. Le recrutement

La chercheure envoie un courriel de recrutement aux directions d'écoles de niveau primaire susceptibles d'accueillir des élèves allophones. Une lettre de recrutement à transmettre aux enseignants de 2e, 3e ou 4e année de leurs écoles est jointe à ce courriel pour les directions qui se montrent intéressées par notre recherche. Les directeurs peuvent transférer ce courriel aux enseignantes concernées qui ont des élèves allophones dans leurs classes. Les enseignantes intéressées à participer à la recherche communiquent avec la chercheure par courriel ou par téléphone pour prendre rendez-vous afin de détailler et de planifier le déroulement de la collecte de données. Les rencontres ont lieu aux écoles où travaillent les enseignantes, durant leurs périodes de planification ou durant l'heure du dîner. Lors de la première rencontre, la chercheure explique aux enseignantes les étapes de la recherche et elle répond à leurs questions. Si les enseignantes rencontrées demeurent intéressées à participer à la recherche proposée, la chercheure leur donne les lettres de recrutement à acheminer aux parents d'élèves allophones. Toute personne qui s'est montrée intéressée à participer à notre recherche peut se désister sans aucune conséquence.

3.4.2. Le consentement

La première rencontre est également l'occasion pour la chercheure de fournir aux enseignantes les formulaires de consentement à faire parvenir aux parents d'élèves allophones qui correspondent au profil recherché. Le numéro d'approbation du comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université Laval, le 2015-224 / 22-10-2015, est indiqué sur ce formulaire. Le questionnaire sociodémographique à remplir par les parents est annexé au formulaire de consentement. La chercheure explique à chaque enseignante les éléments importants à compléter dans le questionnaire de consentement et dans le questionnaire sociodémographique. Elle répond aux questions des enseignantes, si nécessaire.

Par la suite, les enseignantes distribuent aux élèves allophones les deux formulaires, leur expliquent comment les compléter et demandent à ces élèves de les rapporter dûment remplis le plus rapidement possible. Les parents qui acceptent que leur enfant participe à notre recherche renvoient le formulaire et le questionnaire dûment remplis à l'enseignante. La chercheure récupère les formulaires de consentement et les questionnaires sociodémographiques avant la passation du questionnaire en classe. Tout parent qui a donné son consentement peut se désister sans aucune conséquence.

De plus, avant de commencer un entretien avec un élève, la chercheure lui demande s'il veut participer à la recherche, afin de valider verbalement son consentement. Tout enfant allophone dont un parent a donné son consentement peut refuser oralement de participer à notre recherche, et ce, sans aucune conséquence.

3.4.3. La passation des questionnaires de problèmes en classe

La chercheure arrive quelques minutes avant la période choisie par chaque enseignante. Par souci de ne mettre aucun enfant de côté, tous les élèves des classes recrutées pour notre recherche remplissent le questionnaire, qu'ils soient allophones ou francophones. Lorsque tous les élèves de la classe sont disposés à l'écouter, elle leur donne les consignes pour la résolution des problèmes. Ainsi, elle leur dit qu'ils ont 5 problèmes à résoudre, qu'ils peuvent les faire à leur manière, tant qu'ils laissent des traces de leurs démarches. Elle ajoute que s'ils changent d'idée, ils peuvent barrer ce qu'ils ont fait au lieu d'effacer. La chercheure demande aux élèves de lever la main quand ils ont terminé les cinq problèmes et de s'occuper en silence, pour ne pas déranger les élèves qui n'ont pas terminé. Elle spécifie aux élèves qu'ils ont le reste de la période pour résoudre les cinq problèmes, ce qui correspond à environ 50 minutes.

Ensuite, la chercheure distribue les questionnaires aux élèves (voir les problèmes des Tableaux 3 et 4, p.40 à 42) et les met au travail. Elle répond le moins possible aux questions des élèves dans le but d'obtenir un portrait le plus juste possible de leur compétence en résolution de problèmes. Les élèves lisent les problèmes et les résolvent individuellement. Quand ils ont rempli le questionnaire, les élèves lèvent la main, la chercheure vérifie qu'ils n'ont pas oublié de compléter un ou des problèmes et elle récupère leurs questionnaires. Les élèves s'occupent en silence en attendant la fin de la passation des questionnaires. Avant de quitter la classe, la chercheure remercie l'enseignante et les élèves d'avoir participé à la recherche.

En outre, les questionnaires des élèves francophones ne sont pas pris en compte et ceux des élèves allophones dont les parents n'ont pas donné leur consentement sont exclus de notre collecte de données.

3.4.4. La passation des entretiens semi-dirigés

Les enseignantes choisissent les périodes durant lesquelles il est possible de réaliser des entretiens enregistrés en format vidéo avec les élèves allophones sélectionnés. Ces élèves pourront, avec la collaboration de l'enseignante, reprendre les activités manquées si c'est nécessaire. La passation des entretiens individuels semi-dirigés se fait dans un local dans l'école, hors de la classe, avec la chercheure principale. La chercheure vient chercher un à un les élèves allophones et les amène au local. Elle leur rappelle d'abord les problèmes qu'ils ont résolus en classe. Puis, elle pose les 6 questions aux élèves concernant le premier thème (p.38). Elle porte une attention particulière aux réponses des élèves afin de leur demander des explications, des exemples ou plus de détails, si nécessaire.

Ensuite, la chercheure donne un premier problème aux élèves (le problème A, p.43). Elle leur demande de le lire et de lui dire lorsqu'ils ont terminé de le faire. Elle leur pose les trois premières questions du deuxième thème (p.38). Les élèves répondent de leur mieux à ces questions et résolvent par la suite le problème, généralement

en laissant des traces de leurs démarches. Une fois le problème terminé, la chercheure pose la quatrième question du deuxième thème aux élèves (p.39). S'ils ne donnent pas de réponses ou si leurs réponses sont peu développées, la chercheure peut leur proposer certaines composantes des problèmes et leur demander s'ils les ont trouvé difficiles, notamment les mots, les nombres, les calculs et l'histoire du problème.

La chercheure donne deux à quatre autres problèmes aux élèves selon le temps écoulé. Elle utilise le schéma en arbre qui facilite le choix des problèmes (Annexe 2, p.128). Elle répète les mêmes étapes que pour le premier problème. À la fin de chaque entretien semi-dirigé, la chercheure remercie l'élève d'avoir répondu à ses questions. Elle le reconduit à sa classe et vient chercher un autre élève jusqu'à ce qu'elle ait rencontré tous les élèves ciblés.

3.5. Cadre et démarche d'analyse

Pour analyser nos données, nous utilisons le modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques de Kintsch et Greeno (1985), qui comprend une typologie des problèmes arithmétiques de structure additive de même que les éléments nécessaires à la construction d'un modèle du problème. À ce modèle sont ajoutés les indices de Nesher et Teubal (1975) qui peuvent mener au bon ou au mauvais choix d'opération. L'hypothèse de cohérence de Lewis et Mayer (1987) précise en quoi les problèmes de type « comparaison » peuvent être plus difficiles si les indices sont incohérents, c'est-à-dire que l'opération correcte à effectuer est l'inverse de celle induite par l'indice. Ces trois composantes nous ont permis de classer les données dans les catégories suivantes : identifier les données importantes, chercher des indices, les nombres ou les calculs, choisir l'opération ou les bons nombres, l'histoire du problème, les calculs, la question de même que l'indice. Les définitions de ces catégories se trouvent dans la section 3.5.2.2 (p.49). Les calculs et les réponses des élèves sont aussi classés comme « correct » ou « incorrect » à partir des composantes de notre cadre théorique rappelées dans ce paragraphe.

En ce qui concerne la compréhension en lecture, nous avons recours au modèle de Perfetti et al. (2005), auquel sont intégrés les niveaux de traitement ainsi que la résolution d'anaphores de Kintsch et Rawson (2005). Les propositions possiblement difficiles de Martiniello (2008) sont également prises en compte pour l'analyse des données. Les catégories qui suivent sont issues de ces éléments théoriques : sauter le mot ou ne pas le prendre en compte, relire le mot, lire ou relire les énoncés, les mots, l'histoire du problème de même que beaucoup de mots ou long à lire.

De plus, le modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques de Daroczy et al. (2015) nous permet de situer les caractéristiques du stimulus, à savoir les facteurs qui influencent la difficulté du problème à résoudre et les aptitudes individuelles de l'élève, qu'ils soient linguistiques ou numériques. Ainsi, ce

modèle nous donne la possibilité de cibler ce qui semble être les principales difficultés de chaque élève. La typologie des erreurs des élèves d'Astolfi (1997, 2011) et de Thouin (2014) complète notre cadre d'analyse pour les catégories issues de notre cadre théorique. Nous avons employé cette typologie pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes, pour les caractéristiques d'un problème difficile, pour les caractéristiques d'un problème facile ainsi que pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E.

3.5.1. La première analyse des problèmes faits en classe pour sélectionner les élèves à rencontrer en entrevue

3.5.1.1. Éléments observés

Les 5 problèmes résolus par les élèves sont analysés en fonction de l'exactitude du calcul, du choix de l'opération et de la réponse donnée. Les élèves à privilégier pour les entrevues sont ceux qui n'ont pas fait le bon choix d'opération, ce qui explique leurs réponses incorrectes. Nous considérons les erreurs de calcul peu intéressantes en prévision des entretiens, car d'après nous, ce type d'erreur est rarement associé à une mauvaise compréhension de la structure du problème ou de la langue. Afin d'obtenir un portrait diversifié des élèves allophones en résolution de problèmes, le seul critère d'exclusion pour la sélection des participants est d'avoir réussi la résolution de tous les problèmes faits en classe. Les élèves qui ont donné toutes les réponses correctes en classe ne nous semblent pas de candidats intéressants pour les entretiens puisque nous nous intéressons aux difficultés de compréhension en mathématiques et en lecture.

3.5.2. La première analyse des problèmes faits en entretiens

3.5.2.1. Visionnement des vidéos et écriture des verbatim

Nous avons visionné les vidéos des entretiens une première fois en prenant quelques notes pour avoir une idée générale de leur contenu. Ensuite, nous avons produit des verbatim partiels avec les verbalisations des élèves. Ces verbatim ne sont pas complets étant donné qu'ils ne contiennent pas tout ce qui a été dit en entretien, c'est-à-dire qu'il n'y a que les grandes étapes des réponses des élèves aux 6 questions d'ordre général et aux questions concernant les problèmes qu'ils ont résolus. Les données dans les verbatim partiels sont tout de même suffisantes pour le codage.

3.5.2.2. La détermination des catégories pour le codage des données

La détermination des catégories pour le codage s'est faite pour certaines de manière inductive, pour d'autres de manière déductive. En effet, certaines catégories sont directement issues du cadre théorique de cette recherche, alors que les autres catégories ont émergé des propos des élèves, c'est-à-dire que les verbalisations

de différents élèves font référence à des idées très semblables et sont donc regroupées pour former une catégorie.

Les unités d'analyse pour notre recherche sont des unités de sens et l'échantillon correspond aux réponses que les élèves ont données en entretien (Krippendorf, 2003). Certaines des catégories dans lesquelles ces unités de sens sont placées sont issues du cadre théorique, il s'agit donc de la détermination déductive des catégories de Mayring (2000). D'autres catégories ont émergé des données, il est question dans ce cas de la détermination inductive des catégories de Mayring (2000).

Dans le but d'être le plus précis possible, nous avons distingué et défini les catégories issues du cadre théorique et celles émergentes. Ainsi, les catégories suivantes, qui sont utilisées dans l'analyse des données, découlent du cadre théorique :

- Les étapes importantes pour résoudre un problème selon les participants.
    - ✓ Identifier les données importantes : L'élève a fait référence à l'identification de données qui lui semblent essentielles pour résoudre des problèmes.
- Les stratégies que les élèves utilisent quand ils ne comprennent pas un mot.
    - ✓ Sauter le mot ou ne pas le prendre en compte : L'élève a expliqué ne pas prendre en compte le mot qu'il ne comprend pas ou le sauter pour continuer à lire le reste de la phrase.
    - ✓ Relire le mot : L'élève a affirmé relire le mot dans l'éventualité où il l'aurait mal décodé.
- Les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer.
    - ✓ Chercher des indices : L'élève a fait référence aux mots dans les problèmes qui le pistent pour le choix de l'opération.
    - ✓ Lire ou relire les énoncés : L'élève a expliqué qu'en lisant ou en relisant les énoncés du problème, il lui est possible de savoir quelle opération effectuer.
- Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes.
    - ✓ Les mots : L'élève a mentionné les mots du problème dans sa réponse.
    - ✓ Les nombres ou les calculs : L'élève a fait référence aux nombres ou aux calculs à faire pour résoudre le problème dans sa réponse.
    - ✓ L'histoire du problème : L'élève a spécifié dans sa réponse que ce sont les liens qui unissent les données du problème qui peuvent être difficiles.
- Les caractéristiques d'un problème difficile.
    - ✓ Beaucoup de mots ou long à lire : L'élève a fait référence au fait que le problème comporte un nombre important de mots ou au fait que le temps pour le lire est plus long qu'à l'accoutumée.

- ✓ Choisir l'opération ou les bons nombres : L'élève a expliqué que les indices peuvent rendre difficile le choix de l'opération ou qu'il peut y avoir plus de nombres que nécessaire pour l'opération.
- ✓ Les calculs : L'élève a précisé que les procédures pour effectuer les calculs peuvent être difficiles.

- Les caractéristiques d'un problème facile.
  - ✓ Les calculs : L'élève a fait référence aux calculs dans sa réponse.
- Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour les problèmes A à E.
  - ✓ La question : L'élève a fait référence à la question à la fin du problème, celle qui informe le lecteur de ce qu'il doit trouver comme réponse.
  - ✓ L'indice : L'élève a nommé un ou des mots reconnus comme des indices dans le cadre théorique.
- Calculs des élèves aux problèmes A à E.
  - ✓ Correct : Le calcul ne contient pas d'erreur.
  - ✓ Incorrect : Le calcul contient une erreur.
- Réponses des élèves aux problèmes A à E.
  - ✓ Correcte : La réponse est celle attendue.
  - ✓ Incorrecte : La réponse n'est pas celle attendue.
- Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E.
  - ✓ Les mots : L'élève a fait référence à certains mots du problème dans sa réponse.
  - ✓ Les nombres ou les calculs : L'élève a fait allusion aux nombres ou aux calculs dans sa réponse.
  - ✓ L'histoire du problème : L'élève a expliqué que savoir quelle opération effectuer ou comprendre les liens qui unissent les données est difficile.

Les catégories suivantes, elles aussi utilisées pour l'analyse des données, ont émergé de nos données :

- Les étapes importantes pour résoudre un problème selon les participants.
  - ✓ Lire le problème : L'élève a fait référence explicitement à la lecture du problème.
  - ✓ Résoudre le problème - calcul : L'élève a donné des éléments de réponse concernant la réalisation d'un calcul pour résoudre un problème.
  - ✓ Résoudre le problème - dessins : L'élève a mentionné l'utilisation de dessins pour résoudre un problème.
  - ✓ Résoudre le problème - trouver la réponse : L'élève a mis l'accent sur la réponse à trouver en résolvant un problème.

- Les stratégies que les élèves utilisent quand ils ne comprennent pas un mot.
  - ✓ Demander de l'aide - dictionnaire : L'élève a affirmé consulter le dictionnaire.
  - ✓ Demander de l'aide - enseignante : L'élève a signifié demander à l'enseignante de l'aider à comprendre le mot.
  - ✓ Demander de l'aide - autre élève : L'élève a expliqué qu'il demande à un autre élève de l'aider à comprendre le mot.
- Les éléments que les élèves trouvent le plus difficiles dans les problèmes.
  - ✓ Rien : L'élève a affirmé dans sa réponse qu'il n'y a pas d'éléments qu'il trouve difficiles.
- Raconter l'histoire des problèmes A à E dans ses mots.
  - ✓ Histoire correcte : L'histoire relate toutes les composantes importantes du problème et lie correctement les données du problème nécessaires pour l'équation ou l'opération.
  - ✓ Histoire incomplète : L'histoire relate la plupart des éléments importants du problème, mais pas tous, et lie les données citées correctement.
  - ✓ Histoire incorrecte : L'histoire relate des éléments du problème dans certains cas pertinents, dans d'autres, non, et n'établit pas adéquatement les liens entre les données du problème pour l'équation ou l'opération.
  - ✓ Relit le problème : L'élève a relu le problème plutôt que de le raconter dans ses mots.
- Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour les problèmes A à E.
  - ✓ Les nombres : L'élève a mentionné dans sa réponse les nombres à utiliser pour former l'équation ou l'opération pour résoudre le problème.
  - ✓ Aucun mot : L'élève n'a ciblé aucun mot qui l'a aidé à choisir l'opération.
- Calculs des élèves aux problèmes A à E.
  - ✓ Pas de calcul : L'élève n'a pas fait de calcul pour résoudre le problème. Il a dit quelle opération ou quel calcul il ferait pour résoudre le problème.
- Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E.
  - ✓ Rien : L'élève n'a trouvé aucun élément du problème difficile.
- Pour tous les graphiques.
  - ✓ Autres : Les réponses des élèves ne correspondent à aucune des catégories du graphique et ne permettent pas de créer une nouvelle catégorie.

3.5.2.3. Le codage des données

Nous avons d'abord codé les données manuellement dans des tableaux dans Word afin de vérifier le caractère opérationnel des catégories issues du cadre théorique. Par la suite, nous avons codé les données des verbatim avec le logiciel QDA Minor. Ce logiciel permet d'attribuer un code ou plusieurs codes aux unités de sens. Ainsi,

il peut y avoir plus d'un code pour la réponse d'un élève à l'une des questions. D'autre part, ce logiciel permet d'obtenir les fréquences pour chaque code et pour chaque cas de même que de les exporter dans Excel. Pour les quelques données obtenues à l'écrit, c'est-à-dire les calculs et les réponses des élèves, nous avons codé les données manuellement et avons écrit les fréquences pour chaque cas et pour chaque problème dans Excel dans le but de produire des graphiques.

3.5.3. L'analyse plus approfondie des problèmes pour dégager des profils de solutionneurs

Nous avons catégorisé chaque cas selon certaines caractéristiques, à savoir le type d'erreurs commises, le nombre de réponses correctes et incorrectes et la présence ou non d'hésitation lorsque l'élève donne ses réponses. Pour certains cas, la lecture du verbatim était suffisante pour les placer dans l'un des profils. Pour d'autres cas, nous avons dû visionner à nouveau les vidéos des entretiens pour prendre des notes, particulièrement pour les hésitations. Nous avons croisé les 3 caractéristiques et nous sommes arrivés au constat que la combinaison des 2 dernières caractéristiques est porteuse de sens pour créer des profils de solutionneurs. En effet, le nombre de réponses correctes et incorrectes et la présence ou non d'hésitation lorsque l'élève donne ses réponses sont les caractéristiques prises en compte pour placer les élèves dans l'un des 3 profils suivants :

- L'élève qui n'hésite pas et qui donne des réponses incorrectes ;
- L'élève qui hésite et qui donne des réponses correctes ;
- L'élève qui hésite et qui donne des réponses parfois correctes, parfois incorrectes.

Les 4 cas qui représentent les différents profils ont été choisis pour la richesse des verbalisations qu'ils ont produites. La richesse des verbalisations est déterminée à partir des catégories décrites dans le cadre d'analyse, c'est-à-dire que les 4 cas choisis ont produit des verbalisations détaillées pour la plupart des réponses qu'ils ont données et que ces réponses sont catégorisables selon notre cadre d'analyse. Ainsi, les participants choisis pour représenter chaque profil ont produit peu de verbalisations ou aucune catégorisées dans « Autres ». Pour ces 4 cas, nous avons visionné à nouveau les vidéos et réécrit les verbatim pour qu'ils soient le plus complets possible.

3.6. Les critères de scientificité de notre recherche

Guba (1981) a travaillé les critères qui permettent d'évaluer le caractère scientifique des recherches interprétatives, et ce, en adaptant les critères des recherches rationalistes pour qu'ils soient opérationnels pour les recherches interprétatives. Cet auteur a exposé différents moyens de garantir la scientificité d'une recherche interprétative.

Dans notre recherche, nous avons utilisé certains de ces moyens. En effet, nous avons privilégié l'échantillonnage sélectif pour les entretiens, car nous voulions choisir des cas le plus représentatifs possible des difficultés que les élèves allophones peuvent rencontrer en résolution de problèmes en mathématiques. C'est pour cette raison que les élèves sélectionnés pour les entretiens devaient correspondre à certains critères expliqués dans le cadre d'analyse. De plus, nous avons triangulé nos données, c'est-à-dire que nous avons utilisé deux méthodes pour la collecte de données, à savoir les questions auxquelles les élèves doivent répondre à l'oral et les problèmes à résoudre à l'écrit. Puisque les deux méthodes sont complémentaires, nous avons compensé les faiblesses de chaque méthode avec les forces de l'autre. En outre, nous avons collecté des données descriptives riches qui permettent la comparaison avec d'autres cas semblables grâce aux caractéristiques les plus importantes prises en compte pour les profils de solutionneurs. Enfin, nous avons établi une piste de vérification qui rend possible pour un auditeur externe d'examiner les procédures par lesquelles les données ont été collectées, analysées et interprétées. Notre direction de recherche a endossé le rôle d'auditeur qui vérifie la fiabilité de nos données et la cohérence de nos interprétations avec les données disponibles.

En revanche, nous n'avons pas eu recours à d'autres moyens que Guba (1981) a suggérés dans son article. À dire vrai, nous n'avons pas récolté d'autres documents pour compléter nos données ni développer une description riche du contexte dans lequel évoluent les participants. En dernier lieu, nous aurions pu être plus transparents concernant les changements de cap pour la problématique, le cadre théorique, la méthodologie et l'analyse des données de notre recherche afin de mettre en exergue le caractère itératif des processus mis en œuvre.

4. Résultats et analyse des données

Les données récoltées sont présentées et analysées dans les 5 sections suivantes. Pour les sections 4.1 et 4.2, les données sont présentées pour les 3 niveaux scolaires confondus ou divisées par niveau scolaire. Pour les sections 4.3, 4.4 et 4.5, les données sont regroupées par niveau scolaire ou par problème. Dans chaque section, les graphiques sont d'abord décrits, puis, lorsque c'est pertinent, il y a un exemple tiré des verbatim pour chaque item des graphiques. Les erreurs dans les exemples sont celles produites par les élèves. De plus, pour les graphiques dont les données sont présentées par niveau scolaire, ce qui distingue chaque niveau est souligné à la fin de l'analyse quand c'est possible. Chaque graphique représente une catégorie d'analyse qui est divisée en différents items qui correspondent aux réponses des élèves. Nous avons utilisé les catégories d'analyse pour construire les graphiques, donc chaque catégorie détermine le contenu du graphique qui lui correspond et non le contraire. Nous tenons à rappeler que les résultats présentés dans ce chapitre concernent les élèves qui ont fait au moins une erreur dans les questionnaires de problèmes présentés en classe. Ainsi, ces données ne sont peut-être pas représentatives des élèves allophones qui ne font pas d'erreurs dans ce type de tâches.

4.1. Ce que les élèves disent faire pour résoudre un problème

Dans cette section, il est question de 6 figures qui présentent les données pour les verbalisations des élèves au sujet de ce qu'ils affirment faire pour résoudre un problème mathématique.

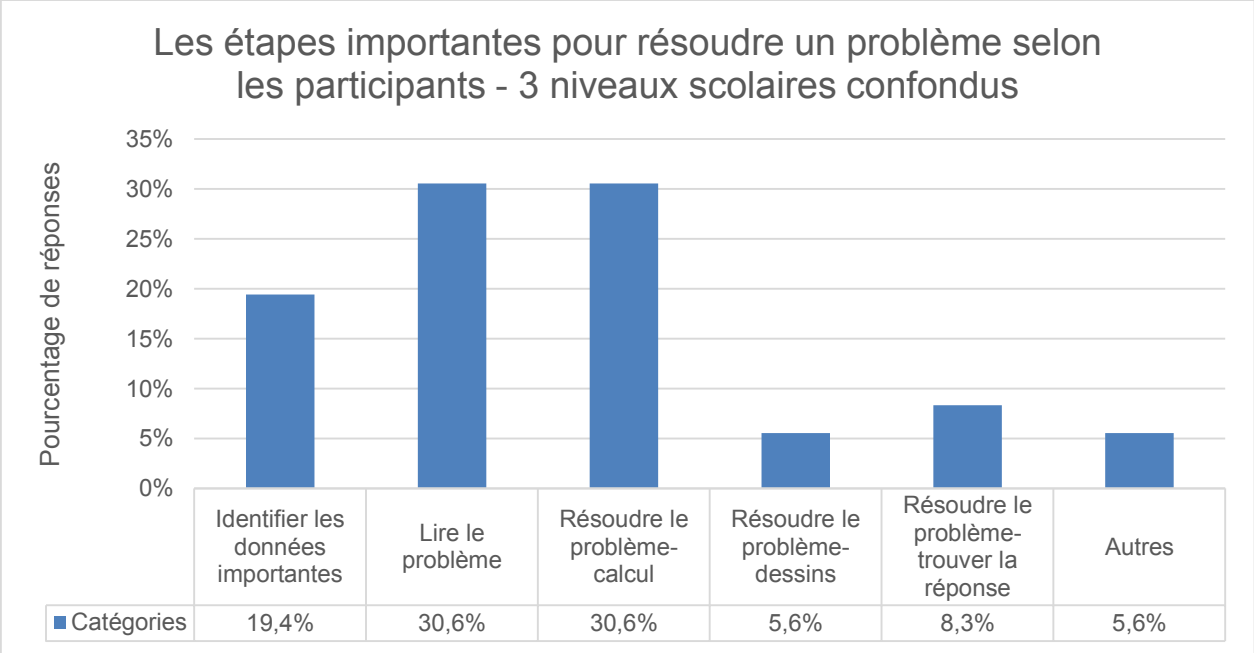
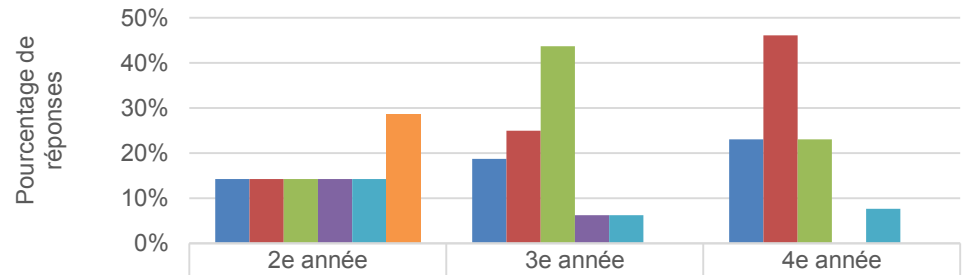


Figure 5. Les étapes importantes pour résoudre un problème selon les participants - 3 niveaux scolaires confondus.

Dans la Figure 5, il est question des étapes importantes pour résoudre un problème que les élèves des 3 niveaux scolaires ont identifiées dans leurs verbalisations. Les deux étapes qui ont été nommées le plus souvent par les élèves sont *Lire le problème* et *Résoudre le problème-calcul* avec chacune 30,6 % des réponses (11/36). Avec 19,4 % des réponses (7/36), l'étape *Identifier les données importantes* est la deuxième en importance. De plus, 8,3 % (3/36) des verbalisations font référence à trouver la réponse comme une étape importante dans la résolution d'un problème mathématique. Dans quelques réponses, soit 5,6 % (2/36), les élèves ont mentionné qu'ils font des dessins quand ils résolvent un problème et que c'est une étape importante. Enfin, 5,6 % (2/36) des propos des élèves n'entrent pas dans l'une des étapes présentées dans ce tableau.

Une élève a explicitement fait référence à l'étape *Identifier les données importantes* quand elle a affirmé qu'« [elle] souligne les affaires importantes (cas 6, ligne 4) ». Pour la même étape, une autre élève a dit : « J'écris eh, combien eh de tatata (cas 8, ligne 7) », ce qui est plus implicite que le premier exemple. Un élève a mentionné pour l'étape *Lire le problème* qu'« [il] commence par lire (cas 9, ligne 11) » un problème pour le résoudre. L'exemple suivant, tiré des verbalisations d'un élève, appartient à l'étape *Résoudre le problème-calcul* : « Pis après, je fais mes mes calculs. Je commence toujours par les unités pis après les dizaines pis les centaines (cas 8, lignes 8 et 9) ». Pour expliquer qu'il considère que faire des dessins est une étape importante de la résolution de problèmes, un élève a énoncé cette phrase : « Je fais des dessins pour eh la réponse (cas 7, ligne 28) ». Les propos les plus pertinents pour exemplifier l'étape *Résoudre le problème-trouver la réponse* sont ceux-ci : « J'écris la réponse. Pis après, je me corrige (cas 3, ligne 6) ».



	2e année	3e année	4e année
Identifier les données importantes	14,3%	18,8%	23,1%
Lire le problème	14,3%	25,0%	46,2%
Résoudre le problème-calcul	14,3%	43,8%	23,1%
Résoudre le problème-dessins	14,3%	6,3%	0,0%
Résoudre le problème ou trouver la réponse	14,3%	6,3%	7,7%
Autres	28,6%	0,0%	0,0%

Figure 6. Les étapes importantes pour résoudre un problème - Réponses par niveau scolaire.

Les mêmes données et les mêmes catégories ont été utilisées pour la Figure 5 et pour la Figure 6, mais elles sont cette fois divisées par niveau scolaire. On constate certaines différences entre les 3 niveaux.

D'abord, les élèves de 2e année sont plutôt divisés quant au choix des étapes importantes, car 5 des 6 catégories ont le même pourcentage de verbalisations, à savoir 14,3 % (1/7). De plus, 28,6 % des réponses des élèves de 2e année (2/7) n'entrent pas dans l'une ou l'autre des 5 catégories, c'est pourquoi elles sont placées dans *Autres*.

En 3e année, l'étape que les élèves ont le plus souvent mentionnée est *Résoudre le problème-calcul* avec 43,8 % des réponses (7/16). Pour les élèves de ce niveau scolaire, *Lire le problème* est la seconde étape considérée la plus importante puisqu'elle correspond au quart des réponses, soit 25 % (4/16). L'étape *Identifier les données importantes* arrive au troisième rang des réponses données par les élèves de 3e année, avec 18,8 % (3/16). À égalité avec 6,3 % des verbalisations des élèves (1/16), les étapes *Résoudre le problème-dessins* et *Résoudre le problème ou trouver la réponse* sont celles qui ont été nommées le moins souvent par les élèves de 3e année. Aucun élève de ce niveau scolaire n'a donné de réponses qui n'entrent pas dans les 5 catégories, donc qui se retrouveraient dans *Autres*.

Pour les élèves de 4e année, *Lire le problème* est l'étape la plus souvent citée pour résoudre un problème avec 46,2 % des réponses (6/13). *Identifier les données importantes* de même que *Résoudre le problème-calcul* sont deux étapes qui sont autant importantes pour les élèves de 4e année étant donné qu'elles représentent chacune 23,1 % des réponses (3/13). De plus, 7,7 % des verbalisations des élèves de ce niveau scolaire font référence à l'étape *Résoudre le problème ou trouver la réponse* (1/13). C'est l'étape que les élèves ont le moins souvent citée.

En bref, les réponses des élèves de 2e année sont plutôt bien réparties entre les 5 étapes et la catégorie *Autres*, alors que celles des élèves de 3e année et de 4e année sont assez concentrées dans les trois étapes *Identifier les données importantes*, *Lire le problème* et *Résoudre le problème-calcul*. D'autre part, on remarque que plus le niveau scolaire augmente, moins les élèves font référence aux dessins comme une étape importante dans la résolution d'un problème mathématique.

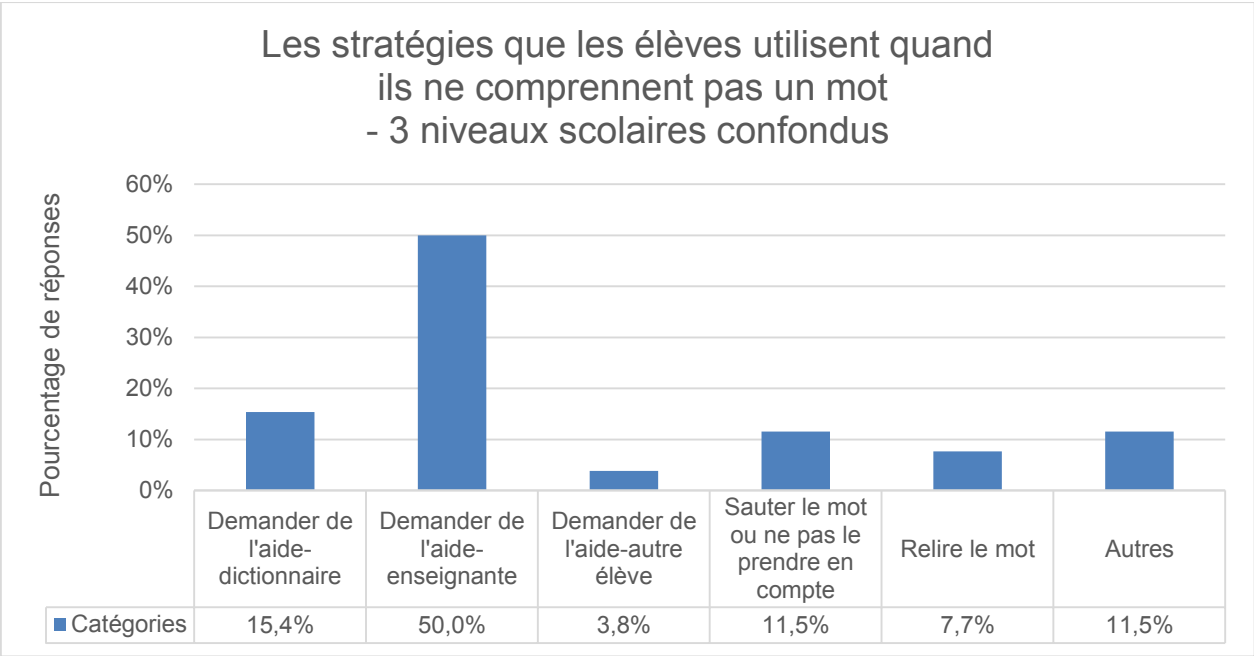


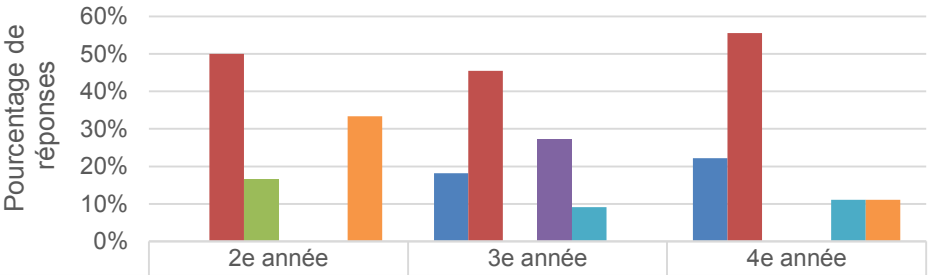
Figure 7. Les stratégies que les élèves utilisent quand ils ne comprennent pas un mot - 3 niveaux scolaires confondus.

La Figure 7 présente les stratégies que les élèves des 3 niveaux scolaires utilisent quand ils ne comprennent pas un mot dans un problème mathématique.

Avec la moitié des réponses, soit exactement 50 % (13/26), la stratégie *Demander de l'aide-enseignante* est la plus souvent invoquée par les élèves. La seconde stratégie la plus populaire, qui représente 15,4 % des réponses (4/26), est *Demander de l'aide-dictionnaire*. *Sauter le mot ou ne pas le prendre en compte* arrive au troisième rang des stratégies nommées par les élèves avec 11,5 % des réponses (3/26). Les deux stratégies les moins répandues chez les 16 élèves rencontrés en entretien sont *Relire le mot* et *Demander de l'aide-autre élève* avec respectivement 7,7 % (2/26) et 3,8 % (1/26) des réponses. 11,5 % des réponses des élèves (3/26) ne peuvent être placées dans l'une des 5 catégories, c'est pourquoi elles se trouvent dans *Autres*.

Les propos d'un élève sont très représentatifs de la stratégie *Demander de l'aide-dictionnaire* : « Hum, ou je vois dans le dictionnaire (cas 7, ligne 40) ». Un exemple typique de réponses d'élèves pour la stratégie *Demander de l'aide-enseignante* est le suivant : « Je lève la main. […] Ben, Madame [Sylvie] arrive et là elle nous demande que je comprends pas ce mot (cas 6, ligne 11) ». Pour la stratégie *Demander de l'aide-autre élève*, aucun élève n'a donné une réponse par lui-même à ce sujet, l'étudiante-chercheure qui a fait les entretiens a demandé à un élève si quelqu'un d'autre l'aide quand il ne comprend pas un mot et ce dernier a nommé l'un des élèves de la classe. Une élève a affirmé qu'« [elle ne] reste pas bloquée. [Elle] saute le mot qu'[elle ne] sai[t] pas. Pis [elle] continue de lire (cas 5, ligne 4) ». Cet exemple est caractéristique des réponses

des élèves pour la stratégie *Sauter le mot ou ne pas le prendre en compte*. Pour *Relire le mot*, un élève a simplement dit : « Je relis deux fois (cas 4, ligne 4) ».



	2e année	3e année	4e année
Demander de l'aide-dictionnaire	0,0%	18,2%	22,2%
Demander de l'aide-enseignante	50,0%	45,5%	55,6%
Demander de l'aide-autre élève	16,7%	0,0%	0,0%
Sauter le mot ou ne pas le prendre en compte	0,0%	27,3%	0,0%
Relire le mot	0,0%	9,1%	11,1%
Autres	33,3%	0,0%	11,1%

Figure 8. Les stratégies que les élèves utilisent quand ils ne comprennent pas un mot - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 8 reprend les mêmes données et les mêmes catégories que la Figure 7. La différence entre les 2 figures est que dans la Figure 8, les données sont divisées par niveau.

En 2e année, les réponses des élèves se répartissent entre 2 stratégies. *Demander de l'aide-enseignante* est celle avec le plus haut pourcentage, à savoir 50 % (3/6). *Demander de l'aide-autre élève* arrive en seconde place avec 16,7 % (1/6). Le tiers des réponses des élèves de 2e année, soit 33,3 % (2/6), ne se rattachent à aucun des stratégies nommées dans ce graphique.

Les verbalisations des élèves de 3e année sont distribuées dans 4 stratégies. La plus souvent citée est *Demander de l'aide-enseignante* avec 45,5 % des réponses des élèves (5/11). 27,3 % des réponses des élèves de 3e année (3/11) appartiennent à la stratégie *Sauter le mot ou ne pas le prendre en compte*, ce qui en fait la deuxième en importance. La stratégie *Demander de l'aide-dictionnaire* arrive en troisième place avec 18,2 % des réponses des élèves de 3e année (2/11). *Relire le mot* est la stratégie avec le plus faible pourcentage, soit 9,1 % (1/11), pour les réponses des élèves de ce niveau scolaire.

En 4e année, les réponses des élèves sont réparties dans 3 stratégies. La stratégie *Demander de l'aide-enseignante* est celle à laquelle les élèves ont le plus souvent fait référence avec 55,6 % des réponses (5/9). 22,2 % des réponses des élèves de ce niveau scolaire (2/9) correspondent à la stratégie *Demander de l'aide-*

dictionnaire, c'est donc la deuxième stratégie en importance. La dernière stratégie mentionnée par les élèves de 4e année est *Relire le mot* avec 11,1 % (1/9). Certaines réponses des élèves, c'est-à-dire 11,1 % (1/9), ne sont catégorisées dans aucune des stratégies utilisées dans le graphique.

En résumé, peu importe le niveau scolaire, la stratégie la plus citée est *Demander de l'aide-enseignante*. Seulement les élèves de 2e année ont affirmé demander de l'aide à un autre élève de la classe. Uniquement les élèves de 3e année ont dit qu'il leur arrive de sauter le mot ou de ne pas le prendre en compte quand ils ne le comprennent pas. En outre, plus le niveau scolaire augmente, plus les élèves ont fait référence dans leurs réponses à chercher dans le dictionnaire.

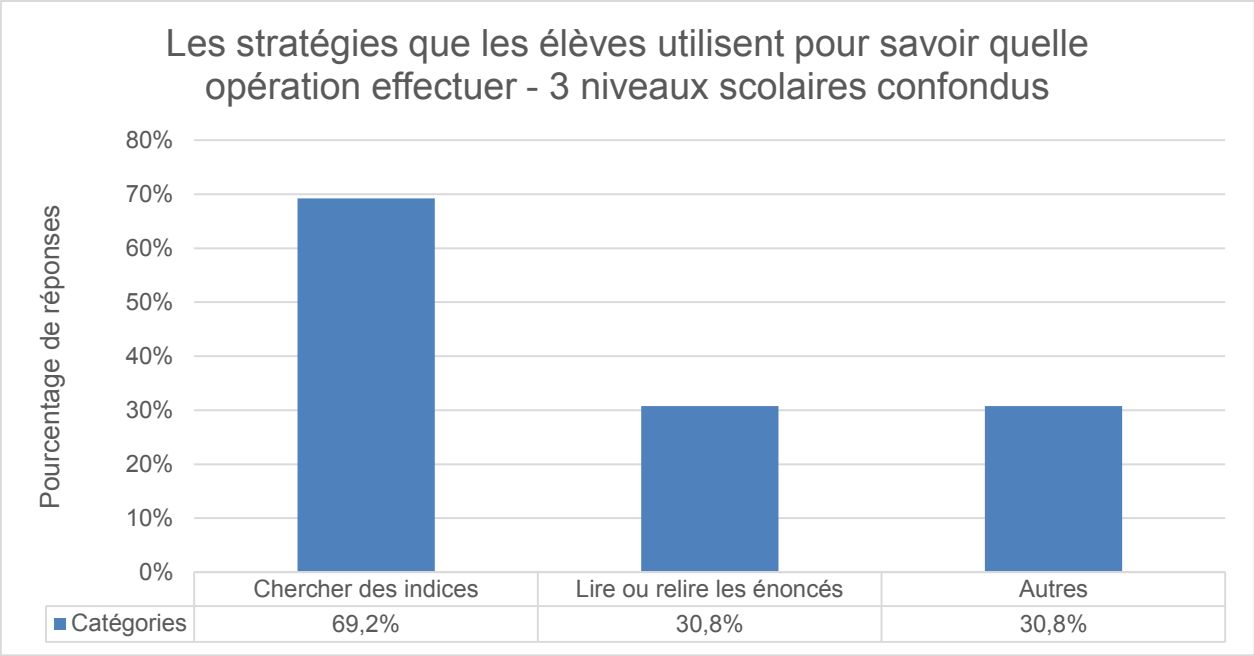


Figure 9. Les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer - 3 niveaux scolaires confondus.

La Figure 9 catégorise les réponses des élèves des 3 niveaux scolaires pour les stratégies utilisées pour savoir quelle opération effectuer. Les réponses des élèves se partagent entre 2 catégories.

La catégorie avec le plus haut pourcentage est *Chercher des indices* avec 69,2 % des réponses (9/13). La deuxième stratégie en importance est *Lire ou relire les énoncés* avec 30,8 % des réponses (4/13). 30,8 % des verbalisations des élèves (4/13) n'appartiennent à aucune des catégories présentées dans ce graphique. Elles sont donc placées dans *Autres*.

L'exemple le plus pertinent pour la stratégie *Chercher des indices* est le suivant : « Eh, si c'est eh "de plus", j'vais faire eh une addition. Et si c'est "de moins", je je fais une soustraction. […] Ou si c'est "rajoute", je fais hum un plus aussi si c'est "j'enlève", ça veut dire un moins (cas 10, lignes 21 et 23) ». Pour la stratégie *Lire ou relire*

les énoncés, voici l'exemple le plus représentatif : « Ben je regarde en haut pis c'est écrit. C'est pas écrit, mais je lis pis ça me donne la réponse (cas 11, ligne 11) ».

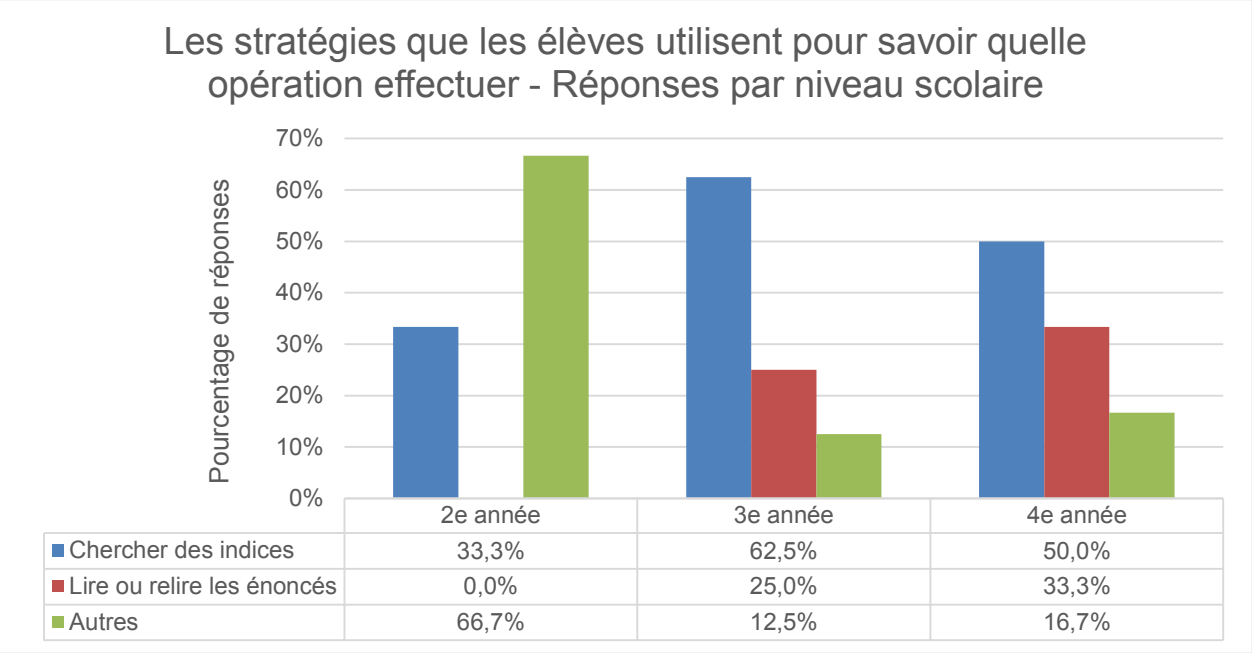


Figure 10. Les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer - Réponses pour niveau scolaire.

La Figure 10 reprend les mêmes réponses données par les élèves dans la Figure 9, elles sont cependant divisées par niveau scolaire. De plus, les catégories sont les mêmes que pour la Figure 9.

Le tiers des réponses des élèves de 2e année (1/3) sont classifiées dans la stratégie *Chercher des indices*. Les deux tiers qui restent (2/3) n'appartiennent à aucune catégorie du graphique et sont placés dans *Autres*.

En 3e année, 62,5 % des réponses des élèves (5/8) font référence à la stratégie *Chercher des indices*. Le quart des réponses, soit 25 % (2/8), sont classées dans *Lire ou relire les énoncés*. De plus, 12,5 % des réponses des élèves de 3e année (1/8) n'ont pas pu être placées dans une catégorie.

La moitié des verbalisations des élèves de 4e année, soit 50 % (3/6), appartiennent à la stratégie *Chercher des indices*, alors que le tiers des réponses des élèves de ce niveau scolaire (2/6) est classé dans *Lire ou relire les énoncés*. Certains propos des élèves, à savoir 16,7 % (1/6), ont été placés dans *Autres*.

En peu de mots, la stratégie *Chercher des indices* est celle avec le plus haut pourcentage pour les élèves de 3e et de 4e année. En 2e année, c'est aussi la stratégie à laquelle les élèves ont le plus souvent fait référence si on fait abstraction des réponses placées dans *Autres*. D'autre part, plus le niveau scolaire augmente, plus les élèves donnent des éléments de réponse qui appartiennent à la stratégie *Lire ou relire les énoncés*.

4.2. Ce que les élèves considèrent le plus difficile ou le plus facile dans les problèmes en général

Dans cette section, nous exposons 6 figures qui présentent les données concernant ce que les élèves identifient comme étant le plus difficile ou le plus facile dans les problèmes en général.

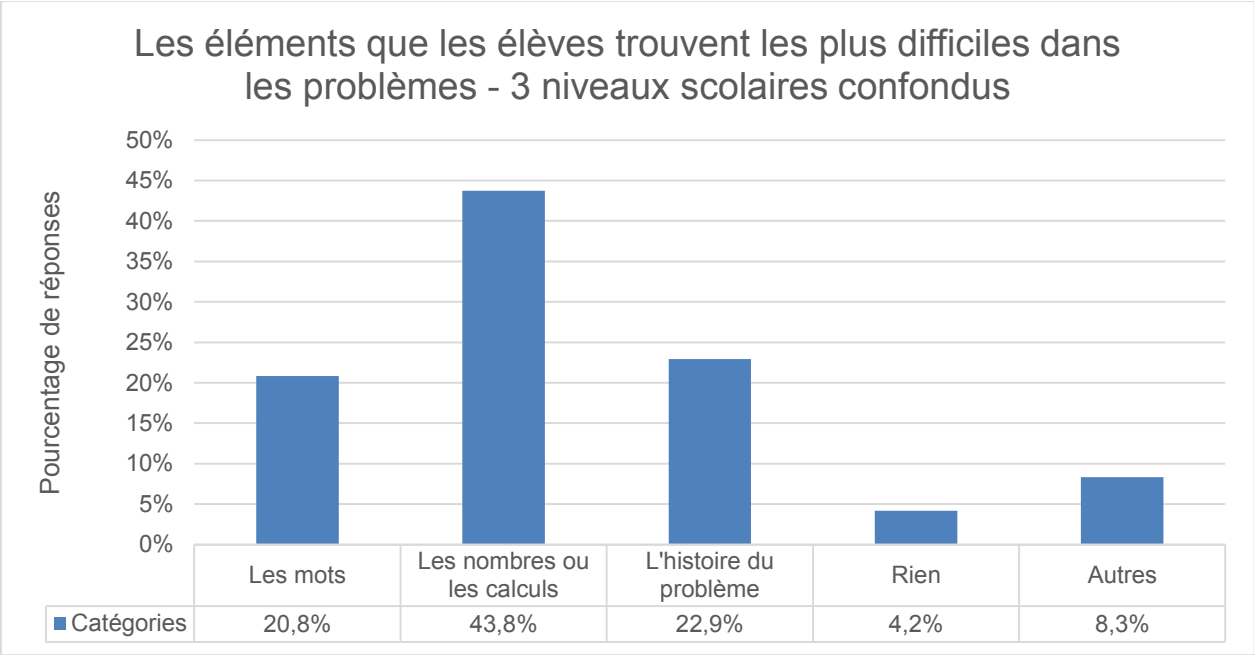


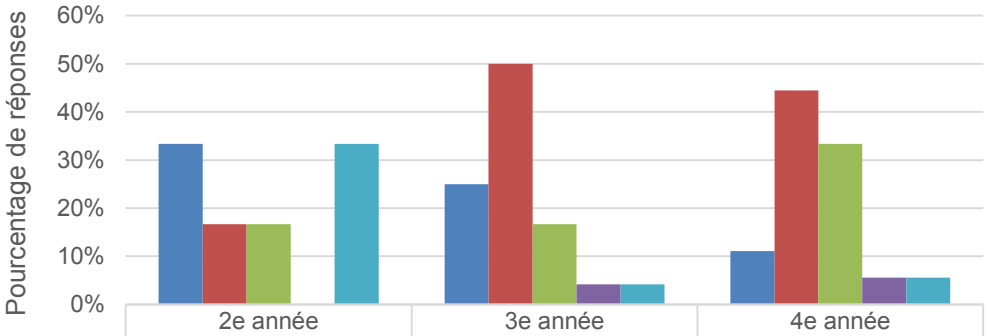
Figure 11. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes - 3 niveaux scolaires confondus.

La Figure 11 catégorise les réponses des élèves par rapport à ce qu'ils trouvent le plus difficile dans les problèmes.

La catégorie que les élèves ont le plus souvent mentionnée est *Les nombres ou les calculs* avec 43,8 % des réponses (21/48). *L'histoire du problème* semble également difficile pour les élèves, car cette catégorie a récolté 22,9 % des réponses (11/48), ce qui la place au deuxième rang en importance. Avec 20,8 % des réponses (10/48), *Les mots* sont d'après les élèves un élément qui rend les problèmes difficiles. Dans quelques réponses, à savoir 4,2 % d'entre elles (2/48), les élèves ont fait part du fait qu'ils ne trouvent rien difficile dans les problèmes. Un faible pourcentage des réponses des élèves, à savoir 8,3 % (4/48), ne font pas partie des 4 catégories présentées dans ce graphique.

L'exemple suivant correspond à la catégorie *Les nombres ou les calculs* : « La calcul. Parce qu'il faut [il bouge ses doigts]. […] Je compte dans ma tête et dans mes doigts (cas 3, lignes 28 et 30) ». Pour *L'histoire du problème*, voici l'exemple qui permet de mieux comprendre cette catégorie : « Je la relis [l'histoire], pis je comprends pas, je vais voir en premier toute la feuille, pis après je comprends que c'est, qu'est-ce qu'il faut que

je fasse (cas 3, lignes 38 et 39) ». Un élève a expliqué qu'il trouve les problèmes difficiles « [q]uand y'a des grands mots, longs mots (cas 4, ligne 14) », ce qui correspond à la catégorie *Les mots*. Une élève a clairement exprimé que rien ne lui semble difficile dans les problèmes : « Mais en fait, je trouve rien qui est difficile parce que j'aime ça faire les mathématiques comme ça (cas 10, lignes 25 et 26) ».



	2e année	3e année	4e année
Les mots	33,3%	25,0%	11,1%
Les nombres ou les calculs	16,7%	50,0%	44,4%
L'histoire du problème	16,7%	16,7%	33,3%
Rien	0,0%	4,2%	5,6%
Autres	33,3%	4,2%	5,6%

Figure 12. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 12 présente les réponses des élèves par niveau scolaire concernant ce qu'ils trouvent le plus difficile dans les problèmes. Les catégories sont les mêmes que pour la Figure 11.

Les élèves de 2e année ont le plus souvent donné comme réponse *Les mots* avec 33,3 % des verbalisations (2/6), suivie à égalité par *Les nombres ou les calculs* et *L'histoire du problème* avec respectivement 16,7 % des réponses (1/6). Le tiers des réponses des élèves de ce niveau scolaire, soit 33,3 % (2/6), n'ont pas pu être placées dans l'une des catégories nommées dans ce graphique.

La moitié des réponses des élèves de 3e année, c'est-à-dire 50 % (12/24), font référence à la catégorie *Les nombres ou les calculs*. Le quart (25 % ou 6/24) des réponses est associé à la catégorie *Les mots*. 16,7 % des réponses des élèves pour ce niveau scolaire (4/24) sont catégorisées dans *L'histoire du problème*. Une seule réponse, soit 4,2 % (1/24), correspondent à la catégorie *Rien*. En outre, 4,2 % des réponses en 3e année (1/24) n'appartiennent à aucune des catégories présentées dans ce graphique.

En 4e année, la catégorie la plus souvent mentionnée par les élèves dans leurs réponses est *Les nombres ou les calculs* avec 44,4 % des réponses (8/18). En deuxième place pour l'ordre d'importance, il y a la catégorie

L'histoire du problème qui représente 33,3 % des réponses fournies par les élèves (6/18). La catégorie *Les mots* récolte pour sa part 11,1 % des verbalisations des élèves (2/18). Un faible pourcentage de réponses se rapportent aux catégories *Rien* et *Autres*, soit respectivement 5,6 % des réponses (1/18).

En peu de mots, on remarque que plus le niveau scolaire augmente, moins les élèves mentionnent les mots comme étant un élément difficile dans les problèmes mathématiques. De plus, on note une légère tendance à dire qu'il n'y a rien de difficile dans les problèmes plus le niveau scolaire augmente. D'autre part, les élèves plus vieux, ceux de 4e année, semblent plus conscients des défis que l'histoire du problème peut entraîner dans la résolution d'un problème mathématique.

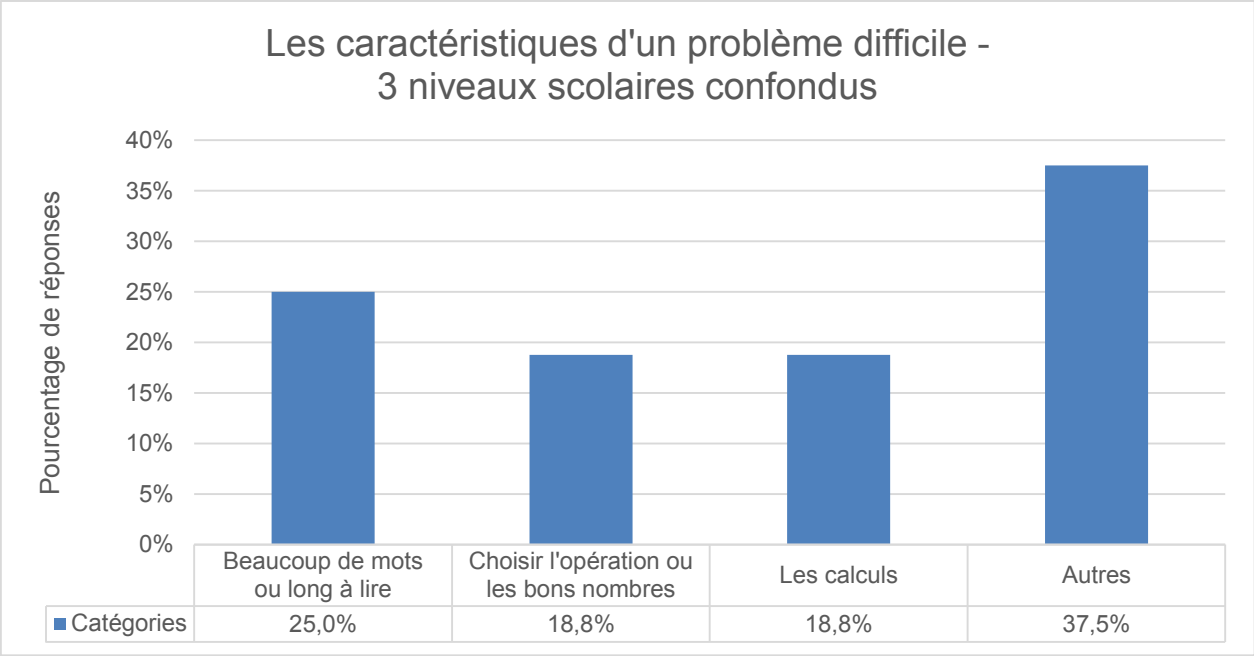
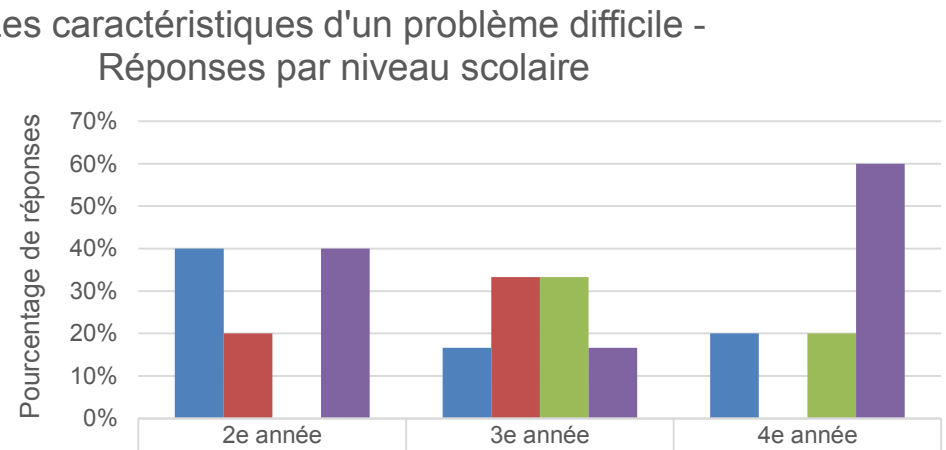


Figure 13. Les caractéristiques d'un problème difficile - 3 niveaux scolaires confondus.

La Figure 13 présente les descriptions que les élèves ont données pour un problème difficile.

Le quart des réponses des élèves, soit 25 % (4/16), sont catégorisées dans *Beaucoup de mots ou long à lire*. Le même pourcentage de réponses, soit 18,8 % (3/16), se trouve dans la catégorie *Choisir l'opération ou les bons nombres* et dans *Les calculs*. Plusieurs verbalisations d'élèves, c'est-à-dire 37,5 % d'entre elles (6/16), n'ont pas été placées dans l'une des catégories du graphique et ne permettaient pas de créer de nouvelles catégories, elles se retrouvent donc dans *Autres*. La présence d'autant de réponses dans la catégorie *Autres* pourrait s'expliquer par le fait que les élèves de 2e, 3e et 4e année n'ont pas le même niveau scolaire, ce qui peut avoir un impact sur leur compréhension d'un problème. D'autre part, la notion de « problème difficile » est vaste, d'où la variété des réponses des élèves pour cette catégorie.

Pour la catégorie *Beaucoup de mots ou long à lire*, un élève a donné une réponse sans équivoque : « Beaucoup de mots (cas 3, ligne 44) ». L'exemple le plus représentatif pour la catégorie *Choisir l'opération ou les bons nombres* est le suivant : « Ben, des fois, j'comprends pas parce que des fois ça dit que trouver, trouver le résultat, mais j'comprends pas si faire des moins ou des plus (cas 8, lignes 34 et 35) ». Une élève a expliqué clairement que ce sont les calculs qui d'après elle rendent un problème difficile : « Eh, c'est comme eh hum, ben on a jamais fait ça, mais c'est comme une un chiffre très grand dans les milles comme ça et je fais fois, ç'a jamais arrivé en fait. On fait jamais ça, mais en fait, c'est trop difficile pour moi (cas 10, lignes 36 et 37) ».



	2e année	3e année	4e année
Beaucoup de mots ou long à lire	40,0%	16,7%	20,0%
Choisir l'opération ou les bons nombres	20,0%	33,3%	0,0%
Les calculs	0,0%	33,3%	20,0%
Autres	40,0%	16,7%	60,0%

Figure 14. Les caractéristiques d'un problème difficile - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 14, qui utilise les mêmes données que la Figure 13, donne un portrait différent des réponses des élèves lorsqu'elles sont divisées par niveau scolaire.

En effet, 40 % des réponses des élèves de 2e année (2/5) se trouvent dans la catégorie *Beaucoup de mots ou long à lire*. Le cinquième des réponses des élèves de ce niveau scolaire, soit 20 % (1/5), appartiennent à la caractéristique *Choisir l'opération ou les bons nombres*. De même, 40 % des réponses des élèves de 2e année (2/5) ne sont pas classées dans l'une des caractéristiques du graphique et sont par conséquent placées dans *Autres*.

En 3e année, 2 des 3 caractéristiques représentent le tiers des réponses des élèves (33,3 % ou 2/6). C'est 2 caractéristiques sont *Choisir l'opération ou les bons nombres* et *Les calculs*. La caractéristique *Beaucoup de mots ou long à lire* constitue 16,7 % des réponses des élèves (1/6). Le même pourcentage de réponses, c'est-

à-dire 16,7 % (1/6), n'appartient à aucune des 3 caractéristiques utilisées dans le graphique pour catégoriser les réponses des élèves.

Les réponses des élèves de 4e année se répartissent également (20 % ou 1/5 pour chacune d'elles) entre 2 caractéristiques catégorisées dans le graphique, à savoir *Beaucoup de mots ou long à lire* et *Les calculs*. Le reste des réponses des élèves, soit 60 % (3/5) de 4e année sont regroupées dans *Autres*.

En comparant les données pour chaque niveau scolaire, on remarque qu'il n'y a pas vraiment de tendance à relever. Il y a néanmoins plusieurs réponses placées dans *Autres* pour les réponses en 2e et en 4e année, ce qui s'explique peut-être par le fait que les élèves ne sont pas habitués à se faire poser la question suivante : « À quoi ça ressemble, un problème difficile ? » Le fait que cette question mène à une réponse semblable à celle de la question précédente, « Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile dans les problèmes en mathématiques ? », a possiblement une influence sur les verbalisations des élèves des 3 niveaux scolaires. La catégorie *Autres* regroupe des réponses variées comme des élèves qui ne savent pas quoi donner comme réponse, un élève qui affirme qu'un problème difficile lui donne mal à la tête, un autre qui dit qu'il peut y avoir plusieurs étapes à réaliser ou même qu'inventer un problème mathématique est difficile. Ainsi, il nous est impossible de classer toutes ces réponses dans les catégories existantes.

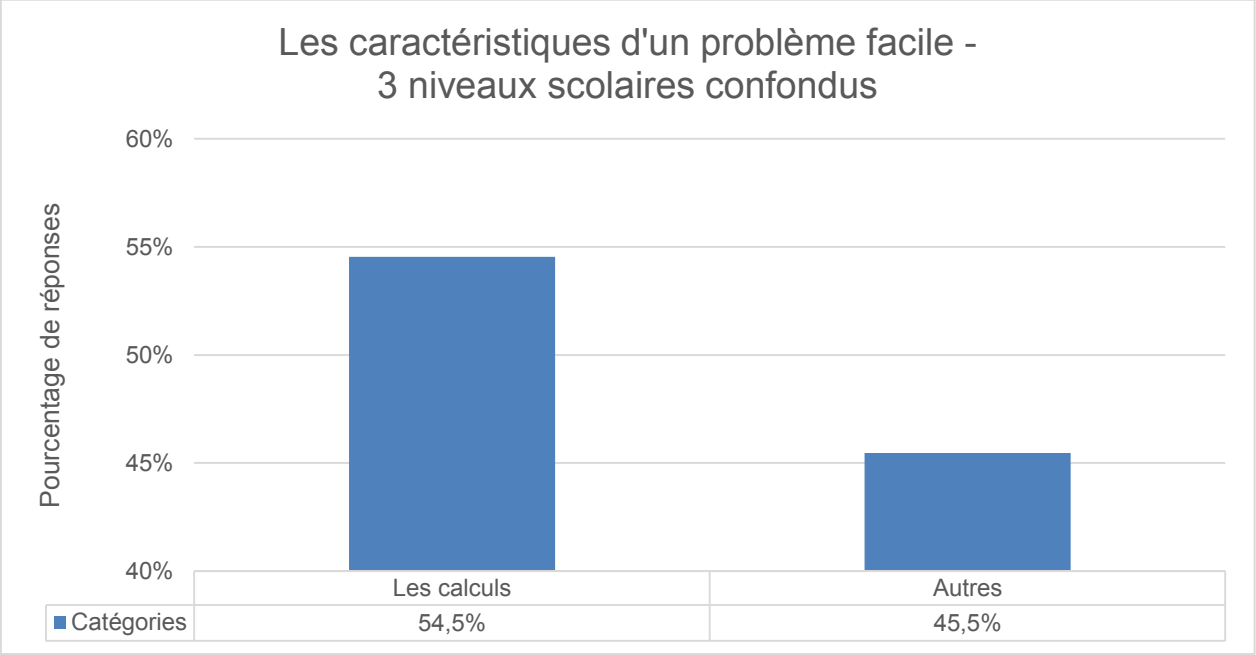


Figure 15. Les caractéristiques d'un problème facile - 3 niveaux scolaires confondus.

La Figure 15 concerne les caractéristiques que les élèves ont données pour un problème facile.

Les élèves ont donné des éléments de réponse qui ne peuvent être classés que dans une catégorie, c'est-à-dire *Les calculs*, qui représente 54,5 % des réponses des élèves (6/11). Le reste des réponses, c'est-à-dire 45,5 % (5/11), ne permettent pas de créer de nouvelles catégories, c'est pourquoi elles se trouvent dans *Autres*. Les réponses des élèves classées dans *Autres* sont variées ; deux élèves ont simplement répondu qu'un problème facile est facile, un autre a affirmé ne pas trop se poser de questions, un élève a avancé que le problème n'a pas trop de mots et un élève a donné des exemples avec les problèmes faits en classe pour notre recherche. La réponse d'un élève exemplifie clairement la catégorie *Les calculs* : « C'est souvent avec les multiplications et les plus (cas 9, ligne 48) ».

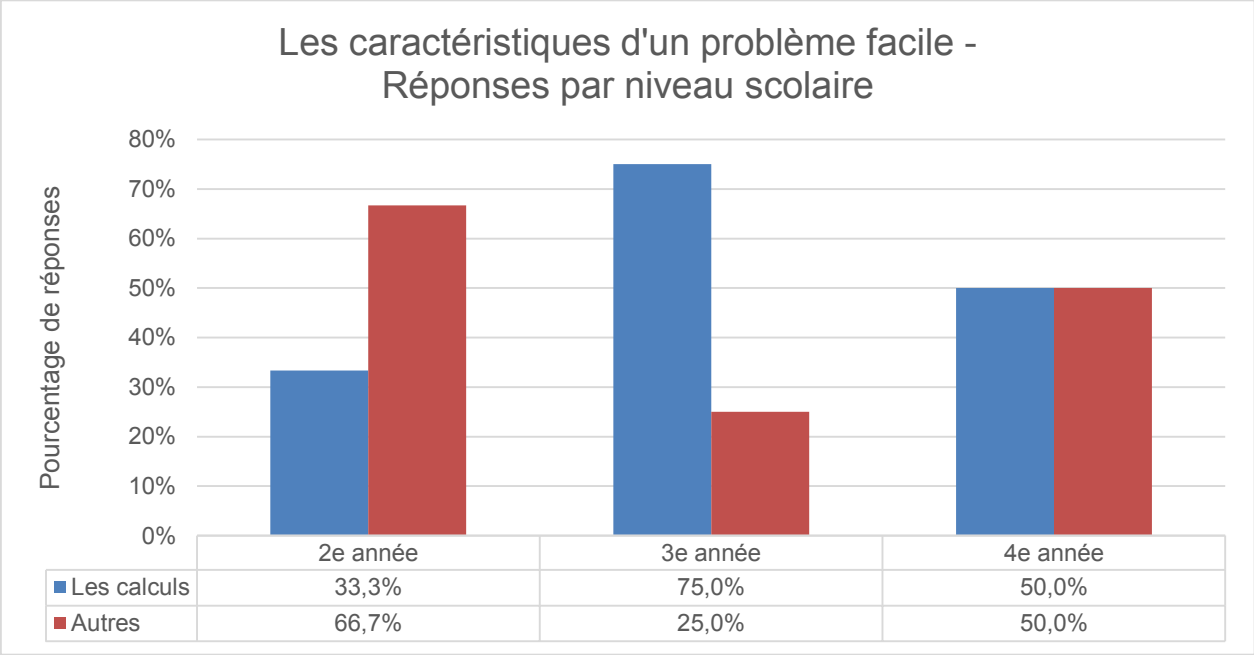


Figure 16. Les caractéristiques d'un problème facile - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 16 présente les mêmes données que la Figure 15. Les mêmes catégories sont également utilisées.

En 2e année, le tiers des réponses des élèves (33,3 % ou 1/3) appartient à la catégorie *Les calculs* et les deux tiers de leurs réponses sont placés dans *Autres* (66,7 % ou 2/3). Il est à noter qu'il n'y a que 3 élèves en 2e année qui participent à notre recherche, seulement l'un d'eux a produit des verbalisations pertinentes pour représenter la catégorie *Autres*, c'est-à-dire qu'il a fait référence à des exemples de problèmes faciles. L'autre élève a acquiescé à la proposition de l'intervieweuse qui avançait qu'un problème facile ne contient pas trop de mots.

Les réponses des élèves de 3e année se répartissent entre *Les calculs* (75 % ou 3/4) et *Autres* (25 % ou 1/4).

En 4e année, les réponses des élèves se partagent équitablement entre les catégories *Les calculs* (50 % ou 2/4) et *Autres* (50 % ou 2/4).

Les données par niveau scolaire montrent que ce sont surtout les élèves de 2e année qui ont donné des réponses non-catégorisées, alors que ce sont des participants de 3e année qui ont fait référence pour la plupart à la catégorie *Les calculs*.

4.2.1. Liens entre ce que les élèves trouvent le plus difficile dans les problèmes et les caractéristiques qu'ils ont données d'un problème difficile

Si on compare les catégories présentées pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes (Figure 11, p.62) et pour les caractéristiques d'un problème difficile (Figure 13, p.64), on note qu'elles sont semblables. En effet, la catégorie *Les nombres ou les calculs* pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes (Figure 11, p.62) et celle *Les calculs* pour les caractéristiques d'un problème difficile (Figure 13, p.64) font référence à la même idée. La catégorie *L'histoire du problème* (Figure 11, p.62) et celle *Choisir l'opération ou les bons nombres* (Figure 13, p.64) sont étroitement liées dans la mesure où bien comprendre les liens qui unissent mathématiquement les données d'un problème, en d'autres mots l'histoire de celui-ci, permettent de choisir les nombres à utiliser et l'opération à effectuer pour résoudre le problème. Enfin, les catégories *Les mots* (Figure 11, p.62) et *Beaucoup de mots à lire* (Figure 13, p.64) ont un sens très proche. Les catégories qui ont le plus d'occurrences pour ces deux figures sont liée aux mots (*Les mots* et *Beaucoup de mots ou long à lire*). Cette réalité nous porte à penser que les élèves qui participent à notre recherche sont conscients des possibles difficultés liées à la langue en résolution de problèmes.

D'autre part, il a semblé plus complexe pour les participants de décrire un problème difficile que de nommer ce qu'ils trouvent le plus difficile dans les problèmes en mathématiques. Seulement 8,3 % des propos des élèves sont placés dans la catégorie *Autres* quand ils ciblent des éléments spécifiques pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles dans les problèmes (Figure 11, p.62), alors que 37,5 % de leurs verbalisations se trouvent dans *Autres* pour les caractéristiques d'un problème difficile (Figure 13, p.64).

Les Figures 12 et 14, qui reprennent les mêmes données que les Figures 11 et 13, permettent de comprendre les différences pour chaque niveau scolaire entre les réponses des élèves aux 2 questions très semblables, à savoir « Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile dans les problèmes en maths ? » et « À quoi ressemble un problème difficile en maths ? ».

Les élèves de 2e année sont plutôt cohérents dans leurs réponses puisque les 2 catégories avec les plus hauts pourcentages pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes et pour les caractéristiques d'un problème difficile sont celles liées aux mots, c'est-à-dire *Les mots* (Figure 12, p.63) et

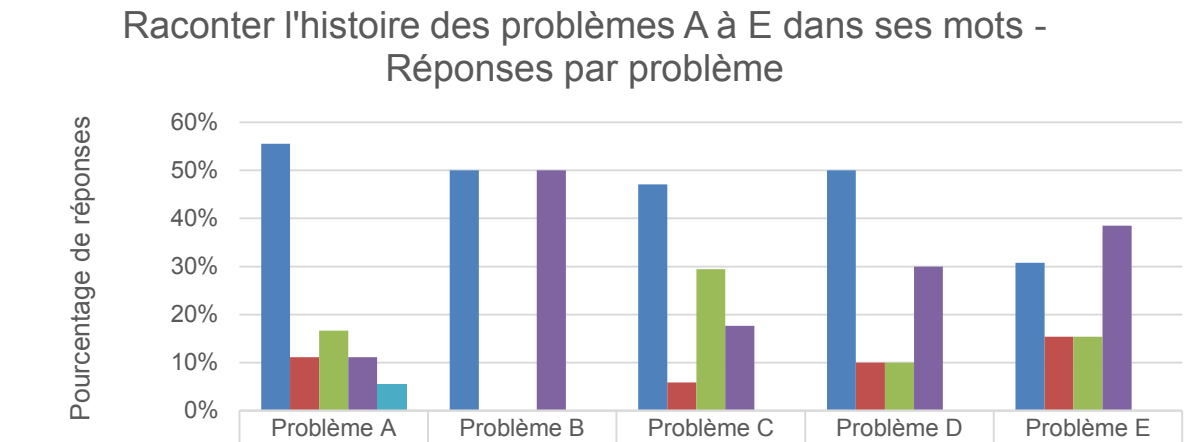
Beaucoup de mots ou long à lire (Figure 14, p.65), de même que la catégorie *Autres* (Figures 12 et 14). La catégorie *Choisir l'opération ou les bons nombres* (Figure 14, p.65) a un plus faible pourcentage que celui obtenu lorsqu'on combine les 2 catégories *Les nombres ou les calculs* et *L'histoire du problème* (Figure 12, p.63), bien que le sens de ces trois catégories soit très proche.

En 3e année, les réponses des élèves sont réparties différemment si les données sont présentées en fonction des éléments que les élèves trouvent les plus difficiles (Figure 12, p.63) ou selon les caractéristiques d'un problème difficile (Figure 14, p.65). Voici les différences à retenir. La catégorie avec le plus haut pourcentage pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes (Figure 12, p.63) est *Les nombres ou les calculs* avec la moitié des réponses. Or, pour les caractéristiques d'un problème difficile (Figure 14, p.65), la catégorie *Les calculs* ne représente que le tiers des réponses. *Les mots* (Figure 12, p.63) ont un pourcentage un peu plus élevé que *Beaucoup de mots ou long à lire* (Figure 14, p.65). La catégorie *Choisir l'opération ou les bons nombres* (Figure 14, p.65) a un pourcentage 2 fois plus élevé que la catégorie *L'histoire du problème* (Figure 12, p.63).

Les données pour les élèves de 4e année sont aussi assez différentes si les données sont présentées selon les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles (Figure 12, p.63) ou en fonction des caractéristiques d'un problème difficile (Figure 14, p.65). En effet, le fait que 60 % des propos des élèves sont placés dans la catégorie *Autres* quand les données font référence aux caractéristiques d'un problème difficile rend plus laborieuse la comparaison des deux figures. Pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes (Figure 12, p.63), la catégorie avec le plus haut pourcentage est *Les nombres ou les calculs* tandis que pour les caractéristiques d'un problème difficile (Figure 14, p.65), la catégorie *Les calculs* ne représente que 20 % des réponses des élèves. Toutefois, la catégorie *Beaucoup de mots ou long à lire* (Figure 14, p.65) a un pourcentage plus élevé que la catégorie *Les mots* (Figure 12, p.63).

4.3. L'histoire du problème que les élèves racontent, leurs calculs et leurs réponses

Dans cette section, il y a 6 figures qui présentent nos résultats à propos des histoires que les élèves ont racontées pour chaque problème, des calculs qu'ils ont effectués pour les résoudre et des réponses qu'ils ont données.



	Problème A	Problème B	Problème C	Problème D	Problème E
Histoire correcte	55,6%	50,0%	47,1%	50,0%	30,8%
Histoire incomplète	11,1%	0,0%	5,9%	10,0%	15,4%
Histoire incorrecte	16,7%	0,0%	29,4%	10,0%	15,4%
Relit le problème	11,1%	50,0%	17,6%	30,0%	38,5%
Autres	5,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Figure 17. Raconter l'histoire des problèmes A à E dans ses mots - Réponses par problème.

La Figure 17 présente les données concernant les verbalisations que les élèves ont faites pour l'histoire des problèmes A à E.

Pour le problème A, 55,6 % des histoires des élèves sont correctes (10/18), 11,1 % de leurs histoires sont incomplètes (2/18) et 16,7 % sont incorrectes (3/18). 11,1 % des élèves (2/18) n'ont pas raconté l'histoire du problème dans leurs mots, ils l'ont relue. En outre, 5,6 % des verbalisations (1/18) ne font pas partie des catégories utilisées dans ce graphique.

La moitié, soit 50 % (1/2), des histoires des élèves pour le problème B sont correctes. L'autre moitié (1/2) des verbalisations pour ce problème correspondent à la catégorie *Relit le problème*.

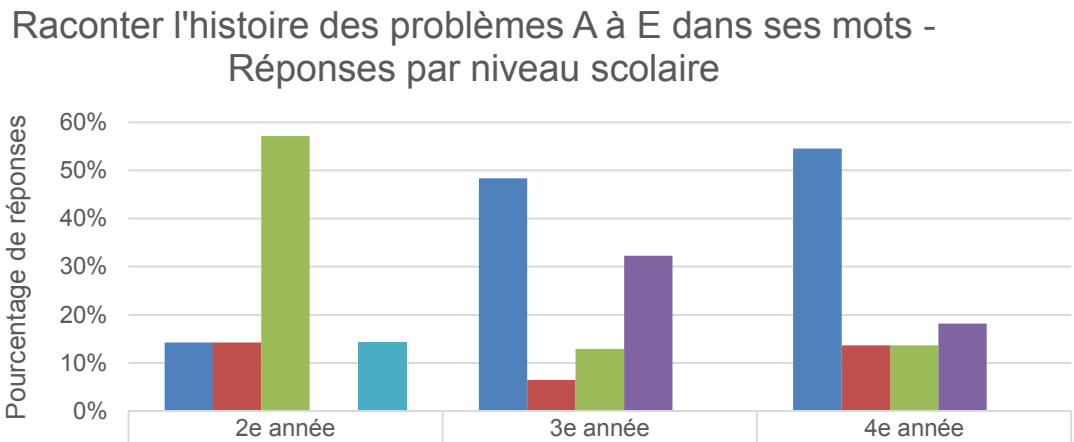
Les histoires correctes correspondent à 47,1 % des propos des élèves (8/17) pour le problème C, alors que 5,9 % des histoires sont incomplètes (1/17) et 29,4 % des histoires sont incorrectes (5/17). 17,6 % des réponses des élèves (3/17) appartiennent à la catégorie *Relit le problème* pour le C.

Pour le problème D, 50 % des histoires sont correctes (5/10), 10 % des histoires sont incomplètes (1/10) et 10 % des histoires sont incorrectes (1/10). De plus, 30 % des verbalisations des élèves (3/10) sont en fait une relecture du problème au lieu de l'expliquer dans leurs mots.

Les élèves ont raconté correctement l'histoire du problème E dans une proportion de 30,8 % (4/13). 15,4 % des histoires des élèves pour ce problème sont incomplètes (2/13), le pourcentage est le même pour les histoires incorrectes. 38,5 % des verbalisations des élèves (5/13) sont catégorisées dans *Relit le problème*.

Voici quelques exemples qui illustrent les catégories de la Figure 17. Pour un rappel des énoncés des problèmes, il est possible de consulter le Tableau 5 (p.43 à 45). Le premier exemple correspond à la catégorie *Histoire correcte* : « Fanny en a donné 12 brioches à la famille Couture. Elle n'a donné encore 8 au préca d'autres brioches de à la famille de Tremblay Tremblay. Il cherche combien de brioches à la caramel avait-elle préparées au débart départ (cas 15, problème E, lignes 218 à 220) ». L'exemple suivant permet de comprendre les histoires incorrectes des élèves : « C'est que la mère, elle discute pour les bananes. Pis, elle achète 17 bananes. Pis, elle rajoute 6 bananes, pis son père a mangé rapide. Pis, y'aime ça, les bananes (cas 4, problème A, lignes 29 et 30) ». Quelques élèves ont raconté des histoires incomplètes, comme c'est le cas dans cet exemple : « Ça dit que Carole veut préparer des biscuits pour ben pour eh la classe de madame Sylvie. Après, a donne eh… (cas 8, problème E, lignes 110 et 111) ». Enfin, dans certains cas, les participants ont relu le problème plutôt que de le raconter dans leurs mots : « Eh, Carolanne eh prépare eh des gâteaux pour les élèves de son école. Ainsi, elle décide de leur cous cuisiner des de délicieux biscuits au chocolat. Carolanne donne 17 biscuits aux élèves de la classe de madame Sylvie. Les élèves sont très contents de son gâteau. Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits au chocolat Carolanne avait-elle préparés ? Au départ (cas 7, problème E, lignes 222 à 225) ».

Si on compare les données pour les 5 problèmes, on constate que dans certains cas, elles se distinguent les unes des autres, dans d'autres cas, elles se ressemblent. Pour les problèmes A à D, les élèves ont le plus souvent raconté correctement dans leurs mots l'histoire du problème. Le problème E se distingue des 4 autres problèmes puisque les élèves ont, dans une plus grande proportion, relu le problème plutôt que de le raconter dans leurs mots. Cette réalité peut s'expliquer par le fait que le problème E est l'un des deux problèmes les plus longs présentés aux élèves et qu'il est aussi difficile pour le contenu mathématique. D'autre part, seulement le problème A comporte des éléments de réponse qui sont classés dans *Autres*. Le problème A est celui qui a été raconté correctement dans la plus grande proportion. Le problème B est parmi les 5 problèmes celui qui a été relu dans la plus grande proportion.



	2e année	3e année	4e année
Histoire correcte	14,3%	48,4%	54,5%
Histoire incomplète	14,3%	6,5%	13,6%
Histoire incorrecte	57,1%	12,9%	13,6%
Relit le problème	0,0%	32,3%	18,2%
Autres	14,3%	0,0%	0,0%

Figure 18. Raconter l'histoire des problèmes A à E dans ses mots - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 18 utilise les mêmes données que dans la Figure 17, mais cette fois-ci elles sont présentées par niveau scolaire.

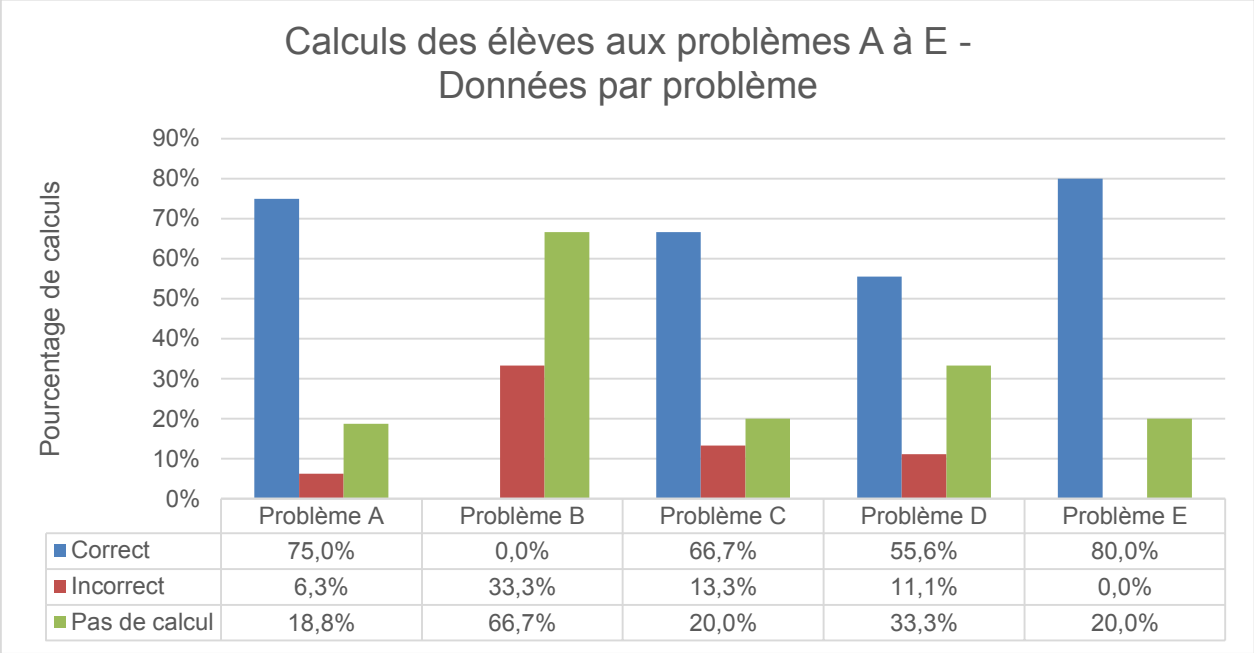
En 2e année, 57,1 % des histoires des élèves sont incorrectes (4/7), 14,3 % de leurs histoires sont correctes (1/7) et 14,3 % sont incomplètes (1/7). De plus, 14,3 % des verbalisations des élèves de 2e année (1/7) sont classées dans *Autres*. Aucun élève de ce niveau n'a relu l'un des problèmes à la place de le raconter dans ses mots.

Dans une proportion de 48,4 % (15/31), les élèves de 3e année ont raconté correctement dans leurs mots l'histoire de chacun des problèmes. Toutefois, un peu moins du tiers, soit 32,3 % (10/31), ont relu le problème plutôt que raconter dans leurs mots les éléments importants qui le constituent. De plus, 12,9 % des histoires des élèves sont incorrectes (4/31), alors que 6,5 % d'entre elles sont incomplètes (2/31).

Les histoires des problèmes des élèves de 4e année sont correctes dans une proportion de 54,4 % (12/2). D'autre part, 13,6 % des histoires des élèves (3/22) sont soit incomplètes, soit incorrectes. Il y a également 18,2 % des élèves (4/22) qui ont relu le problème au lieu de le raconter dans leurs mots.

On remarque une disparité entre les données pour chaque niveau scolaire. En effet, les élèves de 2e année se distinguent de ceux de 3e et 4e année puisque le pourcentage le plus élevé pour ce niveau correspond à la catégorie *Histoire incorrecte*. En 3e et en 4e année, la catégorie avec le plus haut pourcentage est *Histoire correcte*. D'autre part, on constate que plus le niveau scolaire augmente, plus le pourcentage appartenant à la

catégorie *Histoire correcte* augmente. Ce sont les élèves de 3e année qui ont le plus haut pourcentage de verbalisations pour la catégorie *Relit le problème* et ceux de 2e année qui ont le plus faible pourcentage pour cette catégorie.



	Problème A	Problème B	Problème C	Problème D	Problème E
Correct	75,0%	0,0%	66,7%	55,6%	80,0%
Incorrect	6,3%	33,3%	13,3%	11,1%	0,0%
Pas de calcul	18,8%	66,7%	20,0%	33,3%	20,0%

Figure 19. Calculs des élèves aux problèmes A à E - Données par problème.

La Figure 19 présente les données par problème pour les calculs des élèves. Il n'est pas question dans ce graphique du calcul attendu, seulement de la présence ou non d'erreurs de calcul.

Pour le problème A, 75 % des calculs des élèves sont corrects (12/16) et 6,3 % sont incorrects (1/16). De plus, pour ce problème, 18,8 % des élèves n'ont pas fait de calcul (3/16). En ce qui concerne le problème B, le tiers des élèves (1/3), soit 33,3 %, ont fait un calcul incorrect. Pour le même problème, les deux tiers des élèves (2/3), c'est-à-dire 66,6 %, n'ont pas fait de calcul. Pour le problème C, les deux tiers (66,6 % ou 10/15) des calculs des élèves sont corrects, alors que 13,3 % des calculs sont incorrects (2/15). Il y a 20 % (3/15) des élèves qui n'ont pas fait de calcul pour le problème C. En outre, les élèves ont fait des calculs corrects pour le problème D dans une proportion de 55,6 % (5/9). De plus, 11,1 % des calculs des élèves sont incorrects (1/9) et 33,3 % des élèves n'ont pas fait de calculs (3/9) pour ce problème. Enfin, les données pour le problème E se répartissent ainsi : 80 % des calculs des élèves sont corrects (8/10) et 20 % des élèves n'ont pas fait de calculs (2/10).

On remarque avec ce graphique que le problème E est celui avec le plus haut pourcentage de calculs corrects. Le problème B a pour sa part le plus haut pourcentage de calculs incorrects.

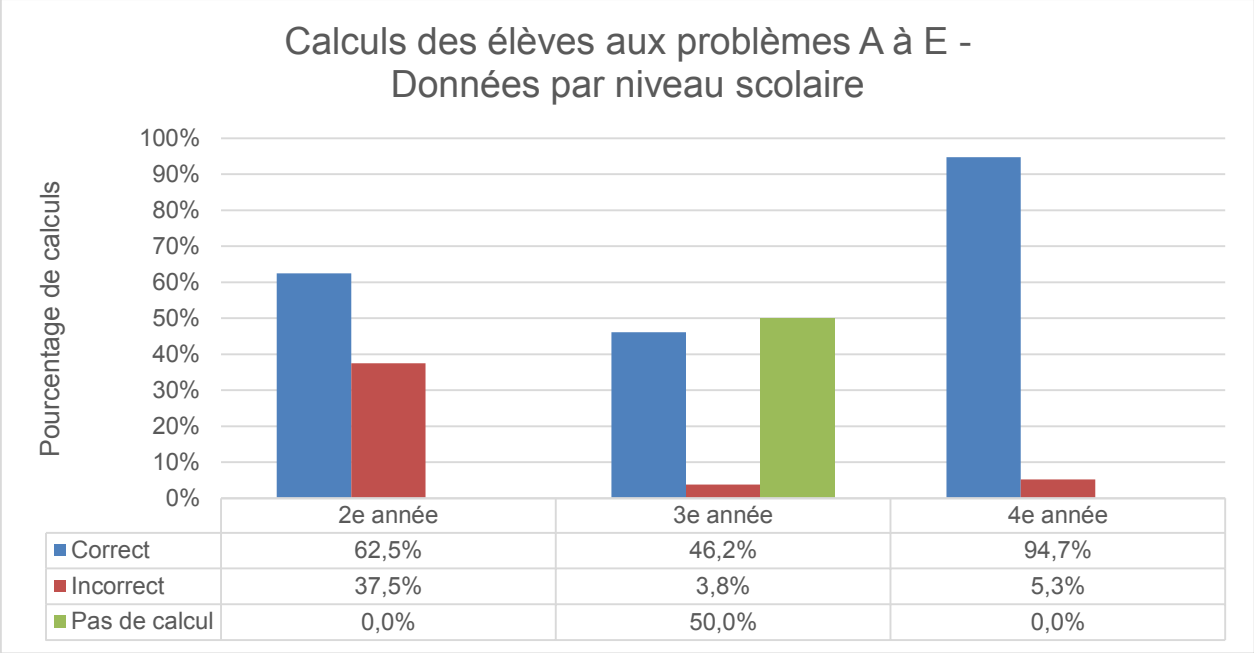


Figure 20. Calculs des élèves aux problèmes A à E - Données par niveau scolaire.

La Figure 20 présente les mêmes données que la Figure 19, divisées cette fois par niveau scolaire.

En 2e année, les élèves ont fait 62,5 % de calculs corrects (5/8) et 37,5 % de calculs incorrects (3/8).

En 3e année, les élèves ont fait 46,2 % de calculs corrects (12/26) et 3,8 % de calculs corrects. D'autre part, 50 % des élèves (13/26) n'ont pas fait de calculs.

Les élèves de 4e année ont fait 94,7 % de calculs corrects (18/19) et 5,3 % de calculs incorrects (1/19).

Avec ce graphique, on constate que ce ne sont que des élèves de 3e année qui n'ont pas fait de calculs. Si on compare les pourcentages en 2e année à ceux de 4e année, on remarque que plus le niveau scolaire augmente, moins les élèves ont tendance à faire des erreurs de calcul.

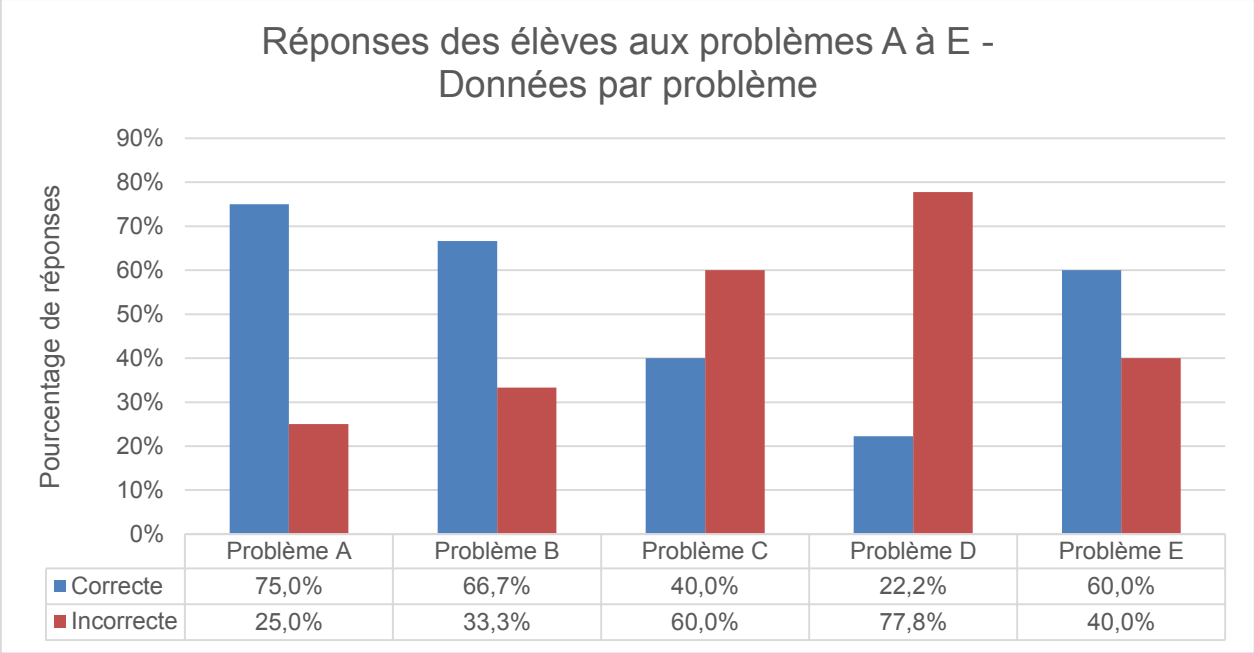


Figure 21. Réponses des élèves aux problèmes A à E - Données par problème.

La Figure 21 présente les réponses des élèves pour chacun des problèmes A à E. Une réponse correcte correspond soit au résultat adéquat pour les élèves qui ont fait un calcul, soit au choix adéquat de l'opération pour ceux qui n'ont pas fait de calcul. Une réponse est incorrecte quand l'élève a fait une erreur de calcul ou qu'il n'a pas fait le bon choix d'opération.

Les réponses des élèves sont correctes dans 75 % des cas (12/16) pour le problème A. Le quart des réponses des élèves, soit 25 % (4/16), sont incorrectes pour ce problème. Pour le problème B, 66,7 % des réponses des élèves sont correctes (2/3) et 33,3 % des réponses sont incorrectes (1/3). En ce qui concerne le problème C, 40 % des réponses des élèves sont correctes (6/15) et 60 % sont incorrectes (9/15). Pour le problème D, 22,2 % des réponses sont correctes (2/9) et 77,8 % des réponses sont incorrectes (7/9). Les élèves ont donné des réponses correctes dans 60 % (6/10) des cas et des réponses incorrectes dans 40 % des cas (4/10) pour le problème E.

On constate que le problème avec le plus haut pourcentage de réponses correctes est le A et celui avec le haut pourcentage de réponses incorrectes est le D.

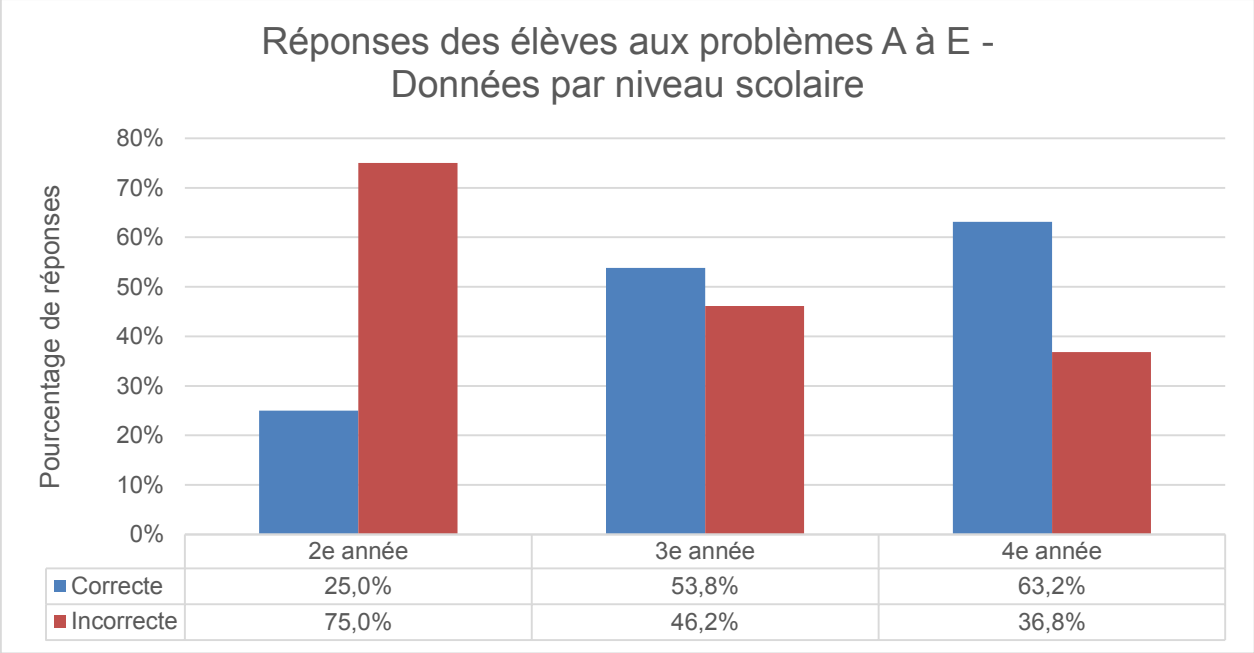


Figure 22. Réponses des élèves aux problèmes A à E - Données par niveau scolaire.

Les mêmes données que dans la Figure 21 sont présentées dans la Figure 22, mais cette fois, par niveau scolaire.

En 2e année, le quart des réponses, soit 25 % (2/8), sont correctes et les trois quarts, soit 75 % (6/8), sont incorrectes.

Les réponses des élèves de 3e année sont correctes dans 53,8 % des cas (14/26) et incorrectes dans une proportion de 46,2 % (12/26). À noter que pour 3 des 7 élèves de 3e année, une réponse correcte ou incorrecte correspond au choix de l'opération plutôt qu'au résultat d'un calcul. En effet, ces 3 élèves n'ont pas fait de calculs.

Pour les élèves de 4e année, 63,2 % de leurs réponses sont correctes (12/19) et 36,8 % sont incorrectes (7/19).

Grâce à ce graphique, on constate que plus le niveau scolaire augmente, plus les élèves donnent des réponses correctes.

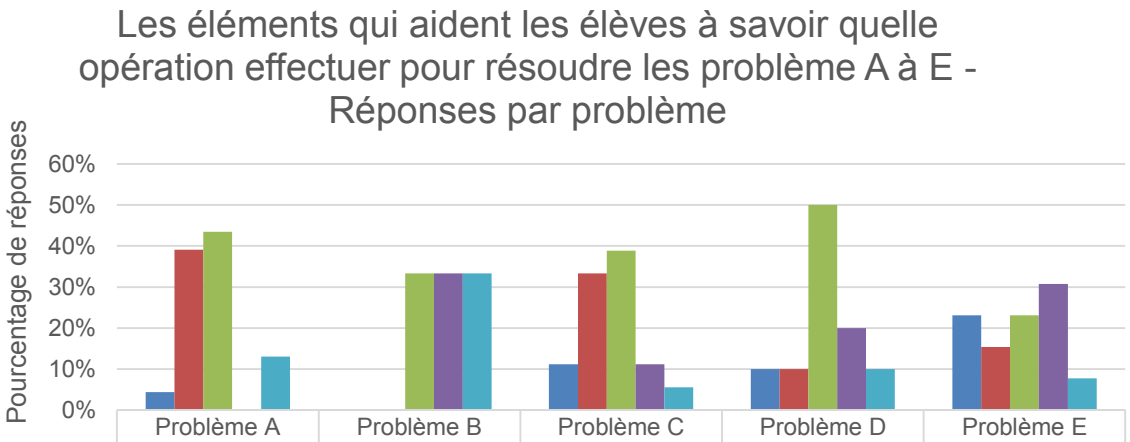
4.3.1. Liens entre raconter l'histoire dans ses mots et les réponses des élèves aux problèmes A à E

En analysant la figure au sujet des histoires des problèmes A à E (Figure 17, p.70) et celle dont les données sont divisées par problème (Figure 21, p.75), on constate que pour les problèmes A, B et E, le pourcentage de réponses correctes (Figure 21, p.75) est plus élevé que le pourcentage d'histoires correctes (Figure 17, p.70).

Dans le cas du problème E, il y a 2 fois plus de réponses correctes que d'histoire correctes (Figure 17, p.70 et Figure 21, p.75). Pour le problème C, les pourcentages de réponses correctes et d'histoires correctes sont semblables (Figure 17, p.70 et Figure 21, p.75). Le pourcentage d'histoires correctes (Figure 17, p.70) pour le problème D est environ 2 fois plus élevé que le pourcentage de réponses correctes (Figure 21, p.75). Ainsi, le fait que les élèves racontent correctement dans leurs mots l'histoire du problème ne permet pas de prédire s'ils obtiendront la réponse correcte puisque des élèves ont raconté correctement dans leurs mots l'histoire du problème sans donner la réponse correcte et que d'autres élèves n'ont pas raconté une histoire correcte, mais ils ont donné une réponse correcte. L'inverse est également vrai, c'est-à-dire que pour les 5 problèmes présentés aux élèves, les pourcentages de réponses incorrectes sont plus élevés que les pourcentages d'histoires incorrectes. Les catégories *Histoire incomplète* et *Relit le problème* rendent possiblement plus difficile la comparaison des données présentées dans ces 2 figures, car les verbalisations des élèves qui appartiennent à ces 2 catégories pour les histoires des problèmes A à E (Figure 17, p.70) ne permettent pas d'être catégorique par rapport à leur compréhension des liens qui unissent mathématiquement les données.

En analysant les mêmes données, mais cette fois divisée par niveau scolaire (Figure 18, p.72 et Figure 22, p.76), on remarque que l'écart entre les pourcentages de réponses correctes et ceux d'histoires correctes est moins prononcé que lorsque les données sont divisées par problème (Figure 17, p.70 et Figure 21, p.75). En effet, il y a environ 5 à 10 % de plus de réponses correctes que d'histoires correctes quand les données sont présentées par niveau scolaire (Figure 18, p.72 et Figure 22, p.76). Les pourcentages de réponses incorrectes (Figure 22, p.76) demeurent toutefois plus élevés que ceux des histoires incorrectes (Figure 18, p.72), particulièrement pour les élèves de 3e et de 4e année.

4.4. Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre les problèmes A à E



	Problème A	Problème B	Problème C	Problème D	Problème E
La question	4,3%	0,0%	11,1%	10,0%	23,1%
Les nombres	39,1%	0,0%	33,3%	10,0%	15,4%
L'indice	43,5%	33,3%	38,9%	50,0%	23,1%
Aucun mot	0,0%	33,3%	11,1%	20,0%	30,8%
Autres	13,0%	33,3%	5,6%	10,0%	7,7%

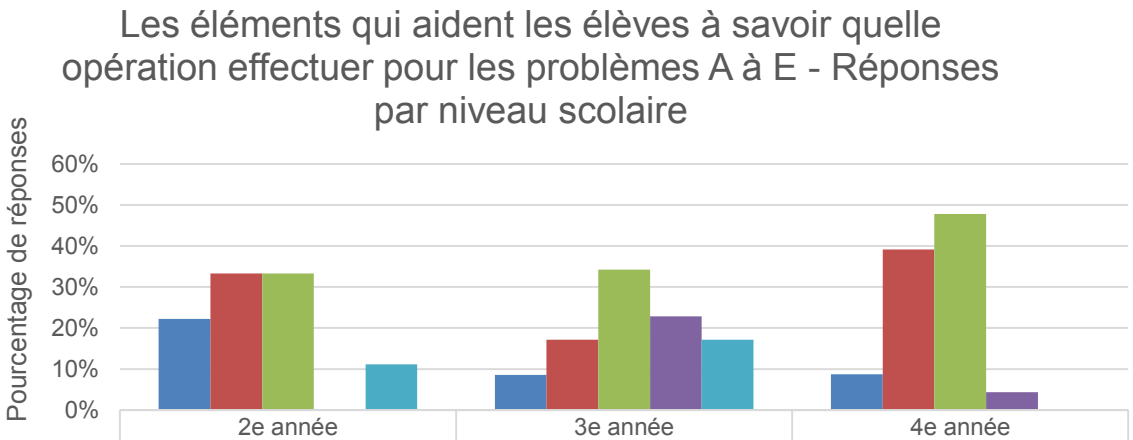
Figure 23. Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre les problèmes A à E - Réponses par problème.

La Figure 23 présente les éléments que les élèves ont nommés pour savoir quelle opération effectuer pour résoudre chacun des 5 problèmes.

Pour le problème A, 43,5 % des réponses (10/23) font référence à l'indice pour choisir l'opération, 39,1 % aux nombres (9/23) et 4,3 % à la question (1/23). D'autre part, 13 % des réponses des élèves (3/23) se trouvent dans la catégorie *Autres*. Les réponses des élèves se répartissent équitablement entre 3 catégories (33,3 % ou 1/3 pour chacune d'elles) pour le problème B, à savoir *L'indice*, *Aucun mot* et *Autres*. Les réponses des élèves pour le problème C se partagent ainsi entre les catégories : 38,9 % pour *L'indice* (7/18), 33,3 % pour *Les nombres* (6/18), 11,1 % pour *La question* (2/18), 11,1 % pour *Aucun mot* (2/18) et 5,6 % pour *Autres* (1/18). Pour le problème D, 50 % des verbalisations des élèves (5/10) basent leur raisonnement sur l'indice, 10 % sur la question (1/10) et 10 % sur les nombres (1/10). De plus, dans 20 % des réponses (2/10), les élèves affirment qu'aucuns mots ne les ont aidés à choisir l'opération. Enfin, 10 % des réponses (1/10) sont placées dans *Autres*. Les verbalisations des élèves pour le problème E se divisent entre les 5 catégories du graphique, c'est-à-dire que 30,8 % de leurs réponses sont classées dans *Aucun mot* (4/13), 23,1 % dans *L'indice* (3/13), 23,1 % dans *La question* (3/13), 15,4 % dans *Les nombres* (2/13) et 7,7 % dans *Autres* (1/13).

Les exemples suivants tirés des verbatim sont représentatifs des verbalisations des élèves pour chaque catégorie. Un élève a clairement identifié la question : « Ici là, la question (cas 15, problème E, ligne 223) ». Une autre élève a ciblé les nombres : « 6 bananes, 17 bananes (cas 5, problème A, ligne 30) ». Pour le problème D, l'élève a affirmé que « le mot que que pour dire que c'est une soustraction ou une addition, c'est "de moins" (cas 10, problème D, lignes 102 et 103) ». Quelques élèves n'ont identifié aucun élément qui les aide à savoir quelle opération effectuer, ils disaient simplement « non » à l'intervieweuse (par exemple, cas 5, problème C, ligne 74).

L'indice est l'élément sur lequel les élèves se basent le plus souvent pour choisir l'opération pour les problèmes A, B, C et D puisque c'est la catégorie qui a le pourcentage le plus élevé pour ces problèmes. Ce qui distingue le problème E des 4 autres problèmes, c'est que c'est la catégorie *Aucun mot* qui a le plus haut pourcentage de réponses.



	2e année	3e année	4e année
La question	22,2%	8,6%	8,7%
Les nombres	33,3%	17,1%	39,1%
L'indice	33,3%	34,3%	47,8%
Aucun mot	0,0%	22,9%	4,3%
Autres	11,1%	17,1%	0,0%

Figure 24. Les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre les problèmes A à E - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 24 a été préparée avec les mêmes données que la Figure 23. Ces données sont ici divisées par niveau.

En 2e année, le tiers des réponses des élèves (33,3 % ou 3/9) fait référence à l'indice, un autre tiers (33,3 % ou 3/9) se rapporte aux nombres et 22,2 % de leurs réponses (2/9) concernent la question. De plus, 11,1 % des réponses pour ce niveau (1/9) se retrouvent dans la catégorie *Autres*.

La catégorie que les élèves de 3e année ont le plus souvent évoquée dans leurs réponses est *L'indice* avec 34,3 % de leurs réponses (12/35), alors que 22,9 % des élèves ont évoqué dans leurs verbalisations (8/35) qu'aucun mot ne les a aidés à choisir l'opération à effectuer. Dans 17,1 % des réponses des élèves de 3e année (6/35), il est question des nombres pour choisir l'opération adéquate. Il y a aussi 8,6 % des réponses des élèves de ce niveau (3/35) qui font référence à la question pour sélectionner l'opération mathématique. En outre, 17,1 % des réponses des élèves de 3e année (6/35) sont classées dans *Autres*.

Les réponses des élèves de 4e année se répartissent ainsi : 47,8 % des réponses font référence à l'indice (11/23), 39,1 % aux nombres (9/23) et 8,7 % à la question (2/23). Dans 4,3 % de leurs réponses (1/23), les élèves ont avancé qu'aucun mot ne les a aidés à faire un choix concernant l'opération à effectuer.

On remarque une légère tendance au sujet de la catégorie *L'indice*. À dire vrai, plus le niveau scolaire augmente plus les élèves ont tendance à se fier à l'indice pour choisir l'opération à effectuer. D'autre part, ce sont principalement les élèves de 2e année qui se basent sur la question pour décider de l'opération adéquate en fonction du contexte. Les élèves de 3e année sont pour leur part ceux qui ont affirmé le plus souvent qu'aucun mot ne les a aidés pour le choix de l'opération mathématique.

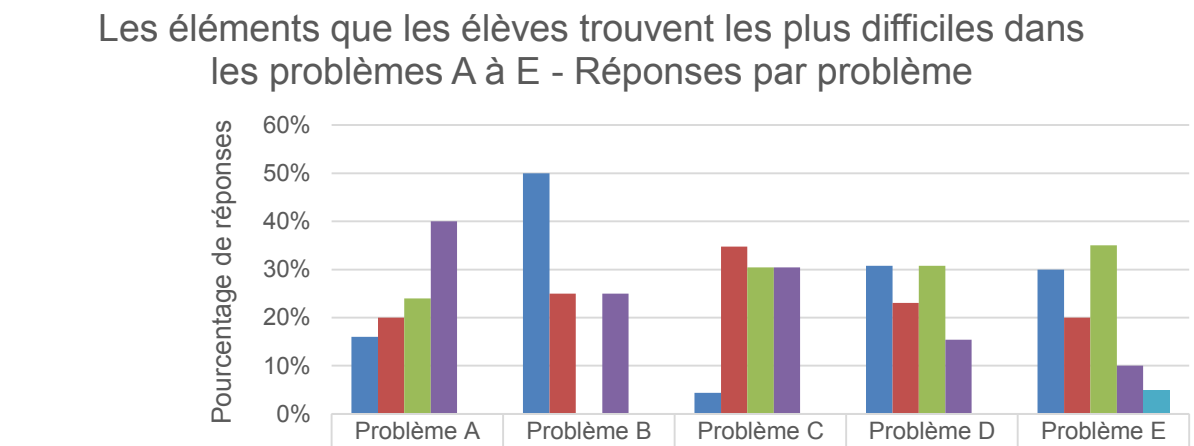
4.4.1. Liens entre les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer et les éléments qui aident à savoir quelle opération effectuer pour les problèmes A à E

La catégorie *Chercher des indices* pour les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer (Figure 10, p.61) a un sens très proche de la catégorie *L'indice* pour les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération effectuer pour résoudre le problème (Figure 24, p.79). En 2e année, ces deux catégories représentent le tiers des réponses des élèves (Figure 10, p.61 et Figure 24, p.79). Le pourcentage de réponses d'élèves de 3e année pour la catégorie *Chercher des indices* (Figure 10, p.61) est presque 2 fois plus élevé que celui pour la catégorie *Les indices* (Figure 24, p.79). En 4e année, les pourcentages pour les 2 catégories liées à l'indice sont semblables (Figure 10, p.61 et Figure 24, p.79).

Toutefois, les autres catégories ont peu de choses en commun. En effet, en demandant aux élèves comment ils font pour savoir quelle est l'opération à faire (réponses de la Figure 10, p.61), l'intervieweuse les amenait à verbaliser certaines de leurs stratégies en résolution de problèmes, alors que pour chaque problème qu'ils ont résolu, ils nommaient des éléments qui les ont aidés à choisir l'opération (réponses de la Figure 24, p.79). Il est par conséquent compréhensible que les ressemblances entre les catégories des deux figures se limitent à une catégorie. De plus, il est intéressant de constater qu'aucun élève n'a fait mention de la question et des nombres concernant les stratégies que les élèves utilisent pour savoir quelle opération effectuer (Figure 10, p.61), bien qu'elles aient été nommées à chaque niveau pour les éléments qui aident les élèves à savoir quelle opération

effectuer pour résoudre le problème (Figure 24, p.79). La stratégie *Lire ou relire les énoncés* (Figure 10, p.61) pouvait difficilement se retrouver dans les éléments qui aident à savoir quelle opération effectuer (Figure 24, p.79) étant donné qu'elle ne permet pas de nommer des éléments en particulier qui se trouvent dans les cinq problèmes présentés aux élèves.

4.5. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes



	Problème A	Problème B	Problème C	Problème D	Problème E
Les mots	16,0%	50,0%	4,3%	30,8%	30,0%
Les nombres ou les calculs	20,0%	25,0%	34,8%	23,1%	20,0%
L'histoire du problème	24,0%	0,0%	30,4%	30,8%	35,0%
Rien	40,0%	25,0%	30,4%	15,4%	10,0%
Autres	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%

Figure 25. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles problèmes A à E - Réponses par problème.

Les dernières questions posées aux élèves participant à notre recherche concernent ce que les élèves ont trouvé le plus difficile dans chaque problème qu'ils ont résolu. La Figure 25 présente ces données par problème.

Pour le problème A, 40 % des réponses des élèves (10/25) appartiennent à la catégorie *Rien*. 24 % des réponses des élèves (6/25) font référence à l'histoire du problème, 20 % aux nombres ou aux calculs (5/25) et 16 % aux mots (4/25).

Les réponses des élèves pour le problème B se répartissent ainsi : 50 % pour les mots (2/4), 25 % pour les nombres ou les calculs (1/4) et 25 % pour la catégorie *Rien* (1/4).

Pour ce qui est du problème C, 34,8 % des réponses (8/23) font référence au fait que ce sont les nombres ou les calculs qui sont le plus difficile. 30,4 % des verbalisations (7/23) se rapportent plutôt soit à la catégorie

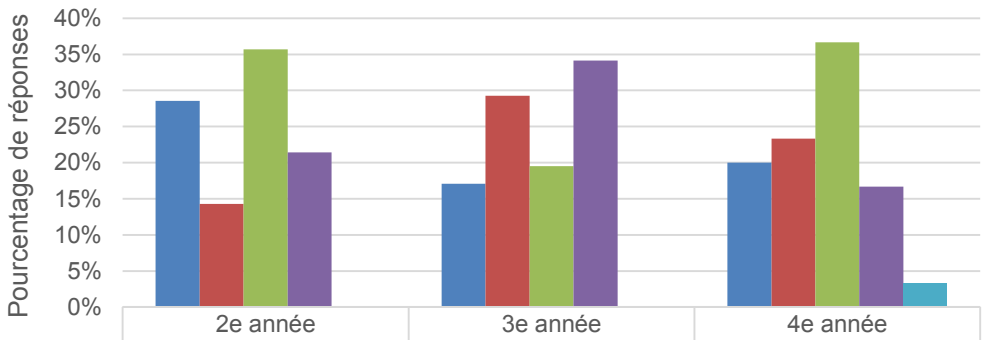
L'histoire du problème, soit à la catégorie *Rien*. En outre, 4,3 % des réponses des élèves (1/23) sont associées aux mots du problème.

Pour le problème D, 30,8 % des réponses des élèves (4/13) sont catégorisées soit dans *Les mots*, soit dans *L'histoire du problème*. De plus, 23,1 % des réponses (3/13) se rapportent à la catégorie *Les nombres ou les calculs*. 15,4 % des verbalisations des élèves (2/13) correspondent à la catégorie *Rien*.

En ce qui concerne le problème E, 35 % des réponses des élèves (7/20) font référence à l'histoire du problème, 30 % aux mots (6/20) et 20 % aux nombres ou aux calculs (4/20). De plus, 10 % des réponses des élèves correspondent à la catégorie *Rien* (2/20) et 5 % à la catégorie *Autres* (1/20).

Des élèves ont fait référence aux mots dans leurs réponses, en voici un exemple : « Brioche, Tremblay (cas 13, problème E, ligne 76). Les réponses des élèves sont parfois sans équivoque, comme celle-ci pour les calculs : « Hum, le calcul (cas 7, problème C, ligne 164) ». Un des élèves a exprimé ne pas être certain de l'opération à effectuer, ce qui est lié à l'histoire du problème : « Eh, le plus difficile, c'est que j'ai pas vraiment compris eh… Ben, faire le plus ou de moins, mais finalement, j'ai j'ai pensé que c'était moins (cas 8, problème C, lignes 94 et 95) ». Une participante a affirmé « [r]ien est difficile (cas 6, problème A, ligne 39) » lorsqu'on lui a demandé ce qu'elle avait trouvé le plus difficile.

On constate que le problème A, l'un des deux problèmes les plus simples par rapport aux structures mathématiques, est celui qui a obtenu le plus haut pourcentage de réponses pour la catégorie *Rien*, alors que le problème E, le plus difficile par rapport aux structures mathématiques, a obtenu le plus faible pourcentage pour la catégorie *Rien*. Le problème B, le problème le plus simple pour les structures mathématiques et linguistiques, a obtenu le plus haut pourcentage pour la catégorie *Les mots*. D'autre part, le problème E a obtenu le plus haut pourcentage pour la catégorie *L'histoire du problème*. Le problème C est pour sa part celui pour lequel les élèves ont le plus souvent affirmé que ce sont les nombres ou les calculs qu'ils trouvent le plus difficiles.



	2e année	3e année	4e année
Les mots	28,6%	17,1%	20,0%
Les nombres ou les calculs	14,3%	29,3%	23,3%
L'histoire du problème	35,7%	19,5%	36,7%
Rien	21,4%	34,1%	16,7%
Autres	0,0%	0,0%	3,3%

Figure 26. Les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E - Réponses par niveau scolaire.

La Figure 26 est préparée à partir des mêmes données que la Figure 25.

En 2e année, 35,7 % des élèves (5/14) ont affirmé que l'histoire du problème est ce qu'ils ont trouvé le plus difficile, 28,6 % ont parlé des mots (4/14) et 14,3 % ont mentionné les nombres et les calculs (2/14) dans leurs réponses. Du reste, 21,4 % des élèves (3/14) ont avancé ne rien avoir trouvé difficile dans les problèmes qu'ils ont résolus.

Les élèves de 3e année ont pour leur part avancé dans une proportion de 34,1 % (14/41) que rien n'était difficile dans les problèmes. Les élèves de ce niveau ont tout de même ciblé des éléments difficiles dans les problèmes : 29,3 % ont parlé des nombres ou des calculs (12/41), 19,5 % de l'histoire du problème (8/41) et 17,1 % des mots (7/41).

En 4e année, les élèves ont mentionné dans 36,7 % de leurs réponses (11/30) que c'est l'histoire du problème qu'ils trouvaient le plus difficile. De plus, 23,3 % des élèves (7/30) ont fait référence dans leurs réponses aux nombres ou aux calculs et 20 % aux mots (6/30). Il y a aussi 16,7 % des élèves (5/30) qui ont expliqué dans leurs réponses que rien n'était difficile dans les problèmes et 3,3 % des réponses (1/30) sont placées dans la catégorie *Autres*.

4.5.1. Liens entre ce que les élèves trouvent en général le plus difficile dans les problèmes et ce qu'ils ont trouvé le plus difficile pour les problèmes A à E

Les réponses des élèves présentées par niveau scolaire pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63) et celles pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) font ressortir les mêmes catégories, mais pas dans les mêmes proportions.

En effet, en 2e année, pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63), la catégorie avec le plus haut pourcentage est *Les mots*, alors que cette catégorie arrive en deuxième place pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83). La catégorie *L'histoire du problème*, celle avec le plus haut pourcentage dans la Figure 26, obtient un pourcentage 2 fois plus élevé pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) que pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63). *Les nombres ou les calculs* ont des pourcentages semblables pour les deux questions posées aux élèves (Figure 12, p.63 et Figure 26, p.83). Aucune réponse d'élève de 2e année pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63) ne fait référence à la catégorie *Rien*, pourtant, environ le cinquième des réponses des élèves de ce niveau appartiennent à cette catégorie pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83). Le tiers des éléments relevés par les élèves pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général dans les problèmes (Figure 12, p.63) appartiennent à la catégorie *Autres*, tandis qu'aucune réponse en 2e année n'appartient à cette catégorie pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83).

En 3e année, la moitié des réponses des élèves pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63) appartiennent à la catégorie *Les nombres ou les calculs*, ce qui est fait la catégorie avec le plus haut pourcentage. Pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83), un peu moins du tiers des réponses des élèves sont placées dans cette catégorie, la plaçant ainsi en deuxième position. La catégorie avec le plus haut pourcentage pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) est *Rien*. Cette catégorie représente moins de 5 % des réponses des élèves pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63). *Les mots* ont un pourcentage un peu plus élevé pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63) que le pourcentage pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83). De plus, *L'histoire du problème* a un pourcentage semblable pour les deux questions posées aux élèves (Figures 12, p.63 et Figure 26, p.83). Un faible pourcentage de réponses en 3e année est catégorisé dans *Autres* pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général (Figure 12, p.63)

et aucune réponse ne l'est pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83).

La catégorie avec le plus haut pourcentage pour les élèves de 4e année pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général dans les problèmes (Figure 12, p.63) est *Les nombres ou les calculs*, alors qu'elle est en deuxième position pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83). *L'histoire du problème* a le plus haut pourcentage pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83), mais elle occupe le deuxième rang pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général dans les problèmes (Figure 12, p.63). *Les mots* ont un pourcentage presque 2 fois plus élevé pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) que pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général dans les problèmes (Figure 12, p.63). D'autre part, le pourcentage de la catégorie *Rien* est 3 fois plus élevé pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) que pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles en général dans les problèmes (Figure 12, p.63). Pour les deux questions posées aux élèves, la catégorie *Autres* représente un faible pourcentage des réponses des élèves de 4e année (Figure 12, p.63 et Figure 26, p.83).

Ainsi, la perception qu'ont les élèves de ce qu'ils trouvent le plus difficile en résolution de problèmes en mathématiques et ce qu'ils ont effectivement nommé comme éléments difficiles dans les problèmes A à E ne vont pas tout à fait dans le même sens. À dire vrai, l'importance accordée à chaque catégorie prend probablement plus son sens pour les élèves dans le contexte d'un problème en particulier plutôt que lorsqu'ils doivent exprimer de manière générale les difficultés qu'ils rencontrent en résolution de problèmes. De plus, c'est beaucoup plus naturel de faire référence à un problème que les participants viennent de résoudre que de faire appel à leur capacité métacognitive pour faire ressortir les difficultés qu'ils rencontrent le plus souvent quand ils résolvent des problèmes.

4.5.2. Liens entre les réponses des élèves aux problèmes et les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E

En mettant en relation les pourcentages de réponses pour les problèmes A à E qui appartiennent à la catégorie *Rien* pour les éléments que les élèves trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) et les pourcentages de réponses incorrectes pour les problèmes A à E (Figure 21, p.75), on constate que les élèves ont bien souvent donné des réponses incorrectes mêmes s'ils ont affirmé ne rien trouver difficile dans les 5 problèmes. Ce constat permet de penser que certains élèves évaluent mal le niveau de difficulté d'un problème, donc ils ne sont pas en mesure de comprendre qu'ils n'ont pas bien compris comment résoudre correctement le problème.

Les données sont d'autant plus évocatrices lorsqu'elles sont divisées par niveau scolaire. En effet, en 2e année, environ le cinquième des verbalisations des élèves pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) sont placées dans la catégorie *Rien*, et ce, même si seulement le quart de leurs réponses aux problèmes sont correctes (Figure 22, p.76). En 3e année, la catégorie *Rien* représente environ le tiers des propos des élèves pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83), tandis qu'un peu moins de la moitié des réponses des élèves aux problèmes sont incorrectes (Figure 22, p.76). La catégorie *Rien* constitue moins du cinquième des affirmations des élèves de 4e année pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (Figure 26, p.83) et environ le tiers des réponses des élèves de ce niveau aux problèmes sont incorrectes (Figure 22, p.76).

4.6. Les 3 profils identifiés d'élèves allophones en résolution de problèmes

Comme mentionné au début de ce chapitre, il y a 3 profils de solutionneurs de problèmes qui ressortent de nos données :

- L'élève qui n'hésite pas et qui donne des réponses incorrectes (profil 1) ;
- L'élève qui hésite et qui donne des réponses correctes (profil 2) ;
- L'élève qui hésite et qui donne des réponses parfois correctes, parfois incorrectes (profil 3).

Sur les 16 participants à notre recherche, qui, rappelons-le, ont fait au moins une erreur en complétant les questionnaires de problèmes en classe, 15 se répartissent entre les 3 profils : 5 élèves pour le profil 1, 4 élèves pour le profil 2 et 6 élèves pour le profil 3. Il est à noter que les cas ont prioritairement le profil dans lequel ils sont classés, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une tendance pour ces participants et non d'un absolu, car chaque cas a ses particularités. De plus, l'un des participants a souvent donné des réponses hors contexte ou difficiles à interpréter, c'est pourquoi il nous est impossible de le placer dans l'un des 3 profils. Chaque profil est présenté séparément. Pour les 2 premiers profils, nous présentons un participant qui est le cas le plus représentatif. Pour bien comprendre ce qu'implique le troisième profil, nous avons recours à 2 cas. Les verbalisations des élèves n'ont pas été corrigées, c'est-à-dire qu'elles ont été transcrites telles que les élèves les ont formulées, avec des erreurs, afin qu'elles soient le plus authentiques possible.

4.6.1. Profil 1 - L'élève qui n'hésite pas et qui donne des réponses incorrectes

Le cas 10 a été choisi pour représenter le profil 1. Ce cas est une élève allophone de 3e année qui est scolarisée en français depuis 4 ans et qui a l'arabe comme langue maternelle. Elle a d'abord répondu aux 6 questions d'ordre général concernant la résolution de problèmes en mathématiques. Cette élève a décrit ainsi les étapes importantes de la résolution d'un problème mathématique : « Je commence par lire eh hum le le problème

mathématique. Hum, j'essaye de comprendre, et quand j'ai compris, je commence à écrire (lignes 11 et 12). » Quand elle ne comprend pas un mot dans un problème, elle va « l'dire à madame à [l]a maîtresse (ligne 14). » Pour savoir quelle opération elle doit faire, elle porte une attention particulière aux indices, car elle dit que « si c'est eh "de plus" eh, j'vais faire eh une addition. Et si c'est "de moins", je je fais une soustraction. […] Ou si c'est "rajoute", je fais hum un plus aussi si un c'est eh si "j'enlève" eh, ça veut dire un moins (lignes 21 et 23). » L'élève n'a pas identifié en premier lieu ce qu'elle trouve difficile dans les problèmes en mathématiques : « Eh, c'est quand eh… Mais en fait, je trouve rien qui est difficile parce que j'aime ça faire les mathématiques comme ça (lignes 25 et 26). » Toutefois, lorsque l'intervieweuse lui a demandé si elle trouve certains éléments spécifiques difficiles, l'élève a reconnu que les mots, les calculs et que l'histoire du problème peuvent être difficiles (lignes 28, 32 et 34). Puis, l'élève a donné quelques caractéristiques d'un problème difficile : « Eh, c'est comme eh hum, ben on a jamais fait ça, mais c'est comme une un chiffre eh très grand dans les milles comme ça et je fais fois, ç'a jamais arrivé. On fait jamais ça, mais c'est, c'est trop difficile pour moi (lignes 36 et 37). » D'autre part, pour cette élève (cas 10), un problème facile « ressemble comme eh eh quatorze fois deux ou comme ça. […] Un plus deux. (lignes 39 et 41) » En bref, les réponses de la participante aux questions d'ordre général donnent un aperçu de son profil de solutionneur, à savoir qu'elle n'hésite pas en donnant ses réponses, alors que ses verbalisations lors de la résolution des problèmes permettent de la placer avec plus d'assurance dans le profil 1.

Par la suite, l'élève a pris 55 secondes pour lire le problème A en murmurant. Elle a raconté dans ses mots ce qui se passe dans ce problème : « C'est eh, ma mère et ma sœur sont parties à l'épicerie. Ils ont acheté eh 17 bananes. Et quand ils ont arrivé à la maison, ils ont donné eh 6 bananes eh à à mon père (lignes 47 et 48). » L'histoire est correcte, c'est-à-dire qu'elle relate les éléments importants du problème en établissant les liens qui unissent mathématiquement les données. Les mots « donner à mon père (ligne 52) » ont aidé l'élève à choisir l'opération à effectuer. Elle a effectué 17 - 6 = 11 en quelques secondes. Il s'agit du calcul et de la réponse attendus. À la question « Qu'est-ce que tu as trouvé le plus difficile pour ce problème ? », l'élève a répondu « Hum, j'ai rien trouvé difficile et j'ai aimé ça (ligne 61). » Lorsque l'intervieweuse lui a demandé si des éléments spécifiques du problème lui semblent difficiles, elle a néanmoins affirmé que l'histoire du problème est un peu difficile (ligne 69). C'est le seul problème que le cas 10 a réussi.

Cette élève (cas 10) a ensuite lu le problème C étant donné qu'elle a réussi la résolution du problème A. Lire le problème C ne lui a pris que 13 secondes. L'élève a raconté correctement dans ses mots l'histoire du problème : « Eh, Émilie, elle a 21 crayons. Elle a 6 de plus que que Stéphanie (ligne 75). » Les mots « de plus (ligne 79) » ont aidé l'élève à savoir quelle opération effectuer pour résoudre le problème. Ici, elle se fie à l'indice pour choisir l'opération à effectuer. L'élève a effectué son calcul (21 + 6 = 27) en moins de 20 secondes. Elle n'a ciblé aucun élément qui rend difficile la résolution du problème C, même avec les questions de l'intervieweuse concernant

des éléments en particulier. En effet, elle a dit « Encore rien (ligne 87) » comme réponse à la question « Qu'est-ce que tu as trouvé le plus difficile dans ce problème ? »

Puisqu'elle n'a pas fait le bon choix d'opération pour le problème C, l'intervieweuse lui a donné le problème D à résoudre. L'élève a lu le problème en 16 secondes et a raconté dans ses mots l'histoire du problème, avec les liens mathématiques adéquats entre les données. Puis, elle a anticipé la question concernant les mots qui l'ont aidée à choisir l'opération que l'intervieweuse lui poserait, alors elle a donné sa réponse à la suite de l'histoire : « Eh, Marie, a l'a 14 bracelets. Et hum, elle en a 8 de plus, de moins que Julie. Alors eh, le mot que que pour dire que c'est une soustraction ou une addition, c'est "de moins" (lignes 102 et 103). » La participante a fait son calcul (14 - 8 = 06) en 16 secondes ; 6 n'est pas la réponse attendue, l'addition est l'opération adéquate pour résoudre le problème D. L'élève a d'abord affirmé ne rien trouver difficile dans le problème D, mais elle s'est rétractée : « Eh, rien. Mais là, ça, j'ai compté sur mes doigts, alors eh, j'ai trouvé un peu ça difficile (ligne 108). »

Les verbalisations au sujet de ce qui lui permet de savoir quelle opération effectuer, se fier aux indices, et les éléments sur lesquels elle s'est effectivement basée pour choisir l'opération pour les problèmes A, C et D sont tout à fait cohérents. Le choix de cette stratégie peut fort probablement expliquer les réponses incorrectes aux problèmes C et D, étant donné que les indices sont incohérents par rapport à l'opération à effectuer pour les résoudre correctement. Pour le problème A, la participante a associé l'indice « donner » à l'opération adéquate, la soustraction, ce qui explique pourquoi elle a obtenu la réponse correcte. Ainsi, l'élève ne semble baser son raisonnement que sur les indices, sans les mettre dans le contexte particulier de chacun des problèmes présentés.

D'autre part, l'élève n'hésitait pas en répondant aux questions de l'intervieweuse, elle donnait rapidement ses réponses et faisait ses calculs en quelques secondes. En outre, le fait que l'élève ait raconté dans ses mots l'histoire de chaque problème, et que ces histoires respectaient ce qui lie mathématiquement les données les unes aux autres, montre que pour cette élève, la capacité à raconter correctement dans ses mots l'histoire d'un problème n'est pas prédicteur de la réussite dans la résolution de ce problème. Du reste, la participante n'affirmait pas spontanément que les problèmes sont difficiles, alors elle ne semble pas consciente des difficultés qu'il est possible de rencontrer dans la résolution de problèmes ni de ses erreurs.

4.6.2. Profil 2 - L'élève qui hésite et qui donne des réponses correctes

Le cas 8 est typique du profil 2. Il s'agit d'une élève allophone de 3e année scolarisée en français depuis 4 ans qui a l'espagnol comme langue maternelle. Cette élève a commencé l'entretien en répondant aux 6 questions d'ordre général de l'intervieweuse. Quand elle a à résoudre un problème mathématique, elle procède ainsi : « Ben par, ben par, ben par, j'écris parfois. J'écris eh, combien eh de tatata. Pis après je, pis après je fais mes

autres. Pis après, je fais mes mes calculs. Je commence toujours par les unités pis après les dizaines pis les centaines (lignes 7 à 9). » Ensuite, l'élève a décrit ce qu'elle fait quand il y a un mot qu'elle ne comprend pas dans un problème : « Des fois, je lève la main. Sinon, ben, je je lève la main pis je dis à madame [Julie] que j'comprends pas pis elle me l'explique. Pis des fois, eh, je lève pas la main pis je continue. […] Hum… Eh, je passe à froid pis je fais les autres, les autres calculs. Pis en dernier, je laisse lui, pis après, pis après, ben si, ben dans ma tête je vois si je comprends pas pis après je lève la main (lignes 11, 12, 14 à 16). » Ainsi, l'élève demande parfois l'aide de l'enseignante pour comprendre le mot et dans d'autres cas, elle saute le mot, fait les autres problèmes et revient au mot difficile. De plus, elle sait quelle est l'opération à effectuer « Ben parce que y'a genre deux. Y disent "en tout", combien y'en a en tout. Pis après combien ben… Ben, parfois ils disent combien en tout, ça [lui] donne qu'[elle] doi[t] calculer les deux pour voir combien ça donne (lignes 19 à 21). » La participante semble donc chercher des indices pour le choix de l'opération. Ce que l'élève trouve le plus difficile dans les problèmes mathématiques, ce sont « [p]arfois les moins et fois (ligne 23) » en faisant référence aux opérations. Avec les propositions d'éléments difficiles sous forme de questions de l'intervieweuse, l'élève a ajouté que les mots peuvent être difficiles et que l'histoire du problème peut parfois être difficile (lignes 24, 25, 29 à 32). Par la suite, l'élève a décrit un problème difficile : « Ben, des fois, j'comprends pas parce que des fois ça dit que trouver, trouver le résultat, mais j'comprends pas si faire des moins ou des plus (lignes 34 et 35). » La difficulté relevée par l'élève dans sa description relève donc de la compréhension de l'histoire du problème qui permet de choisir le calcul à réaliser pour résoudre le problème. Pour le cas 8, un problème facile ressemble à « faire eh mettons 10 + 10 ou 2 + 2 comme ça (ligne 37). » On comprend donc que pour cette élève, un problème facile comporte des calculs faciles.

La participante a lu le problème A dans sa tête en 44 secondes. Elle a utilisé son doigt pour suivre le texte. Elle a raconté dans ses mots l'histoire du problème : « Ben la mère de, ben ma mère […] Eh dit qu'elle a acheté des bananes, elle elle te fait choisir des bananes pis elle parlait avec la fille. Pis là, y'ont décidé acheter des bananes. Pis après ça, a dit hum y'ont donné six à son père. Ben, le père. Pis après, eh eh, ça dit "combien de bananes ta mère a- t-elle maintenant qu'elle lui en a donné ?" (lignes 47, 49 à 52) » L'histoire de l'élève est correcte, même si elle n'a pas nommé le nombre de bananes achetées, car on voit tout de même les liens entre les données du problème, c'est-à-dire qu'en en donnant 6 au père, on doit les enlever du nombre total. Le fait qu'elle ait relu la question du problème ne met pas en doute sa compréhension de la structure du problème, cela semble plutôt dû à un souci de précision. La participante a identifié plusieurs éléments qui l'ont aidée à savoir quoi faire pour résoudre le problème : « Eh, combien de eh, maintenant qu'elle lui a donné. Combien elle en a eh maintenant (ligne 57). » Tous ces éléments se rapportent à la question à la fin du problème. La participante a écrit son nom et a résolu le problème A en 51 secondes. Elle a compté dans sa tête (17 - 6 = 11) en murmurant des nombres. Elle a donné la réponse correcte. L'élève n'a rien trouvé difficile pour ce premier problème, même avec les propositions de difficultés de l'intervieweuse.

Étant donné que l'élève a réussi la résolution du problème A, l'intervieweuse lui a donné le problème C à résoudre. Elle a écrit son nom et a lu le problème dans sa tête en 16 secondes. L'histoire racontée par la participante pour le problème C est incorrecte : « Ben, Émilie a 21 crayons. Elle en donne 10 à Stéphanie. Pis là, y disent "combien de crayons Stéphanie a-t-elle ?" (lignes 80 et 81) » En plus de ne pas avoir nommé la deuxième donnée correctement (10 au lieu de 6), l'élève n'a pas lié correctement les données du point de vue mathématique. Elle a encore une fois relu la question à la fin du problème. La participante a mentionné quelques éléments qui l'ont guidée pour le choix de l'opération : « combien de crayons pis Stéphanie a-t-elle ? Ça dit, en tout, combien combien elle en a (lignes 84 et 85). » Ces éléments se rapportent à la question à la fin du problème. Quand est venu le temps de résoudre le problème, l'élève a hésité pour le choix de l'opération : « Eh, un moins ? Eh là, un plus. […] Non, finalement, c'est un moins (lignes 87 et 89). » Elle a ensuite fait le calcul correct (21 - 6 = 14) en 37 secondes. C'est le choix de l'opération que l'élève a trouvé le plus difficile pour le problème C : « Eh, le plus difficile, c'est que j'ai pas vraiment compris eh… Ben, faire le plus ou de moins, mais finalement, j'ai j'ai pensé que c'était moins (lignes 94 et 95). » Grâce aux questions de la chercheure, l'élève a ajouté que le calcul est « moyen » difficile (lignes 98 et 99).

Le dernier problème présenté à cette élève (cas 8) est le E puisque l'élève a réussi la résolution du problème C. Elle a lu le problème dans sa tête en 41 secondes, puis elle en a tenté d'en raconter l'histoire dans ses mots : « Ça dit que Carole veut préparer des biscuits pour ben pour eh la classe de madame Sylvie. Après, a donne eh… Si elle en a mangé 8 biscuits qui restent, combien lui restera-t-il ? Au départ (lignes 110 et 111). » La partie de l'histoire racontée est correcte, bien qu'elle ne contienne aucune donnée importante. L'histoire demeure incomplète. L'élève a ensuite relu la question sans sembler comprendre comment elle est liée au reste de l'histoire. La participante a ciblé quelques éléments qui l'ont aidée à déterminer qu'elle doit faire une soustraction : « Hum. Eh, Carole avait avant comme "Carole", "au départ", "préparés". Ça m'donne ben faire des moins parce que elle en a mangé 8. Pis au départ, elle en avait 17 (lignes 114 et 115). » La participante a fait son calcul pour le problème E (17 - 6 = 11) en 17 secondes. Sa réponse est incorrecte, car elle n'a pas choisi l'opération adéquate. L'élève a affirmé que de savoir quel calcul faire est ce qu'elle a trouvé le plus difficile pour ce problème : « Ben comme là au départ, je savais pas comment faire le calcul. Pis là, j'ai vu qu'y'en avait 17 pis que j'devais faire un moins. Eh, je m'suis trompée (lignes 126 et 127). » En répondant à la question, la participante a pris conscience d'une erreur dans son calcul, « [c'] était 18, pas 6 (ligne 129) », c'est pourquoi elle a refait son calcul en 12 secondes. L'élève a continué à réfléchir après avoir terminé son calcul, elle a relu le problème dans sa tête et a changé son calcul pour une addition. Elle a spécifié ne pas être certaine de son calcul : « En vrai, chu pas trop sûre, mais au moins j'essaye (ligne 135). » Elle a refait son calcul (17 + 8 = 25) en 21 secondes. L'intervieweuse lui a demandé si elle trouvait encore difficile de choisir l'opération, elle a répondu que c'était le cas (ligne 137 et 138). D'autre part, la participante a expliqué pourquoi le mot « départ » est difficile dans le contexte du problème E : « Hum, ici, ben le départ, y'en avait déjà, mais j'ai pas ben ça

explique pas c'est ben j'pense que ça explique pas bien parce que on savait tous qu'y avait 17 (lignes 142 et 143). » Ces explications montrent que la participante éprouve quelques difficultés à expliquer sa compréhension de la structure du problème. En fait, l'indice « au départ » semble avoir mis l'élève sur la mauvaise piste pour le choix de l'opération. L'hésitation pour le choix de l'opération post-calcul est plus rare chez les élèves de notre recherche que l'hésitation pré-calcul. L'élève a également trouvé le calcul difficile (lignes 150 à 152). Enfin, un élément qui ressort de l'analyse de ce problème est que même si l'élève a eu de la difficulté à raconter l'histoire du problème dans ses mots, cela ne l'a pas empêchée de bien comprendre la relation entre les données du problème et donc de se rendre compte que sa première réponse était incorrecte.

En résumé, cette élève (cas 8) n'a donné que des réponses correctes aux 3 problèmes résolus, et ce, même si cette élève a hésité pour le choix de l'opération pour les problèmes C et E. Dans le cas du problème E, elle a finalement choisi le calcul correct, ce qui laisse penser que l'élève a en fin de compte correctement compris la structure du problème. Pour les élèves qui appartiennent à ce profil, l'hésitation ne semble pas liée à un manque de compréhension, mais plutôt aux différentes interrogations que les élèves ont durant la construction du modèle du problème. Le traitement des données du problème est exigeant du point de vue cognitif, l'hésitation n'est dans le cas des élèves du profil 2 qu'un symptôme de cette exigence. En effet, les élèves de ce profil peuvent se fier dans un premier temps aux indices, puis en réfléchissant plus longuement, ils se rendent compte qu'ils doivent plutôt analyser le problème dans son ensemble.

4.6.3. Profil 3 - L'élève qui hésite et qui donne des réponses parfois correctes, parfois incorrectes

4.6.3.1. Le cas 7

Le premier cas qui représente bien ce profil est le 7. Il s'agit d'une élève allophone de 3e année scolarisée en français depuis 4 ans qui a l'espagnol comme langue maternelle. Elle a débuté l'entretien par décrire les étapes importantes dans la résolution d'un problème mathématique : « Hum, [je commence] par lire. […] Eh, après, je souligne. […] Les choses importantes. […] [Après avoir souligné les mots], je, je fais des dessins pour eh, pour eh la réponse. […] Eh, je, maintenant, j'ai trouvé la réponse, après j'ai écrit (lignes 18, 20, 22, 28 et 32). » Lorsqu'elle ne comprend pas un mot dans un problème, elle « di[t] à les profs. […] Hum, ou je vois dans le dictionnaire (lignes 38 et 40). » L'élève a eu bien de la difficulté à identifier des éléments qui l'aident à savoir quelle opération effectuer pour résoudre un problème. L'intervieweuse a dû lui donner des exemples qui mettent en contexte des mots souvent interprétés comme des indices pour obtenir des verbalisations de l'élève à ce sujet, par exemple : « Marie a 9 pommes de moins que que Julie, est-ce que est-ce que le y'aurait des mots dans la phrase qui qui seraient un indice pour savoir si c'est un plus ou un moins (lignes 64 à 66) ? » L'élève a répondu que le mot « Moins (ligne 67) » est un indice et qu'elle pourrait faire une addition ou une soustraction pour résoudre le problème (lignes 68 et 69). Sans lui suggérer des éléments qui pourraient être difficiles dans

des problèmes, elle ne sait pas quoi donner comme réponse (ligne 71). Avec les suggestions de l'intervieweuse, elle a identifié les mots comme éléments possiblement difficiles dans les problèmes mathématiques (ligne 73). Faire éliciter à l'élève les caractéristiques d'un problème difficile a également été laborieux puisque l'élève a d'abord répondu « Je sais pas trop (ligne 83). » En posant 2 autres questions à la participante, cette dernière a catégorisé un problème avec beaucoup de lignes à lire comme étant difficile (ligne 86) et un problème avec plusieurs calculs comme étant « moyen » difficile (ligne 89). L'élève n'a su donner d'autres éléments de réponse que l'adjectif « Facile (ligne 93) » pour caractériser un problème facile. Le fait que l'élève semble plus ou moins portée à se fier aux indices pour choisir l'opération est significatif pour la suite de l'entretien, car c'est vraisemblablement lié à son hésitation dans la résolution de problèmes.

Puis, l'élève a lu le problème A dans sa tête pendant 50 secondes. Elle a ensuite raconté dans ses mots l'histoire du problème : « Hum, eh. La mère achète avec sa fille des bananes. Y'a acheté 17. Y donne eh 6 à à le père. Et eh après hum, y eh, je m'en rappelle pu (lignes 100 et 101). » La structure mathématique de l'histoire qu'elle a racontée est correcte, même si elle n'a pas mentionné la question. L'élève a relu le problème durant près de 40 secondes avant de répondre à la question concernant l'identification d'un élément qui l'aide à savoir quelle opération effectuer : « Ouin, parce que hum… eh quand j'ai attendu alors quand hum y'a donné 6 eh bananes, alors eh ça fait des moins (lignes 110 et 111). » C'est la première hésitation de la participante pour une question au sujet d'un problème. La question de la chercheure a manifestement provoqué une réflexion chez l'élève, d'où son hésitation. Pour s'assurer d'avoir bien compris la réponse de la participante, l'intervieweuse lui a demandé si on pouvait dire que le verbe « donner » est un indice (ligne 112), ce à quoi l'élève a répondu « Oui (ligne 113). » L'élève a fait l'équivalent de 17 - 6 = 11 en faisant 17 barres et en biffant 6. Elle a dit à voix haute sa réponse, « Onze (ligne 122) », sans l'avoir écrite. C'est la réponse correcte. L'élève n'a rien trouvé difficile dans le problème A (ligne 127), que ce soit les mots, les nombres, le calcul ou l'histoire du problème (lignes 128 à 135). À cause de son hésitation, on aurait pu penser qu'elle identifierait un ou des éléments difficiles dans le problème.

Cette élève (cas 7) a lu le problème C en 13 secondes, puis a expliqué dans ses mots l'histoire du problème : « Émilie a 21 eh crayons. Et elle a 6 crayons de plus que Stéphanie (ligne 142). » La participante a identifié le mot « plus » comme un élément qui l'aide à comprendre si elle doit faire une addition ou une soustraction (lignes 145 à 147). L'intervieweuse a demandé à la participante ce qu'elle pense faire comme calcul, cette dernière a répondu « Hum, je sais pas. […] Le même calcul que j'ai faite en A (lignes 149 et 151). » L'élève semble donc hésiter pour le choix de l'opération. Pour faire son calcul, l'élève a dessiné 21 barres alignées et 6 autres barres, elles aussi alignées, mais plus bas. Elle a dénombré les barres des 2 lignes et a donné sa réponse à voix haute : « Vingt-sept (ligne 156). » L'intervieweuse a validé auprès de l'élève le calcul qu'elle a fait en dessins. La chercheure a demandé à l'élève de faire 21 + 6 (à la verticale), pour voir si l'élève serait à l'aise avec l'algorithme

conventionnel d'addition. L'élève a fait le calcul sans difficulté. La réponse de l'élève est néanmoins incorrecte, car elle n'a pas choisi l'opération adéquate. D'autre part, le calcul est ce que l'élève a trouvé le plus difficile (ligne 164) pour le problème C : « Hum, le calcul. […] Eh, je je me rappelle plus des plans, alors eh j'ai fait comme eh ça (lignes 164 et 166). »

N'ayant pas réussi la résolution du problème C, l'élève a eu à faire le D. Elle a lu le problème D en 12 secondes, puis l'a raconté dans ses mots : « Hum, Marie a 14 bracelets. Elle a 8 bracelets de moins de Julie (ligne 181). » L'élève a identifié un mot qui l'aide à savoir quelle opération elle va faire : « Eh oui, le moins (ligne 186). » Ensuite, la participante a essayé de faire son calcul avec l'algorithme conventionnel de soustraction, mais elle n'y arrivait pas, alors elle a opté pour les petites barres encore une fois. Elle en a dessiné 14, elle en a biffé 8 et elle a écrit sa réponse en dessous de l'algorithme conventionnel. La participante a trouvé que c'est le calcul qui est le plus difficile dans ce problème (lignes 199 et 200). La chercheure lui a demandé si faire un dessin rendait plus facile le calcul (ligne 200), ce à quoi elle a répondu « Oui (ligne 204). »

Même si l'élève n'a pas choisi l'opération adéquate pour le problème D, elle a fait le problème E, car il restait du temps à l'entretien. Plutôt que de raconter dans ses mots l'histoire du problème, l'élève l'a relu : « Eh, Carolanne eh prépare eh des gâteaux pour les élèves de son école. Ainsi, elle décide de leur cous cuisiner des de délicieux biscuits au chocolat. Carolanne donne 17 biscuits aux élèves de la classe de madame Sylvie. Les élèves sont très contents de son gâteau. Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits au chocolat Carolanne avait-elle préparés ? Au départ (lignes 222 à 225). » La chercheure a essayé de poser la question autrement en lui demandant ce qu'elle a compris en gros du problème, la participante n'a fait référence qu'aux quantités de biscuits : « Hum eh, 8 biscuits. […] Et 17 biscuits (lignes 227 et 229). » D'autre part, l'élève n'a identifié aucun mot qui l'aide à comprendre si elle doit faire une addition ou une soustraction (lignes 230 et 231). L'élève a longuement hésité pour le choix du calcul à faire : « Hum, je sais pas. […] Hum, je sais pas trop bien lequel. […] J'sais pas, j'ai pas trouvé (lignes 233, 235 et 241). » L'intervieweuse lui a rappelé qu'elle a 2 choix de calculs (17 + 8 ou 17 - 8), dépendant de la manière dont elle comprend le problème (ligne 246). L'élève a écrit l'algorithme conventionnel pour effectuer l'addition (17 + 8 = 25), mais elle s'est aidée des petites barres, comme pour les autres problèmes. Elle a dessiné 17 barres sur la même ligne et 8 barres sur une autre ligne plus bas. Elle a écrit sa réponse, 25, en dessous de l'algorithme conventionnel. La participante a trouvé le calcul particulièrement difficile pour le problème : « Eh, le calcul, parce que j'ai pas trouvé c'est quel calcul, alors j'ai essayé le plus (ligne 249). » Concernant l'histoire du problème, l'élève a reconnu l'avoir plus ou moins bien comprise (lignes 262 à 265). Pour valider que la participante a choisi l'opération au hasard, l'intervieweuse lui a posé cette question : « est-ce que le moins, ça aurait pu fonctionner aussi d'après toi (ligne 267) ? » L'élève a répondu par l'affirmative (ligne 268), ce qui peut expliquer son hésitation pour le choix du calcul.

En résumé, l'élève (cas 7) a hésité en donnant ses réponses aux questions d'ordre général de même qu'en choisissant le calcul à effectuer pour 3 des 4 problèmes résolus, à savoir les problèmes A, C et E. Cette observation est l'une des raisons pour laquelle cette élève est choisie pour représenter les élèves du profil 3. De plus, elle a donné 2 réponses correctes et 2 réponses incorrectes. Sachant que la réponse correcte pour le problème E relève plus de probabilités que d'un raisonnement mathématique, l'élève donne ainsi des réponses parfois correctes, parfois incorrectes, ce qui est l'une des 2 caractéristiques du profil 3. On remarque que le type de problème ne semble pas avoir d'impact sur l'hésitation et sur la réponse donnée. En effet, la participante a hésité pour 2 problèmes de type « changement » (les A et E) et pour un problème de type « comparaison » (le C). Ses réponses incorrectes ont été données pour les 2 problèmes de type « comparaison » (les C et D). D'autre part, pour 3 des 4 problèmes, l'élève a affirmé que c'est le calcul qu'elle trouvait le plus difficile. Or, avec les verbalisations de l'élève pour le problème E, nous notons qu'elle associe le calcul au choix de l'opération à faire. Cette observation permet de mieux comprendre la cause des hésitations de l'élève.

4.6.3.2. Le cas 15

Le cas 15 représente bien lui aussi le profil 3. Il s'agit d'un élève allophone de 4e année scolarisé en français depuis 5 ans qui a le népalais comme langue maternelle. Cet élève réalise les étapes suivantes quand il a à résoudre un problème mathématique : « Lire le texte. […] Je concentre qu'est-ce que je veux viser. Qu'est-ce que je cherche ? Qu'est-ce que je fais ? […] Je fais mes additions, mes choses que j'ai besoin pour faire. […] J'écris mes mes réponses (lignes 22, 24, 26 et 28). » Lorsqu'il ne comprend pas un mot dans un problème, il « lève [s]a main pour demander à Madame [Annie] […] Elle, elle me répond des fois. Des fois, elle dit d'aller dans le chercher dans le dictionnaire pour trouver (lignes 33 et 35). » Pour savoir quelle opération il doit faire, il cherche des indices : « Dans le texte, des fois c'est écrit "fois", des fois des mots importants pour savoir ce qu'on doit faire (lignes 41 et 42). » Cette réponse est importante pour l'analyse des verbalisations du cas 15 lorsqu'il identifie les éléments qui l'aident à savoir quelle opération il doit faire pour résoudre les problèmes qui lui sont présentés. D'autre part, le participant n'a pas donné d'éléments de réponse par lui-même concernant ce qu'il trouve le plus difficile dans les problèmes en mathématiques, car il a demandé des exemples à la chercheure en disant « Comme quoi ? (ligne 45) » Avec les exemples présentés sous forme de questions, l'élève a identifié les calculs et l'histoire du problème comme éléments possiblement difficiles (lignes 51, 52, 56 et 57). Par la suite, le cas 15 a décrit un problème difficile : « Quand je fais les calculs et les divisions parce que des fois, je sais pas qu'est-ce qu'est-ce qu'on doit faire (lignes 64 et 65). » En répondant à deux questions de l'intervieweuse, l'élève a complété sa définition en ajoutant qu'un problème difficile est long à lire et qu'il peut comporter plusieurs étapes (lignes 66 à 70). Un problème facile a la définition suivante selon le cas 15 : « Faire des plus, des trucs. […] Des fois aussi. […] Mais pas des divisions, des fois, je comprends pas (lignes 72, 74 et 76). » On comprend donc que ce sont les calculs qui posent généralement problème au cas 15.

Ensuite, l'élève a lu à voix haute le problème A en 36 secondes (lignes 86 à 89). Après sa lecture, il a spontanément affirmé « Je dois faire un moins (ligne 91). », puis il a raconté dans ses mots l'histoire du problème : « Que Simone, Simon et Émilie sont allés acheter des beignes au magasin de jujubes. 15. Et puisque sa sœur est gourmande, elle a donné 8. À la fin, il me demande combien va-t-elle rester de jujubes à Émilie (lignes 95 à 97). » Globalement, l'histoire est correcte, même si l'élève a modifié la question à la fin du problème, car le sens de la nouvelle formulation est proche de l'originale. Les éléments qui ont aidé l'élève à comprendre ce qu'il doit faire pour résoudre le problème sont les suivants : « 15, elle n'a donné 8, elle n'avait 15, elle n'a donné 8 (ligne 100). » Le participant a fait son calcul (15 - 8 = 7) avec l'algorithme conventionnel et en comptant sur ses doigts en 12 secondes. Ce qu'il a trouvé le plus difficile dans le problème A est « De comprendre que elle donnait 8 jujubes et combien il en restait (ligne 112). » Cette difficulté laisse présager ce qui se passera dans le reste de l'entretien.

Puisqu'il a donné la réponse correcte pour le problème A, la chercheure lui a donné le problème C. Il l'a lu à voix haute en 9 secondes (lignes 128 et 129). Il a raconté dans ses mots l'histoire du problème ainsi : « Que Émilie en a plus que Stéphanie. Et Stéphanie en a… Émilie en a 6 de plus que Stéphanie. Il demande : Combien de crayons a-t-elle, Stéphanie ? (lignes 131 et 132) » On remarque une certaine hésitation dans cette histoire, car l'élève essaie de dire le nombre de crayons qu'a Stéphanie en faisant la relation inverse entre le nombre de crayons d'Émilie et celui de Stéphanie, mais il n'y arrive pas. Le participant a répété les 2 premières phrases du problème pour référer à des éléments qui l'aident à choisir l'opération à effectuer : « Émilie a 21 crayons. Elle 6 crayons de plus que Stéphanie (ligne 137). » Il a hésité pour le choix de l'opération, comme le montre cette question qu'il a posée à l'intervieweuse : « Est-ce qu'on doit faire un plus, on doit faire un plus ça aussi ? […] On doit faire un plus aussi ça aussi ? (lignes 143 et 145) » L'élève a récidivé après avoir commencé son calcul en demandant à la chercheure « Est-ce qu'on doit faire 21 + 6 ? (ligne 151) » Sans surprise, l'élève a trouvé particulièrement difficile « De comprendre qu'est-ce qu'on doit faire. […] Parce que ça me mélangeait avec 21 et 6 avec Émilie et combien en a Stéphanie. Ça mélangeait un petit peu (lignes 155 et 157). »

Étant donné que l'élève (cas 15) n'a pas donné la réponse attendue au problème C, il a dû résoudre le D. Le participant a lu ce problème à voix haute (lignes 174 et 175) et en a expliqué l'histoire dans ses mots : « Marie, elle en a 14 et son amie Julie, elle n'a 8 de moins que Marie. […] C'est Marie qui a moins de moins de 8 que Julie (lignes 177 et 179). » Encore une fois, le participant a hésité en racontant l'histoire du problème, il semblait mélangé dans les relations mathématiques entre les données. Il a plus ou moins relu les 2 premières phrases du problème pour identifier les éléments qui l'aident à comprendre ce qu'il doit faire : « Marie avait 14 bracelets. Elle a 8 bracelets de moins que Julie (ligne 188). » Le calcul que le participant a fait en 15 secondes (14 - 8 = 6) n'est pas celui attendu, il a fait une soustraction plutôt qu'une addition. L'élève a répondu être « [u]n gros mélangé avec le 14 et le 8 (ligne 197) » quand la chercheure lui a demandé ce qu'il a trouvé le plus difficile dans

ce problème. Pour s'assurer de bien comprendre sa réponse, elle lui a posé ces questions, auxquelles le participant a réponse par l'affirmative : « Tu sais que tu dois les utiliser, mais est-ce que c'est dur de savoir quoi faire ? Est-ce que je fais 14 + 8 ? 14 - 8 ? (lignes 198 et 199) » Ainsi, l'élève a confirmé son hésitation au sujet du choix de l'opération.

L'intervieweuse lui a remis le problème E puisqu'il restait suffisamment de temps à l'entretien, et ce, même s'il n'a pas donné la réponse correcte au problème D. Il a lu à voix haute le problème en 49 secondes : « Fanny prépare des des cadeaux pour ses voisins. Ainsi, elle décide de leur cuisiner cuisiner des brioches au cara cannelle. Fanny donne 10 12 à sa famille à la famille Couture. Les membres de cette famille sont très contents de ce cadeau. Fanny donne 8 autres brioches à la famille Tremblay Tremblay. Combien brio brioches à la cannelle avait-elle préparées ? (lignes 212 à 216) » L'élève a ajouté « C'est facile, il faut faire un plus (ligne 216) » avant de raconter dans ses mots l'histoire du problème : « Fanny en a donné 12 brioches à la famille Couture. Elle n'a donné encore 8 au préca d'autres brioches de à la famille de Tremblay Tremblay. Il cherche combien de brioches à la caramel avait-elle préparées au débart départ (lignes 218 à 220). » Le participant a conservé dans son histoire les éléments importants qui forment la structure mathématique du problème, donc elle est correcte. L'élève a ensuite identifié la question comme élément qui l'a aidé à choisir l'opération : « Ici là, la question (ligne 223). » Le participant a fait son calcul (12 + 8 = 20) en 45 secondes. Il a donné la réponse correcte, 20. Ce que l'élève a trouvé le plus difficile dans le problème E, ce sont « Les maths, parce qu'[il a] fait comme ça, comme un fois […] un fois avec eh 12 X 8 (lignes 235 et 237). » Le participant a également ciblé quelques mots difficiles : « Y'avait la brio, brioche. […] Tremblay et les noms de famille. […] Et Fanny aussi (lignes 242, 252 et 254). » L'intervieweuse a pris le temps de lui expliquer ce qu'est une brioche (lignes 245 et 246).

En peu de mots, cet élève (cas 15) a réussi 2 des 4 problèmes qu'il a résolus. Ceux qu'il a réussis sont de type « changement » (les A et E) et ceux pour lesquels il n'a pas donné la réponse correcte sont de type « comparaison » (les C et D). De plus, les problèmes pour lesquels le participant a hésité sont ceux qu'il n'a pas réussis (les C et D). À dire vrai, l'élève a hésité pour ces deux problèmes lorsqu'il a raconté dans ses mots l'histoire du problème de même qu'au moment de choisir l'opération à effectuer.

Ainsi, ces deux élèves (les cas 7 et 15) ont en commun leurs hésitations de même que leurs réponses parfois correctes, parfois incorrectes, d'où le fait qu'ils se trouvent tous les 2 dans le profil 3. Ce qui les distingue toutefois est l'impact du type de problème sur la réponse donnée. En effet, pour le cas 7, le type de problème influence plus ou moins la réponse obtenue. Pour le cas 15, le type de problème a des retombées sur la réponse, car l'élève a résolu les 2 problèmes de type « changement » sans difficulté, contrairement aux problèmes de type « comparaison ». Par conséquent, des élèves peuvent avoir le profil 3 comme solutionneurs de problèmes,

mais la source de leurs erreurs peut soit être le type de problème, soit l'appui manifeste sur les indices pour le choix de l'opération. Dans le deuxième cas, l'élève semble faire une lecture littérale de chacun des mots au lieu de tirer le sens global du problème.

De manière générale, on remarque pour les sujets des 3 profils que raconter correctement l'histoire du problème dans ses mots n'est pas prédicteur d'une réponse correcte, ni que raconter une histoire incorrecte ou incomplète ou même relire l'histoire n'est prédicteur d'une réponse incorrecte. D'autre part, la stratégie de se fier aux indices dans le problème semble la principale cause d'erreurs des élèves. Enfin, l'hésitation nous apparaît comme un symptôme de la réflexion des élèves pour construire un modèle du problème.

4.7. Les difficultés et les erreurs présumées selon le cadre théorique par rapport aux erreurs observées chez les participants à la recherche

4.7.1. La relation entre les taux de réponses correctes et le niveau de difficulté des problèmes du point de vue mathématique et linguistique

Les problèmes A et E sont les plus linguistiquement complexes des 5 problèmes présentés aux élèves. Néanmoins, ces 2 problèmes ont respectivement des pourcentages de réponses correctes de 75 % et de 60 %. Ainsi, même si les problèmes A et E contiennent des structures linguistiques réputées difficiles pour les élèves en apprentissage de la langue d'enseignement selon Martiniello (2008), cette caractéristique a eu peu d'impact sur les réponses des élèves interviewés. Par conséquent, la compétence en lecture des 16 élèves allophones qui participent à la recherche ne semble pas être un facteur déterminant dans leur réussite en résolution de problèmes en mathématiques. D'autre part, les problèmes C et D sont plutôt simples du point de vue linguistique, mais leur structure mathématique de type « comparaison » demeure l'une de celles qui causent le plus de difficultés aux élèves. Dans ces conditions, ces 2 problèmes ont les 2 plus faibles pourcentages de réponses correctes de l'ensemble des problèmes, soit 40 % et 22,2 %. Les difficultés que les élèves ont rencontrées dans la résolution des problèmes semblent donc avoir comme source leur compréhension des structures mathématiques.

4.7.2. Les indices

Selon Nesher et Teubal (1975), les indices peuvent porter les élèves à choisir une opération plutôt qu'une autre afin de résoudre un problème mathématique. Les indices dans les problèmes A et B orientent les élèves vers l'opération adéquate, soit une soustraction. Les indices des différentes versions du problème E rendent certains élèves ambivalents concernant le choix de l'opération. En effet, l'indice « donne » amène des élèves à choisir la soustraction, alors que l'indice « au départ » les oriente vers une addition. Les élèves ont donc dû décider quels mots sont de bons indices et lesquels sont des distracteurs, ou dans le cas du problème E, simplement

ne pas se fier à ces formulations pour choisir l'opération à effectuer pour résoudre le problème. Dans les problèmes de type « comparaison », la langue, et plus spécifiquement les indices, sont cohérents ou incohérents avec l'opération à effectuer pour résoudre le problème (Lewis et Mayer, 1987). Dans le cas des problèmes C et D, les indices sont incohérents avec l'opération adéquate. Pour le C, l'indice est « de plus que », mais l'opération adéquate pour le résoudre est une soustraction. L'indice du problème D est « de moins que », cependant on doit faire une addition pour résoudre correctement ce problème. Les problèmes qui contiennent une phrase « relationnelle », soit ceux de type « comparaison » (les problèmes C et D), sont ceux qui ont obtenu les 2 plus faibles pourcentages de réponses correctes, comme relevé dans les recherches de Briars et Larkin (1984), Kintsch et Greeno (1985) et Riley et al. (1983). Les participants à notre recherche semblent donc mieux réussir les problèmes avec un langage cohérent et quand le langage est incohérent, ils ne réarrangent pas toujours mentalement l'énoncé de la phrase « relationnelle » pour ensuite inverser l'opération arithmétique suggérée par le terme relationnel. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans la recherche de Lewis et Mayer (1987). Sachant que le processus de compréhension prédispose plus à l'erreur quand l'information doit être réarrangée, il est attendu d'obtenir de plus faibles pourcentages de réponses correctes pour les problèmes C et D que pour les problèmes A, B et E. En résumé, les difficultés que Nesher et Teubal (1975) ainsi que Lewis et Mayer (1987) ont observées chez les élèves locuteurs natifs paraissent donc les mêmes que celles rencontrées par les élèves allophones de notre recherche.

4.7.3. La construction d'un modèle cognitif qui prend en compte le contenu mathématique et linguistique

Les participants de notre recherche se sont construit des représentations pour les mathématiques et pour la compréhension en lecture pour chacun des problèmes qu'ils ont résolus. Leur demander de raconter dans leurs mots l'histoire du problème nous a permis d'avoir en partie accès à leurs représentations pour les mathématiques. Ainsi, nous avons remarqué que les élèves ont parfois mélangé les rôles des ensembles (Kintsch et Greeno, 1985), c'est-à-dire que les élèves attribuaient le sens d'un ensemble à un autre ensemble, ce qui avait un impact sur les liens entre les données mathématiques et sur le calcul choisi pour résoudre le problème. En général, les élèves qui ont fait ce type d'erreur de compréhension sans se réajuster arrivaient à une réponse incorrecte. Ces élèves n'ont apparemment pas correctement associé chaque proposition du texte aux trous à combler dans le schéma d'un ensemble pour construire le modèle du problème. D'autre part, les participants ont souvent fait référence à l'histoire du problème, c'est-à-dire à la compréhension des liens entre les données pour choisir l'opération à effectuer, pour les éléments qu'ils trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (de 19,5 % à 36,7 % selon le niveau scolaire, voir Figure 26, p.83). Ainsi, qu'ils réussissent ou non la résolution des problèmes, une partie des élèves a tout de même conscience du défi de se construire une représentation pour comprendre un problème et le résoudre.

Pour la compréhension en lecture, les élèves ont vraisemblablement traité l'information selon les trois niveaux de Kintsch et Rawson (2005). Quelques élèves ont affirmé avoir mal décodé certains mots, ce qui correspond au niveau linguistique du traitement de l'information. D'autres élèves ont hésité par rapport au sens à accorder à des propositions, notamment parce qu'il y avait des anaphores qui complexifiaient l'analyse des relations syntaxiques qui unissent les propositions. Ces anaphores sont pour la plupart des pronoms. En ce qui concerne la macrostructure, le troisième niveau, il est difficile de la dissocier de la représentation de la structure mathématique du problème puisque la construction d'un modèle mental de la situation décrite dans le texte requiert l'intégration d'information du texte à des connaissances préalables pertinentes. Par conséquent, le « modèle de la situation » (Figure 3, p.28) de Perfetti, Landi et Oakhill (2005) correspond d'après nous à la représentation de la structure mathématique du problème issue de l'interaction entre les processus de compréhension, les connaissances générales et les connaissances du système linguistique. De plus, les participants ont souvent mentionné les mots comme l'un des éléments qu'ils trouvent les plus difficiles dans les problèmes A à E (de 17,1 % à 28,6 % selon le niveau scolaire, Figure 26, p.83). On peut donc penser que la représentation des mots (voir la Figure 3, p.28) que les élèves se construisent n'est pas toujours adéquate, ce qui rend plus complexe leur identification. L'utilisation de connaissances liées à l'orthographe et au lexique semble capitale pour remédier aux difficultés de compréhension de mots en particulier.

4.7.4. Analyse des données à partir du modèle théorique d'analyse de problèmes en mathématiques

Avec les 5 problèmes présentés aux 16 élèves allophones qui participent à notre recherche, nous avons joué avec certaines composantes du modèle théorique d'analyse de problèmes en mathématiques de Daroczy et al. (2015) (Figure 2, p.25). Nous avons en effet varié 2 des 3 caractéristiques du stimulus, à savoir les facteurs numériques et les facteurs linguistiques, afin de mieux comprendre l'interaction entre ces 2 facteurs qui influencent la difficulté du problème à résoudre. Nous avons constaté que la complexification des facteurs numériques a causé plus de difficultés aux élèves allophones interviewés que la complexification des facteurs linguistiques. En effet, le problème A qui est difficile du point de vue linguistique et facile pour les mathématiques est mieux réussi que les problèmes C et D qui sont difficiles pour les mathématiques et faciles du point de vue linguistique. La résolution du problème E, qui est à la fois complexe du point de vue linguistique et mathématique, a donné un aperçu de l'interaction entre les facteurs linguistiques et numériques, confirmant du même coup nous observations avec les 4 autres problèmes. Les caractéristiques individuelles de chaque élève, et plus précisément les aptitudes individuelles ont été évaluées lorsqu'ils ont résolu les problèmes qui leur ont été présentés. Ainsi, nous sommes en mesure d'affirmer que les 16 élèves allophones de notre recherche ont généralement de bonnes aptitudes linguistiques et que leurs aptitudes numériques sont variables en fonction de la structure mathématique du problème. Les aptitudes d'ordre général ne sont pas étudiées directement dans notre recherche, nous avons néanmoins observé l'aptitude des élèves à organiser les données lues. Nous avons

également remarqué que des aptitudes individuelles de niveau comparable peuvent mener à des stratégies personnelles de résolution variées, que ce soit le calcul mental, des dessins ou le comptage sur les doigts.

En outre, les résultats de notre recherche confortent le postulat de Daroczy et al. (2015) qui avance que les problèmes avec une structure arithmétique plus complexe sont plus difficiles indépendamment de la difficulté linguistique puisque les problèmes avec les plus faibles taux de réponses correctes sont les problèmes dont la structure mathématique est difficile (problèmes C et D). Nous n'avons toutefois pas soulevé les difficultés prévues par ces auteurs concernant la charge cognitive pour les problèmes plus complexes. Cela peut s'expliquer par le fait qu'un seul problème (le E) à la fois difficile du point de vue mathématique et linguistique a été présenté aux élèves et que seulement une partie des élèves ont eu à le résoudre. Enfin, c'est grâce à l'analyse des performances individuelles des élèves en résolution de problèmes que nous avons pu présenter les 3 profils de solutionneurs qui permettent de mieux comprendre l'interaction entre les caractéristiques individuelles des élèves et les caractéristiques du stimulus (les problèmes) dans le contexte de l'apprentissage des mathématiques en langue seconde.

D'autre part, Daroczy et al. (2015) affirment que quand ni la compréhension en lecture ni les compétences arithmétiques ne peuvent expliquer l'échec de la résolution d'un problème, une explication possible est que la complexité linguistique et celle numérique dépendent de la même ressource, à savoir la mémoire de travail. Ainsi, la combinaison de multiples facteurs linguistiques et numériques peut rendre un problème plus ou moins difficile parce qu'il demande plus de ressources générales telles que la mémoire de travail. De manière générale, la performance en résolution de problèmes est liée à la capacité de réduire l'accessibilité de l'information non pertinente dans la mémoire (Passolunghi et Siegel, 2001). Daroczy et al. (2015) ajoutent que la recherche conjointe des processus linguistiques et numériques doit aussi prendre en compte les variables comme la mémoire de travail pour explorer les possibles interactions entre eux. Puisque la mémoire de travail affecte toutes les composantes de la complexité d'un problème, les difficultés soulevées peuvent ne pas être simplement additives, mais plutôt être interactives.

Si l'on se fie aux réponses des participants de notre recherche au problème E, on constate que la complexité linguistique et mathématique ne semble pas avoir causé une plus grande difficulté que celle attendue si on prend chaque composante séparément. En effet, le problème E est mieux réussi que les problèmes C et D qui ne sont difficiles que du point de vue mathématique. Ainsi, l'interaction entre les composantes qui ont un impact sur la complexité du problème n'apparait pas aussi marquée que dans les propos de Daroczy et al. (2015), ce qui permet de penser que les problèmes de notre recherche n'exercent pas une pression trop importante sur la mémoire de travail des participants.

4.7.5. La typologie des erreurs des élèves appliquée à la résolution de problèmes en mathématiques

Les erreurs observées dans les verbalisations et les traces écrites des élèves se rapportent à quatre des types répertoriés par Astolfi (2011) et par Thouin (2014). Les opérations intellectuelles impliquées dans la résolution des problèmes expliquent que les élèves n'ont pas choisi l'opération adéquate dans certains contextes, car l'abstraction est plus élevée pour un problème dont l'équation doit être transformée que si l'équation reste telle quelle pour réaliser l'opération. Les réponses données aux problèmes C et D permettent d'observer ce type d'erreur. D'autre part, le problème E a permis de tester ce qui correspond chez les élèves à une surcharge cognitive. Nous ne pensons pas que les élèves aient été en surcharge cognitive pour ce problème, néanmoins, nous avons constaté que les élèves avaient besoin de plus de temps pour résoudre ce problème, même en excluant le temps pour le lire. Donc, sans nécessairement provoquer une surcharge cognitive, le problème E entraîne chez le lecteur allophone du primaire une charge cognitive plus grande que les 4 autres problèmes présentés dans cette recherche étant donné les contraintes à la fois mathématiques et linguistiques qui le caractérisent. La complexité propre au contenu, en l'occurrence les variables mathématiques et linguistiques dans les problèmes, est certainement le type d'erreurs le plus commun dans les verbalisations des élèves. En effet, les concepts qui sous-tendent ces deux variables sont encore en construction chez les élèves de la 2e à la 4e année du primaire, particulièrement en ce qui concerne les types de problèmes. Enfin, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer que la culture familiale est la source de certaines erreurs des élèves, puisqu'aucun élève n'a fait référence explicitement ou implicitement à des manières de faire des mathématiques différentes selon le contexte culturel dans lequel il se trouve.

5. Discussion

Les résultats obtenus dans notre recherche sont comparés dans ce chapitre à ceux d'autres recherches en résolution de problèmes en mathématiques chez des élèves du primaire afin de faire ressortir les points forts et les limites de notre recherche.

5.1. Une recherche en résolution de problèmes en mathématiques chez des élèves scolarisés en langue étrangère

Berger (2015) a réalisé une recherche en Autriche avec des élèves germanophones de 11 ou 12 ans qui suivent leurs cours de mathématiques en anglais et en allemand ou seulement en allemand. Cette recherche est ce qu'il y a de plus près de ce que nous avons réalisé avec la nôtre. Cette auteure ne s'est pas posé le même genre de questions de recherche que nous, car elle met l'accent sur l'interaction entre les mathématiques et la langue en analysant la manière dont les élèves résolvent des problèmes en anglais comme langue étrangère.

5.1.1. Le cadre théorique de Berger (2015)

Le modèle que Berger (2015) a utilisé pour la compréhension en lecture est très semblable à celui de Perfetti, Landi et Oakhill (2005). En effet, le modèle de Weir et Khalifa (2008) fait lui aussi référence à l'identification de mots, aux connaissances lexicales et syntaxiques, au sens accordé aux mots, aux inférences, aux connaissances générales sur le monde, à la représentation du sens du texte et à la construction d'un modèle de la situation. Weir et Khalifa (2008) prennent également en compte dans leur modèle la mise en place d'un objectif qui guide la lecture, c'est-à-dire que selon le but fixé, le lecteur peut faire une lecture méticuleuse ou expéditive du texte en ajustant ce qu'il cherche à comprendre aux niveaux local et global. D'autre part, ce modèle ne prend pas en compte les niveaux de traitement ni les anaphores (Kintsch et Rawson, 2005) tels que présentés dans notre cadre théorique. Berger (2015) a synthétisé le modèle de Weir et Khalifa (2008) en 4 processus : (a) l'accès lexical ; (b) l'analyse syntaxique ; (c) la détermination du sens des propositions et (d) la déduction / la construction d'un modèle mental.

D'autre part, Berger (2015) a utilisé le modèle de Reusser (1985) pour la compréhension du contenu mathématique du problème. Si on le compare au modèle de Kintsch et Greeno (1985), le modèle de Reusser (1985) présente des niveaux additionnels de représentation mentale qui font l'intermédiaire entre le texte et la structure mathématique. Les lecteurs doivent déduire le modèle abstrait du problème pour se construire des représentations mentales de la situation en tant que structures épisodiques ou factuelles. Selon cet auteur, les événements dans l'histoire, les actions, les structures temporelles et les intentions des acteurs plutôt que les structures sémantiques qui contiennent de l'information au sujet du modèle mathématique sont les éléments

que les élèves doivent comprendre. Ainsi, pour résoudre des problèmes, les élèves doivent aller au-delà des structures sémantiques et identifier les acteurs impliqués, les aspects temporels et fonctionnels des actions de même que les informations manquantes qui doivent être trouvées par des moyens mathématiques. Les étapes du modèle de Reusser (1985) sont les suivantes :

I. La base du texte : La transformation de l'intrant textuel en des structures sémantiques micropropositionnelles et macropropositionnelles.
II. Le modèle situationnel ou épisodique produisant ou clarifiant le but du problème :
    a. L'élaboration basée sur la connaissance de la base du texte pour en arriver à un portrait vivant de la structure épisodique coordonnée à la base du problème.
    b. La tentative de clarification de la question pour la comprendre en tant que fonction de la situation, c'est-à-dire prendre en compte l'inconsistance de la situation ou le but ou la motivation d'un acteur.
III. Le modèle mathématique adapté pour l'application de stratégies de calcul : La construction de ce modèle mathématique du problème peut être décrite comme un processus d'abstraction, de réduction et de translation vers la mathématisation du problème. Le résultat final de ce processus fournit, dépendamment du niveau de compétence du solutionneur, une structure relationnelle qui met de l'avant seulement l'essentiel des éléments du problème et leurs relations qualitatives. Ainsi, les actions sémantiques sont interprétées comme des opérations et les quantités d'objets sont associées à l'ensemble ou au sous-ensemble correspondant.
IV. Le calcul : L'application de stratégies arithmétiques qui correspondent aux conditions du modèle mathématique du problème.

Au modèle de Reusser (1985), Berger (2015) a ajouté les processus de compréhension des problèmes de Novotná (2004a). Berger (2015) explique qu'il y a 3 opérations de base dans ce modèle : (1) la compréhension du problème, (2) la résolution du modèle mathématique et la vérification mathématique de même que (3) le retour au contexte et la vérification contextuelle. De plus, Novotná (2004a) met l'accent sur la première opération en spécifiant les activités comprises dans le processus de compréhension de la tâche : (a) l'identification des objets, (b) l'identification des relations entre les objets, (c) l'identification de la question, (d) l'organisation des données en trouvant un point de vue unifié, (e) la création d'un modèle mathématique. Toutes ces activités ne seront pas nécessairement exécutées et elles ne sont peut-être pas dans une séquence linéaire. Nous n'avons pas d'équivalent dans notre cadre théorique pour analyser nos données.

Berger (2015) a synthétisé le modèle de Reusser (1985) et les processus de Novotná (2004a) en ces 8 processus : (A) l'identification des objets ; (B) l'identification de la relation entre les objets / l'identification de la

structure épisodique de la situation donnée ; (C) l'identification de la question / de ce qui doit être trouvé dans le problème / de ce qui doit être résolu par des moyens mathématiques ; (D) l'arrangement / l'extraction / l'organisation / la structuration de l'information ; (E) la mathématisation, c'est-à-dire la création d'un modèle mathématique ; (F) la réalisation des opérations mathématiques ; (G) l'interprétation et la référence à nouveau à la question ; et (H) la validation.

En outre, Berger (2015) ne prend pas en compte dans sa recherche le type de problème selon sa structure (additive ou multiplicative), la présence d'indices (Nesher et Teubal, 1975) ni la cohérence du langage dans les problèmes (Lewis et Mayer, 1987). Pourtant, ces éléments sont tout aussi importants que les processus cognitifs impliqués pour la compréhension d'un problème mathématique. Du reste, nous sommes d'avis que la recherche de Berger (2015) met l'accent sur l'interaction entre les facteurs linguistiques et numériques selon le modèle théorique de Daroczy, Wolska, Meurers et Nuerk (2015), alors que dans notre recherche, nous tentons de déterminer selon ce modèle théorique si ce sont les facteurs linguistiques ou ceux numériques qui sont la principale cause des difficultés des élèves allophones du primaire lors de la résolution de problèmes en langue seconde.

5.1.2. Les résultats de Berger (2015)

Les résultats de la recherche de Berger (2015) montrent que le fait de travailler dans une langue seconde a comme résultat de plus longues phases de réception du texte, ce qui prolonge l'engagement de l'élève avec le contenu mathématique, fournissant ainsi des opportunités additionnelles pour la réflexion concernant la langue et les concepts. Cette intensification de l'activité peut être observée de 3 manières : les élèves qui résolvent des problèmes en langue étrangère ont besoin de ressources cognitives additionnelles pour la réception du texte ; les phases prolongées de réception de texte causées par les difficultés liées à la langue peuvent retarder ou même empêcher l'activité mathématique ; la résolution de problèmes en langue étrangère implique des ressources cognitives additionnelles pour l'activité mathématique, particulièrement durant les phases initiales pour arranger les informations mathématiques pertinentes pour le traitement ultérieur, la déduction étape par étape d'un modèle mathématique et la phase d'interprétation.

Ces résultats sont intéressants à mettre en relation avec les nôtres. En effet, l'hésitation, une caractéristique de 2 des profils de solutionneurs, pourrait être expliquée par les plus longues phases de réception du texte et par l'engagement de l'élève avec le contenu mathématique. Toutefois, nos résultats ne corroborent pas qu'une réception du texte plus longue peut empêcher l'activité mathématique, car il n'y a qu'un participant sur 16 dans notre recherche qui n'a pas su résoudre les problèmes que nous lui avons présentés.

De plus, les conclusions de la recherche de Berger (2015) permettent d'affirmer que l'activité mathématique efficace en langue étrangère requière une réception du texte réussie. La construction adéquate du sens des propositions dans la dimension linguistique est requise pour l'identification d'objets et de relations entre ces objets pour la dimension disciplinaire. Inversement, les élèves ne peuvent pas identifier les objets pertinents et les relations entre eux sans établir avec succès le sens des propositions. Par ailleurs, faire des références efficacement et construire un modèle mental sont une condition préalable pour identifier ce qui doit être résolu dans le problème, pour arranger ou structurer l'information et pour créer un modèle mathématique. Les élèves qui ont résolu les problèmes en langue maternelle sont capables de travailler mathématiquement sans une réception du texte étendue ou même une compréhension complète. Les données révèlent que les élèves qui utilisent leur langue maternelle sélectionnent des mots et dirigent leur attention plus facilement vers les processus mathématiques sans s'assurer qu'ils ont interprété le texte correctement. Ces élèves semblent capables d'effectuer un changement vers les activités mathématiques à un stade plus précoce dans leur réception du texte que les élèves qui travaillent en langue seconde. Ce changement précoce d'attention portée à la dimension disciplinaire est une potentielle source d'erreurs. En effet, un traitement expéditif du texte du problème plutôt qu'un traitement méticuleux peut avoir comme résultat un changement précoce vers l'activité mathématique et des réponses incorrectes.

Les résultats de notre recherche montrent que ce qui distingue les élèves allophones des locuteurs natifs n'est pas aussi tranché que dans la recherche de Berger (2015). À dire vrai, 5 participants de notre recherche sur 16 n'ont pas hésité dans la résolution des problèmes et ont généralement donné des réponses incorrectes (le profil 1). Ce profil est plus près de la description que Berger (2015) a faite des élèves qui travaillent en langue maternelle que celle des élèves qui le font en langue étrangère. De plus, le traitement expéditif du problème que Berger (2015) a observé chez les élèves en langue maternelle est mieux compris si on prend en compte que les élèves se fient aux indices pour le choix de l'opération à effectuer. De leur point de vue, il n'est pas nécessaire de s'attarder à bien comprendre le problème dans son entièreté, il suffit de faire le calcul qui correspond à l'indice identifié. Il est important de préciser que les élèves qui ont participé à la recherche de Berger (2015) ont moins d'expérience avec l'anglais langue étrangère que celle que les élèves allophones de notre recherche ont avec le français langue seconde.

D'après le modèle de Berger (2015), c'est seulement lorsque le sens des propositions est établi que les objets mathématiques pertinents et les relations entre ces objets peuvent être identifiés. Les données montrent que les processus d'identification d'objets et des relations entre ces objets sont souvent simultanés à la construction d'un modèle mental du texte. L'identification des moyens mathématiques par lesquels le problème sera résolu, l'organisation de l'information mathématique pertinente et la création d'un modèle mathématique dépendent du sens exact des propositions et d'une représentation mentale adéquate du texte.

Nos résultats de recherche n'appuient pas ceux présentés ci-dessus puisque certains des participants semblent avoir établi des relations entre les données du problème à partir des indices, ce qui rend incertaine la construction appropriée d'un modèle mental du texte. Dans le cas où les indices sont incohérents avec l'opération adéquate, les élèves peuvent passer par les processus décrits dans le modèle de Berger (2015) sans toutefois arriver à une représentation mentale adéquate du texte. Dans notre recherche, l'analyse des histoires des problèmes que les élèves ont racontées est le moyen d'avoir accès à leurs représentations mentales du texte. Or, nous avons avancé dans l'analyse de nos données que le fait que les élèves racontent correctement dans leurs mots l'histoire du problème ne permet pas de prédire s'ils obtiendront la réponse correcte et que l'inverse est aussi vrai.

Le résultat final de la recherche de Berger (2015) est également différent du nôtre : l'analyse de ses données lui a permis de construire un modèle intégré pour comprendre l'interaction entre les mathématiques et la langue en résolution de problème en langue étrangère, tandis que notre recherche vise la création d'un protocole opérationnel qui permet de cibler la tendance concernant les difficultés que les élèves allophones rencontrent en résolution de problèmes. D'autre part, cette chercheure pouvait comprendre les propos des élèves en langue maternelle, ce qui n'est pas possible dans notre recherche puisque les participants ont des langues maternelles diversifiées. C'est d'ailleurs l'un des défis dans la réalisation d'une recherche avec des élèves allophones. Puisque les participants à notre recherche apprennent le français depuis plus longtemps que les participants de Berger (2015) apprennent l'anglais, le recours à la langue maternelle nous semblait moins prometteur. Il aurait été tout de même intéressant de réaliser notre recherche avec un plus grand nombre d'élèves allophones scolarisés en français depuis moins de 2 ans, car ils sont peu nombreux dans notre recherche. Toutefois, ces élèves ne sont pas toujours intégrés en classe ordinaire, ils se retrouvent souvent en classe d'accueil au début de leur parcours scolaire au Québec. Contrairement à Berger (2015), nous n'avons pas de participants qui ont fait les problèmes en langue maternelle dans le cadre d'entretiens semi-dirigés, dans notre cas, ces élèves auraient été locuteurs natifs du français. Ce choix est lié à une contrainte de temps, mais surtout au fait que cet ajout à notre méthodologie ne nous aurait pas permis de répondre à nos questions de recherche. Les traductions en langue maternelle ne font pas non plus partie de notre recherche, car nous n'aurions pas été en mesure de les comprendre. Malgré les différences entre les deux recherches, cette conclusion générale de la recherche de Berger (2015) est très près des nôtres : la notion préconçue que la langue étrangère est invariablement un obstacle à l'apprentissage des mathématiques peut être dissipée. En effet, dans notre recherche, les 2 problèmes les plus complexes du point de vue de la langue ont des taux de réponses correctes de 60 % et plus, alors que 2 des 3 problèmes plus simples du point de vue de langue ont des taux de réponses correctes de 40 % et moins.

Dans son commentaire concernant le résumé de la thèse de Berger (2015), Barwell (2015) explique son point de vue au sujet des problèmes mathématiques. Il avance que ces problèmes ne sont pas à bien des égards mathématiques, c'est-à-dire que malgré les apparences, ils ne sont généralement pas réalistes. Il y a des problèmes artificiels pour lesquels le défi est souvent plus linguistique ou culturel que mathématique. Les élèves peuvent ne pas comprendre un problème parce qu'ils n'ont aucune expérience du contexte qu'il décrit et non parce qu'ils manquent de connaissances linguistiques ou mathématiques. Les résultats de notre recherche montrent que ce sont généralement les mathématiques qui posent problème à nos 16 participants plutôt que ce qui est lié à la langue. Pourtant, nos problèmes ressemblent à ceux que Barwell (2015) critique.

En outre, tout comme dans la recherche de Berger (2015) que dans la nôtre, un seul type de tâche a été présenté aux participants, en l'occurrence des problèmes mathématiques. Afin d'obtenir un portrait plus précis de la compétence des participants en arithmétique, nous aurions pu leur demander de réaliser des calculs pour ensuite comparer leurs performances en résolution de problèmes et en calculs. Le temps est la principale contrainte à laquelle nous avons dû nous adapter, car il est certain que sans elle, nous aurions recruté un plus grand nombre de participants, nous leur aurions posé plus de questions durant les entretiens et nous leur aurions proposé quelques problèmes de plus. En outre, ni dans la recherche de Berger (2015), ni dans la nôtre, il est question de l'influence de l'enseignement que les élèves ont reçu un mathématiques sur leurs manières de résoudre des problèmes. Cet enseignement peut néanmoins avoir un effet sur les résultats de nos recherches respectives.

5.2. Les niveaux de compréhension de problèmes mathématiques

Pour Novotná (2004b), le processus de compréhension des problèmes mathématiques a 5 composantes de base : (a) identifier les différents éléments d'information durant la lecture du problème ; (b) déterminer quelle est la question posée ; (c) chercher un point de vue qui unifie tous les éléments ; (d) chercher et trouver les relations pertinentes pour le processus de résolution ; et (e) obtenir un aperçu global pour trouver comment tous les éléments sont connectés. Ce processus de compréhension est séquentiel. Un solutionneur lit généralement le problème une ou plusieurs fois et essaie d'encoder l'information (les niveaux a) à d)). Le niveau e) est enclenché simultanément aux 4 autres niveaux. Les solutionneurs moins habiles peuvent être incapables de comprendre un problème comme un tout et se débrouillent avec des parties de celui-ci. Ainsi, ils peuvent confondre les relations entre les différents éléments du problème.

Les 5 composantes du processus de compréhension de Novotná (2004b) ressemblent au modèle de Kintsch et Greeno (1985). En effet, les composantes sont une autre manière d'expliquer la construction d'ensembles à

partir des 4 attributs (l'objet, la quantité, la spécification et les trous à combler). D'ailleurs, la composante e) ressemble beaucoup au « modèle du problème » que le lecteur construit à partir du texte.

D'après les résultats de Novotná (2004b), le niveau de compréhension d'un solutionneur de la structure d'un problème influence fortement sa stratégie de résolution. Dans certains cas, l'élève procède par essais et erreurs quand il n'est pas en mesure de comprendre la structure du problème correctement et de la transformer en opération mathématique. Avec cette stratégie, l'élève peut travailler à différents niveaux de compréhension :

- Il peut donner le résultat de son essai comme réponse et ne pas vérifier si cela convient selon le contexte du problème.
- Il peut vérifier l'exactitude de son résultat et trouver que cela convient selon le contexte du problème. Dans ce cas, 2 situations peuvent se produire : il peut ne pas essayer de trouver une autre solution ou il peut essayer de trouver s'il y a une autre solution possible au problème.
- Il peut vérifier l'exactitude de son résultat et trouver qu'il ne convient pas au contexte du problème. Dans ces conditions, l'élève peut ne pas essayer de trouver une autre solution et terminer le processus de résolution ou il peut essayer de trouver la solution correcte.

Dans d'autres cas, l'élève utilise des mots-clés pour comprendre la structure du problème. Il peut faire référence à des structures encodées dans sa mémoire à long terme en raison de certains éléments du problème ou il peut utiliser les éléments qu'il a compris, particulièrement des mots qui orientent vers une opération en particulier.

La stratégie de l'essai et erreur permet d'expliquer ce que l'élève fait après avoir construit un « modèle du problème ». Elle complète les éléments du modèle de Kintsch et Greeno (1985) que nous avons présentés dans notre cadre théorique. D'ailleurs, les résultats de notre recherche montrent cette même tendance chez certains participants qui n'hésitent pas (le premier niveau de compréhension) et qui hésitent (les 2 autres niveaux de compréhension). D'autre part, la stratégie des mots-clés est très semblable à ce que Nesher et Teubal (1975) avancent dans leurs recherches et que nous avons observé dans nos résultats.

5.3. Le rappel et la résolution de problèmes arithmétiques chez les enfants du primaire

Selon Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985), il y a deux chemins pour identifier la ou les sources de difficultés dans la résolution de problèmes : analyser les caractéristiques des problèmes, par exemple le nombre de mots, les indices, la présence ou non d'actions et le type d'équation enchâssée dans les problèmes ; ou analyser les processus cognitifs requis pour résoudre les problèmes (Briars et Larkin, 1984 ; Kintsch et Greeno, 1985 ; Riley et al., 1983). Ces chercheurs combinent ces deux chemins pour construire une approche interactive qui suppose que les caractéristiques du problème interagissent avec les capacités cognitives de l'enfant pour produire des

niveaux de difficulté du problème. Cette approche interactive débute avec une analyse de la tâche, c'est-à-dire une analyse des processus et des connaissances requis pour une performance réussie dans la tâche. L'analyse inclut au moins ces processus :

1. La compréhension du texte du problème, incluant (a) comprendre les mots et (b) comprendre le sens de chaque phrase.
2. La compréhension de la situation du problème, incluant (a) activer les connaissances des mots concernant la situation, (b) activer les connaissances au sujet des relations entre les ensembles et les mathématiques et (c) utiliser l'information glanée au processus 1.
3. Choisir une stratégie de résolution basée sur le processus 2.
4. Exécuter la stratégie choisie correctement.

Le processus 1 correspond dans les grandes lignes au modèle de Perfetti et al. (2005) utilisés dans notre cadre théorique. Le processus 2 s'apparente à la construction d'un modèle du problème tel que Kintsch et Greeno (1985) le conçoivent et aux types de problèmes des mêmes auteurs. Pour notre recherche, nous nous concentrons sur la compréhension qu'ont les élèves des structures mathématiques et linguistiques. Dans ces conditions, nous n'avons pas d'équivalent pour les processus 3 et 4, associés à la stratégie de résolution.

Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) sont également d'avis que les représentations que les enfants construisent sont influencées par les structures linguistiques des problèmes qu'ils ont à résoudre. Habituellement, les enfants ne parviennent pas à comprendre la situation d'un problème décrite avec une structure linguistique complexe. Quand cette situation n'est pas bien comprise, les connaissances mathématiques requises pour résoudre le problème ont moins de chances d'être activées et cela peut être la cause de réponses incorrectes. En revanche, des structures linguistiques simples ont plus de chances de mener à des stratégies de résolution correctes. La compétence à résoudre des problèmes arithmétiques et la compétence linguistique sont interdépendantes dans le développement de l'élève. Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) affirment que les problèmes peuvent aussi être complexes du point de vue mathématique. À titre d'exemple, les problèmes de type comparaison ne sont jamais résolus aussi facilement que les problèmes d'autres types, peu importe la manière dont ils sont formulés.

Contrairement à ce que Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) avancent, et comme mentionné plus haut, les problèmes les plus complexes du point de vue linguistique ont des taux de réponses correctes plus élevés que 2 des 3 problèmes qui ont une structure linguistique simple dans notre recherche. Ainsi, nos résultats ne corroborent pas l'hypothèse selon laquelle les structures linguistiques simples devraient mener à des stratégies correctes de résolution. Néanmoins, les 2 problèmes de type « comparaison » de notre recherche sont ceux avec les plus faibles taux de réponses correctes, ce qui est en accord avec les propos de ces trois auteurs.

Les résultats de la recherche de Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) confirment leur intuition de départ selon laquelle les problèmes faciles requièrent moins de temps que les problèmes difficiles et que les problèmes de type « comparaison » demandent plus de temps à résoudre que les problèmes des types « changement » et « mise en commun ». D'autre part, quand le texte des problèmes a quatre lignes, les enfants ont tendance à échouer le rappel des troisièmes ou quatrièmes lignes de ce problème, ce qui suggère que leur mémoire à court terme est sous pression au-delà de trois lignes. Les erreurs structurelles faites par les enfants sont généralement pour les problèmes difficiles, pour lesquels ils ont simplifié la structure lors du rappel. Le type d'erreur le plus intéressant est la tendance générale à faire un rappel erroné des problèmes de type « comparaison 5 » en tant que « comparaison 4 » (cela correspond aux sous-catégories « ensemble comparé » et « ensemble de référence » de notre cadre théorique, p.24).

Dans notre recherche, nous ne comparons pas la durée de la résolution de problèmes faciles et difficiles. Nous remarquons toutefois une tendance pour les problèmes de type « comparaison » pour lesquels les élèves ont généralement plus hésité que les problèmes de type « changement ». De plus, le problème E, qui est l'un des 2 problèmes de plus de 4 lignes, a le plus faible taux d'histoires correctes des 5 problèmes. Ces résultats ressemblent à ceux de Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) et pourraient donc aussi s'expliquer par la pression exercée sur la mémoire à court terme. Une différence importante entre la recherche de Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) et la nôtre réside dans le fait que leurs entretiens ne se déroulaient qu'à l'oral, c'est-à-dire que l'intervieweur lisait le problème à l'élève et lui demandait de le résoudre sans papier ni crayon. Puisque les élèves avaient accès au texte du problème dans notre recherche, ils pouvaient le relire, contrairement aux enfants de l'autre recherche. Ainsi, plutôt que de prendre le risque de se tromper en faisant le rappel du problème, les élèves ont souvent choisi cette option. Les erreurs structurelles observées par les trois chercheurs sont donc peu courantes dans nos données.

Pour la résolution de problèmes à proprement parler, les enfants ont produit des erreurs conceptuelles qui reflètent l'incompréhension de la structure du problème, comme donner l'un des nombres du problème comme réponse ou effectuer l'opération arithmétique erronée. Les problèmes difficiles de Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) sont la source de la majorité des erreurs conceptuelles. Ainsi, ce qui semble déterminer le niveau de difficulté des problèmes est la facilité avec laquelle les enfants peuvent conceptualiser leurs structures. Pour le problème de type « comparaison 5 » (« ensemble de référence » de notre cadre théorique, p.24), le type d'erreur le plus fréquent est d'additionner les deux nombres plutôt que de les soustraire. Sur 11 observations de cette erreur, trois ne sont que des erreurs de résolutions et 8 sont des erreurs de résolution et de rappel. Dans 75 % des cas où les nombres ont été ajoutés pour ce problème, le rappel faisait référence à une addition. Enfin, les données de cette recherche montrent clairement que des réponses correctes sont en majorité associées à des rappels corrects.

Pape (2003) avance également que les élèves qui sont capables de faire le rappel d'un problème se sont probablement formé une compréhension du problème, ce qui peut ne pas être le cas avec l'application superficielle de la stratégie des mots-clés. De plus, dans les recherches de Stern (1993) et Verschaffel (1994), la majorité des problèmes qui ont été résolus correctement ont été racontés correctement, alors que relativement peu de problèmes qui ont été résolus correctement ont été racontés de manière incorrecte. Les résultats de Pape (2003) confortent ceux de Verschaffel (1994) puisque quand les élèves ont produit une erreur d'interversion, les trois quarts des problèmes ont été racontés par les élèves avec la même interversion (la langue du problème est incohérente et ils la transforment pour qu'elle devienne cohérente). En comparaison, environ le quart des problèmes pour lesquels les élèves ont fait une interversion dans les rappels ne comportent pas d'interversion pour le calcul. Pape (2003) ajoute que si le rappel est une fenêtre efficace sur les représentations ou modèles mentaux que les élèves forment en lisant le problème, ces résultats fournissent un apport considérable concernant l'interversion de problèmes incohérents en problèmes cohérents. Ces interversions pour les rappels soutiennent aussi l'idée de Kintsch et Greeno (1985) selon laquelle la solution d'un problème mathématique dépend largement de la représentation mentale pendant que le solutionneur lit le problème et qu'il en vienne à le comprendre (Pape, 2003).

D'autre part, un thème intéressant dans les résultats de Hegarty, Mayer et Green (1992) est que les élèves qui sont moins efficaces semblent utiliser l'approche de traduction directe selon laquelle ils utilisent les mots-clés pour choisir l'opération à effectuer, alors que les élèves qui sont plus efficaces semblent utiliser l'approche du modèle mental du problème pour construire leur compréhension du problème.

Les erreurs les plus fréquentes que les participants de notre recherche ont faites sont d'effectuer l'opération incorrecte, c'est-à-dire de faire une soustraction au lieu d'une addition ou de faire une addition au lieu d'une soustraction. Par conséquent, nos données sont semblables à celles de Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985), surtout en prenant en considération que ce sont les problèmes de type « comparaison » et de la sous-catégorie « ensemble de référence » qui sont le plus souvent la cause de ces erreurs de nos participants. En outre, les résultats de notre recherche n'appuient pas ceux de Dellarosa, Weimer et Kintsch (1985) concernant les rappels et les réponses. En effet, dans notre recherche, il n'y a pas de lien entre le fait de raconter l'histoire du problème correctement et celui de donner une réponse correcte. Grâce à nos 3 profils de solutionneurs, nous pouvons affirmer que les élèves qui donnent des réponses incorrectes ont tendance à se fier aux indices pour le choix de l'opération, tel que Hegarty, Mayer et Green (1992) l'avancent, mais cette observation ne veut pas dire que ces élèves n'essaient pas de se construire un modèle mental du problème. De plus, nos données ne permettent pas de confirmer ni d'infirmer que les élèves qui réussissent les problèmes utilisent nécessairement l'approche du modèle mental tel que nous le concevons dans notre recherche. À dire vrai, le profil « L'élève qui hésite et qui donne des réponses parfois correctes, parfois incorrectes » montre la difficulté de placer un élève dans une

catégorie, car les élèves peuvent utiliser une diversité de moyens pour comprendre un problème, d'où la variabilité pour l'exactitude de leurs réponses.

5.4. Les retombées de notre recherche

Notre recherche a généré des retombées de 2 ordres : scientifiques, pour la communauté scientifique ; et sociales, pour les milieux de pratique, principalement les enseignants en milieu plurilingue.

5.4.1. Les retombées scientifiques

Les recherches produites les dernières années permettent une compréhension assez limitée de l'influence de la langue d'enseignement sur la réalisation de tâches complexes comme la résolution de problèmes. Celles-ci ont certes réussi à identifier certains facteurs d'influence, comme le temps d'apprentissage de cette langue, certaines difficultés rencontrées par les élèves allophones en mathématiques et l'attention portée aux structures mathématiques, mais une seule chercheure a jusqu'à maintenant construit un modèle pour analyser la compréhension de problèmes mathématiques chez les élèves scolarisés en langue seconde, mais ce modèle n'est pas conçu précisément pour les allophones. La construction d'un modèle semblable nous apparaît capitale pour favoriser la réussite en mathématiques de ces élèves. Il s'agit d'une question d'équité envers tous les élèves, quelles que soient leurs caractéristiques.

Dans notre recherche, nous avons combiné plusieurs éléments théoriques pour analyser les résolutions de problèmes des participants ainsi que leurs verbalisations. Ainsi, nous apportons notre contribution au modèle intégré pour la langue et pour les mathématiques des processus de résolution de problèmes en anglais langue étrangère de Berger (2015). Nous avons ajouté à ce modèle 8 composantes issues de notre cadre théorique et de notre méthodologie. L'adaptation du modèle de Berger (2015) est schématisée (Figure 27[5], p.115) de manière à mettre en relief le travail déjà accompli par cette chercheure de même que les éléments que nous avons ajoutés pour construire un modèle plus complet. D'ailleurs, les contributions de notre recherche à ce modèle se trouvent dans les cases grises de la figure.

Pour compléter le modèle de compréhension en lecture de Weir et Khalifa (2008), qui permet en autres de comprendre la détermination du sens des propositions (l'élément c de la Figure 27, p.115), la production d'inférences et la construction d'un modèle mental du texte (les éléments d de la Figure 27, p.115), nous ajoutons la résolution d'anaphores et les niveaux de traitement de Kintsch et Rawson (2005) de même que les

[5] Le modèle est présenté après les retombées sociales. Une version plus détaillée du modèle se trouve à l'Annexe 4 (p.136). Cette version pourrait être utilisée dans le cadre d'une formation, car il n'est pas nécessaire d'avoir lu notre recherche pour la comprendre.

propositions possiblement difficiles pour les élèves scolarisés en langue seconde de Martiniello (2008). En effet, des propositions plus complexes, que ce soit à cause de propositions subordonnées ou d'anaphores, rendent la production d'inférences plus ardue, ce qui peut avoir un impact sur la construction d'un modèle mental. Les niveaux de traitement peuvent aussi faciliter l'identification de la cause de difficultés dans la construction d'un modèle mental.

De plus, le modèle pour la compréhension du contenu mathématique du problème de Reusser (1985) et les processus de compréhension des problèmes de Novotná (2004a) sont les éléments théoriques que Berger (2015) utilisent pour analyser l'activité mathématique des élèves (les éléments A à H de la Figure 27, p.115). Ces éléments ne prennent toutefois pas en compte la structure mathématique du problème tel que Kintsch et Greeno (1985) le font ni les indices de Nesher et Teubal (1975) présents dans les problèmes. Il n'y a également rien de semblable à l'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » de Lewis et Mayer (1987) dans le modèle intégré de Berger (2015). Les 3 éléments que nous avons ajoutés permettent d'effectuer une analyse a priori des problèmes à présenter aux élèves pour en déterminer le niveau de difficulté concernant le contenu mathématique en plus d'étudier l'activité mathématique des élèves lors de la résolution de ces problèmes.

En outre, dans le but d'analyser globalement les problèmes à présenter aux élèves, c'est-à-dire de prendre en compte à la fois les facteurs liés à la langue et aux mathématiques, nous avons complété le modèle de Berger (2015) avec le modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques de Daroczy et al. (2015) et la typologie des erreurs des élèves d'Astolfi (2011) et de Thouin (2014). Ces 2 éléments permettent de comprendre l'interaction entre les facteurs linguistiques et mathématiques et de garder en tête que les problèmes forment un tout dont les composantes sont indissociables.

En bref, aucune recherche n'avait combiné jusqu'à maintenant les éléments du modèle intégré pour la langue et pour les mathématiques des processus de résolution de problèmes en anglais langue étrangère de Berger (2015) aux 8 éléments dans les cases grises (Figure 27, p.115). Nous pensons avoir dressé un portrait plus global des difficultés que les élèves allophones peuvent rencontrer en résolution de problèmes en mathématiques.

5.4.2. Les retombées sociales

Nous avons construit un protocole opérationnel qui permet aux enseignants d'évaluer si c'est la compréhension du français langue d'enseignement, celles des structures mathématiques ou l'interaction entre ces 2 facteurs qui sont liées aux difficultés des élèves allophones dans leurs classes. Ce protocole (Annexe 3, p.129), constitué de 5 problèmes à résoudre, du canevas d'entretien avec les questions à poser aux élèves pour chaque problème

et du schéma pour choisir les problèmes en entretien, est facilement reproductible et adaptable pour d'autres niveaux scolaires par une enseignante titulaire, par une orthopédagogue ou par une enseignante de francisation. Cet outil facilite la prise de décision concernant les services à offrir à un élève allophone, c'est-à-dire qu'il permet de déterminer si c'est le service d'orthopédagogie en mathématiques ou celui de francisation qui est le plus approprié selon les difficultés observées chez l'élève. À notre connaissance, aucun outil semblable n'est disponible pour les professionnels de l'éducation qui travaillent en milieu plurilingue. De plus, ce protocole pourrait être adapté pour les problèmes qui ont une autre structure mathématique, notamment ceux à structure multiplicative. Néanmoins, de nouvelles recherches, en partenariat avec des enseignants, sont nécessaires afin de valider l'efficacité de l'outil développé dans ce mémoire.

Les enseignants ont maintenant un prototype d'outil d'évaluation en mathématiques adapté aux caractéristiques des élèves allophones, c'est-à-dire qui prend en compte le développement de la langue seconde de scolarisation. À partir des résultats de ce mémoire, ces enseignants pourront amorcer une réflexion pour offrir aux élèves allophones le soutien qui répond réellement à leurs besoins en mathématiques.

La langue - Contributions de notre recherche	La langue (Berger, 2015)			Les mathématiques (Berger, 2015)		Les mathématiques - Contributions de notre recherche
	La réception du texte	a)	L'accès lexical			
		b)	L'analyse syntaxique			
La résolution d'anaphores (Kintsch et Rawson, 2005) Les propositions possiblement difficiles (Martiniello, 2008)		c)	La détermination du sens des propositions	A.	L'identification d'objets	Le modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques, y compris la typologie des problèmes de structure additive (Kintsch et Greeno, 1985)
				B.	L'identification des relations entre les objets Identification de la structure épisodique ou factuelle de la situation donnée	
Les niveaux de traitement (Kintsch et Rawson, 2005)		d)	La production d'inférences La construction d'un modèle mental	C.	L'identification de la question à répondre ou du problème à résoudre par des moyens mathématiques	
				D.	La mise en ordre L'extraction / l'organisation / la structuration de l'information	Les indices (Nesher et Teubal, 1975)
	La production du texte					
		e)	La production d'une intention de communication La conceptualisation d'un plan de discours / d'un message préverbal	E.	La mathématisation - créer un modèle mathématique	L'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » (Lewis et Mayer, 1987)
		f)	L'activation de ressources lexicales La construction d'une structure syntaxique	F.	La réalisation des opérations mathématiques	
		g)	L'articulation L'expression phonologique	G.	L'interprétation - se référer à la question	
				H.	La validation	
	Méta-analyse	La langue et les mathématiques - Contributions de notre recherche				
		Le modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques (Daroczy et al., 2015) La typologie des erreurs des élèves (Astolfi, 2011; Thouin, 2014)				

Figure 27. Notre contribution au modèle intégré pour la langue et pour les mathématiques des processus en résolution de problèmes en anglais langue étrangère de Berger (2015).

Conclusion

Les questions de recherche

Dans le cadre de notre recherche, nous nous sommes intéressés à la résolution de problèmes en mathématiques chez les élèves allophones du primaire. Nous avons réalisé des entretiens avec 16 élèves allophones de 2e, 3e ou 4e année du primaire préalablement sélectionnés parmi tous les élèves des classes recrutées. Nous nous sommes posé 3 questions pour guider notre recherche. Nous revenons donc sur ces 3 questions, présentées à la fin de notre cadre théorique, qui permettent d'évaluer dans quelle mesure nous avons atteint l'objectif que nous nous sommes fixé à la fin de notre problématique de recherche.

Voici les 3 questions que nous nous sommes posées :

- Les principales difficultés chez les élèves allophones du primaire lors de la résolution de problèmes de structure additive sont-elles liées à la compréhension du français langue d'enseignement, à la compréhension des structures mathématiques ou à l'interaction entre ces 2 facteurs ?
- Quel type de problème à structure additive est le plus difficile pour les élèves allophones du primaire ?
- Quels profils de solutionneurs pouvons-nous identifier à partir de la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes en mathématiques ?

Les principales difficultés chez les élèves allophones du primaire lors de la résolution de problèmes de structure additive sont-elles liées à la compréhension du français langue d'enseignement, à la compréhension des structures mathématiques ou à l'interaction entre ces 2 facteurs ?

À partir de nos résultats de recherche, la compréhension des structures mathématiques est la principale source de difficultés pour les 16 participants étant donné que c'est la structure du problème qui est la cause de la plupart de leurs erreurs. En effet, 2 des 3 problèmes qui ont les structures mathématiques les plus complexes, à savoir les problèmes C et D, ont les 2 taux de réponses correctes les plus faibles des 5 problèmes présentés aux élèves. Les 2 problèmes avec les structures linguistiques les plus complexes, les problèmes A et E, ont des taux de réponses correctes d'au moins 60 %, ce qui en fait 2 des 3 taux les plus élevés. Néanmoins, quelques élèves ont fait référence à des éléments linguistiques dans leurs verbalisations sans que ce soit la cause première des embûches qu'ils ont rencontrées dans la résolution des problèmes. En outre, ce qui a semblé le plus difficile pour les participants de notre recherche est de ne pas se fier à tout coup aux indices pour choisir l'opération, mais de plutôt prendre en compte tous les éléments du problème. Cette difficulté est liée à la structure mathématique du problème.

D'autre part, nous pensons que le problème que l'élève raconte dans ses mots, qu'on peut aussi appeler le rappel du problème, n'est pas un moyen efficace pour avoir accès à la représentation que l'élève s'est construite du problème. À dire vrai, nous avons observé qu'une histoire du problème correcte ne permet pas de prédire pour les 16 participants de notre recherche une réponse correcte. Ainsi, pour certains problèmes, les participants ont raconté une histoire correcte, mais ils ont donné une réponse incorrecte. C'est notamment le cas du problème D, pour lequel le pourcentage d'histoires correctes est 2 fois plus élevé que celui de réponses correctes. Pour d'autres problèmes, les participants ont raconté des histoires incorrectes, mais ils ont donné une réponse correcte. C'est ce que nous avons remarqué pour le problème E, car il y a 2 fois plus de réponses correctes que d'histoires correctes pour ce problème. En résumé, pour que l'histoire du problème soit un moyen efficace d'avoir accès à la représentation que l'élève s'est construite du problème, les histoires et les réponses doivent être toutes les 2 correctes ou incorrectes, ce qui n'est pas le cas dans notre recherche.

Quel type de problème à structure additive est le plus difficile pour les élèves allophones du primaire ?

Les 2 problèmes avec les plus faibles taux de réponses correctes, les C et D, sont de type « comparaison », plus précisément de la sous-catégorie « ensemble de référence » (Kintsch et Greeno, 1985). Ainsi, nous sommes d'avis que c'est ce type de problème qui pose le plus de difficulté aux 16 élèves allophones de notre recherche. Ces résultats sont très semblables à ceux observés dans des recherches réalisées avec des élèves locuteurs natifs (Dellarosa et al., 1985). De plus, la sous-catégorie « début inconnu » des problèmes de type « changement » est effectivement plus complexe que les 2 autres sous-catégories, à savoir « résultat inconnu » et « changement inconnu », tel que l'affirmaient Kintsch et Greeno (1985). Le problème E est en effet le moins bien réussi des 3 problèmes de type « changement ». Ainsi, même un problème de type « changement » peut être difficile pour les élèves allophones, mais pas autant qu'un problème de type « comparaison ».

Quels profils de solutionneurs pouvons-nous identifier à partir de la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes en mathématiques ?

L'hésitation et les réponses données sont des caractéristiques pertinentes pour catégoriser les élèves dans un profil de solutionneur de problèmes mathématiques. À l'évidence, le fait d'hésiter augmente les chances que l'élève donne une réponse correcte, car ceux qui hésitent ont donné des réponses correctes ou des réponses parfois correctes, parfois incorrectes. En comparaison, les élèves qui n'hésitent pas ont généralement donné des réponses incorrectes. Par conséquent, l'hésitation semble associée à un temps de réflexion pour mieux comprendre comment les données du problème sont liées les unes aux autres et ainsi construire un modèle du problème adéquat. Puisque nous n'avons pas suffisamment questionné les participants pour connaître la cause de leurs hésitations, nous choisissons une caractéristique observable, l'hésitation, pour caractériser les profils de solutionneurs. D'autre part, les éléments que les participants trouvaient difficiles, l'histoire du problème qu'ils

racontent de même que l'identification d'indices comme mots qui aident à choisir l'opération à effectuer ne permettent pas de préciser les profils de solutionneurs.

En conclusion, dans notre recherche, nous avions comme objectif de mieux comprendre la manière dont les élèves allophones résolvent des problèmes mathématiques et les difficultés qu'ils rencontrent dans ce type de tâche. Grâce à l'analyse et à l'interprétation de nos données, les réponses que nous avons trouvées nous ont permis de mieux comprendre les décisions que les élèves allophones prennent pour trouver la réponse d'un problème et ainsi le résoudre. De plus, nous sommes maintenant en mesure de cibler la nature des difficultés que les élèves allophones rencontrent en résolution de problèmes en mathématiques, grâce au protocole que nous avons développé. Dans le cas des participants de notre recherche, nous savons que ce sont principalement les structures mathématiques qui leur posent problème, particulièrement les indices.

Les pistes de recherches futures

Les recherches futures sur la résolution de problèmes mathématiques en langue seconde pourraient tenter d'expliquer la cause des hésitations des élèves. Nous pensons que les élèves le font parce qu'ils prennent le temps de comprendre le problème, mais est-ce vraiment la raison pour laquelle ils hésitent ? De nouvelles recherches pourraient tester la validité du protocole que nous avons construit et l'adapter pour qu'il fonctionne dans une grande variété de contextes. Ainsi, le modèle que nous avons construit et le protocole qui en découle deviendraient des outils que les enseignants peuvent utiliser s'ils ont des doutes au sujet des difficultés que leurs élèves scolarisés en langue seconde rencontrent dans l'apprentissage des mathématiques. D'autre part, les chercheurs en didactique des mathématiques pourraient explorer les moyens possibles et efficaces d'avoir accès à la représentation du problème que les élèves se construisent, qu'ils soient allophones ou locuteurs natifs. Ils pourraient, par exemple, demander un rappel de l'histoire aux élèves après la résolution du problème, car il est plutôt difficile de séparer les différentes composantes de base qui permettent de déterminer le niveau de compréhension d'un problème en mathématiques. En effet, le rappel de problèmes tel qu'utilisé dans notre recherche n'est pas aussi prometteur que nous le pensions. En outre, il serait intéressant d'adapter le protocole que nous avons développé avec les problèmes à structure additive aux problèmes à structure multiplicative, particulièrement pour valider que les problèmes de type « comparaison » sont aussi parmi les plus difficiles pour cette structure. Différentes versions de ce protocole avec d'autres ensembles de nombres tels que les entiers et les rationnels seraient une piste de recherche à explorer. Ces 2 adaptations permettraient notamment de cibler les difficultés que les élèves allophones de la fin du primaire rencontrent en résolution de problèmes en mathématiques. Du reste, les recherches à venir pourraient viser à mieux comprendre dans quelle mesure la conscience métacognitive des élèves bilingues a un impact sur leurs performances en résolution de problèmes. Pour conclure, nous sommes tout à fait d'accord avec Clarkson (1992) qui affirme que le bilinguisme ne peut pas être considéré comme une catégorie unidimensionnelle dans laquelle les élèves peuvent être placés. Par

conséquent, nous sommes d'avis que dans les recherches futures, les chercheurs devraient voir l'élève en apprentissage d'une discipline avant l'élève en apprentissage de la langue d'enseignement.

Bibliographie

Abedi, J. et Lord, C. (1997). *Final Report of Language background as a variable in NAEP mathematics performance*. *Educational Research*. Document récupéré le 17 juillet 2016 de : http://www.cse.ucla.edu/products/reports/R608.pdf

Abedi, J. et Lord, C. (2001). Applied Measurement in Education. *Applied Measurement in Education*, *7347*(776101529). http://doi.org/10.1207/S15324818AME1403

Adetula, L. O. (1985). *The effects of language and schooling on the solutions of addition and substraction word problems by Nigerian children*. University of Wisconsin, Madison.

Adetula, L. O. (1990). Language factor : Does it affect children's performance on word problems. *Educational Studies in Mathematics*, *21*, 351–365.

Ambrose, R. et Molina, M. (2010). First-Grade Latino English-Language Learners' Performance on Story Problems in English Versus Spanish. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *10*(4), 356–369. http://doi.org/10.1080/14926156.2010.524968

Arsac, G., Germain, G. et Mante, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Villeurbanne, France.

Artiles, A. J. (2003). Special education's changing identity: Paradoxes and dilemmas in views of culture and space. *Harvard Educational Review*, *73*(2), 164–202.

Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, France: ESF Éditeur.

Astolfi, J.-P. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repère, définitions, bibliographies.* Bruxelles, Belgique: De Boeck.

Astolfi, J.-P. (2011). *L'erreur, un outil pour enseigner* (10e édition). Issy-les-Moulineaux, France: ESF Éditeur.

Baker, C. (2011). *Foundations of Bilingual Education and Bilingualism* (5e édition). Bristol, Royaume-Uni: Multilingual Matters.

Barwell, R. (2003). Attention to mathematical structure during participation in a mathematics classroom task by learners of English as an additional language (EAL). *British Educational Research Journal*. http://doi.org/10.1080/01411920500082177

Barwell, R. (2005a). Integrating language and content: Issues from the mathematics classroom. *Linguistics and Education*, *16*(2), 205–218. http://doi.org/10.1016/j.linged.2006.01.002

Barwell, R. (2005b). Working on arithmetic word problems when English is an additional language. *British Educational Research Journal*, *31*(3), 329–348. http://doi.org/10.1080/01411920500082177

Barwell, R. (2015). Commentary on Berger Dissertation Summary. *Journal of Immersion and Content-Based Language Education*, *3*(2), 314–317. http://doi.org/10.1075/jicb.3.2.07bar

Barwell, R., Leung, C., Morgan, C. et Street, B. (2005). Applied Linguistics and Mathematics Education: More than Words and Numbers. *Language and Education*, *19*(2), 141–146. http://doi.org/10.1080/09500780508668670

Berger, A. (2015). Conceptualizing the interaction between language and mathematics: An integrated language and mathematics model of word problem solving processes in English as a foreign language. *Journal of Immersion and Content-Based Language Education*, *3*(2), 285–313. http://doi.org/10.1075/jicb.3.2.06ber

Bialystok, E. (2008). Essay : Learning a Second Language. Dans A. S. Roseberry et B. Warren (Eds.), *Teaching Science to English Language Learners, Building on Student's Strenghts* (pp. 107–117). Arlington, États-Unis: National Science Teachers Association Press.

Boyzon-Fradet, D. et Chiss, J.-L. (1997). *Enseigner le français en classes hétérogènes*. Paris, France: Pédagogie, Nathan.

Briars, D. J. et Larkin, J. H. (1984). An Integrated Model of Skill in Solving Elementary Word Problems. *Cognition and Instruction*, *1*(3), 245–296. http://doi.org/10.1207/s1532690xci0103_1

British Columbia Ministry of Education. (2015). Student Statistics - 2014 / 15 Province - Public and Independent Schools Combined: Headcount - Special Needs (public schools only), (January), 1–33. Document récupéré le 15 juin 2016 de : http://www.bced.gov.bc.ca/reports/pdfs/student_stats/prov.pdf

Brown, C. L. (2005). Equity of Literacy-Based Math Performance Assessments for English Language Learners. *Bilingual Research Journal*, *29*(2), 337–363. http://doi.org/10.1080/15235882.2005.10162839

Calgary Board of Education. (2015). Results : Commitment to success 2015 Community Report.

Chafe, W. L. (1974). Language and Consciousness. *Linguistic Society of America*, *50*(1), 111–133. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0005772

Chamot, A. U. et O'Malley, J. M. (1994). *The CALLA handbook : Implementing the cognitive academic language learning approach*. New York, États-Unis: Longman.

Chnane-Davin, F. et Colin, J. C. A. (2009). FOS – FLS : DES RELATIONS EN TROMPE L ' ŒIL ?

Clark, H. H. et Sengul, C. J. (1979). In search of referents for nouns and pronouns. *Memory & Cognition*, *7*(1), 35–41. http://doi.org/10.3758/BF03196932

Clark, R. (1975). *Interactions between Linguistics and Mathematics Education*. Paris, France.

Clarkson, P. C. (1992). Language and Mathematics : A Comparison of Bilingual and Monolingual Students of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, *23*, 417–429.

Coelho, E. (2012). Inspire. Document récupéré le 18 juin 2016 de : http://www.edu.gov.on.ca/fre/literacynumeracy/inspire/equity/ELL_July30.html

Collier, V. P. (1987). Age and Rate of Acquisition of Second Language for Academic Purposes. *TESOL Quarterly*, *21*(4), 617–641. http://doi.org/10.2307/3586986

Collier, V. P. (1989). How long? A synthesis of research on academic achievement in a second language. *Tesol Quarterly*, *23*(3), 509–531.

Commission scolaire de Montréal. (2014). Population scolaire 2013-2014. Document récupéré le 15 juin 2016 de : http://csdm.ca/csdm/la-csdm-en-chiffres/eleves/

Cornaire, C. (1991). *Le point sur la lecture*. (C. Germain, Ed.). Anjou, Canada: CLE Iinternational.

Crandall, J., Dale, T., Rhodes, N. et Spanos, G. (1985). The language of mathematics : The English barrier. Dans A. Labarca et L. Bailey (Eds.), *Issues en L2 : Theory as practice, practice as theory* (pp. 129–150). Norwood, États-Unis: Ablex Publishing.

Cummins, D. D., Kintsch, W., Reusser, K. et Weimer, R. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, *20*(4), 405–438. http://doi.org/10.1016/0010-0285(88)90011-4

Cummins, J. (1981). Age on arrival and immigrant second language learning in Canada: A reassessment. *Applied Linguistics*, *2*(2), 132–149. http://doi.org/10.1093/applin/II.2.132

Cummins, J. (1984). *Bilingualism and Special Education : Issues in Assessment and Pedagogy*. Clevendon, Royaume-Uni: Multilingual Matters.

Cuq, J.-P. (2003). Allophone. Dans *Dictionnaire de didactique du français langue étrangère et seconde*. Paris, France : CLE International.

Dale, T. C. et Cuevas, G. J. (1992). Integrating mathematics and language learning. Dans P. A. Richard-Amato et M. A. Snow (Eds.), *The Multicultural classroom : Reading for content area teachers* (pp. 330–349). White Plains, États-Unis: Longman.

Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W. D. et Nuerk, H. C. (2015). Word problems: A review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, *6*(APR), 1–13. http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00348

Dellarosa, D., Weimer, R. et Kintsch, W. (1985). Children's recall of arithmetic word problems.

Ehrlich, K. et Rayner, K. (1983). Pronoun assignment and semantic integration during reading: eye movements and immediacy of processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *22*(1), 75–87. http://doi.org/10.1016/S0022-5371(83)80007-3

Fernandes, A., Anhalt, C. et Civil, M. (2009). Mathematical Interviews to Assess Latino Students. *Teaching Children Mathematics*, *16*(3), 162–169. Document récupéré le 15 septembre 2015 de : http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=EJ858743

Fletcher, C. R. (1986). Strategies for the allocation of short-term memory during comprehension. *Journal of Memory and Language*, *25*(1), 43–58. http://doi.org/10.1016/0749-596X(86)90020-3

Garnham, a, Oakhill, J. et Johnson-Laird, P. N. (1982). Referential continuity and the coherence of discourse. *Cognition*, *11*(1), 29–46. http://doi.org/10.1016/0010-0277(82)90003-8

Greene, S. B., McKoon, G. et Ratcliff, R. (1992). Pronoun resolution and discourse models. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *18*(2), 266–283. http://doi.org/10.1037/0278-7393.18.2.266

Grevisse, M. et Lits, M. (2009). *Le petit Grevisse : grammaire française* (32e édition). Bruxelles, Belgique: De Boeck.

Goulet, M.-P. et Voyer, D. (2014). La résolution de problèmes écrits d'arithmétique : le rôle déterminant des inférences. Éducation Et Francophonie, 42(2), 100–119. http://doi.org/10.7202/1027908ar

Guba, E. G. (1981). Criteria for Assessing the Trustworthiness of Naturalistic Inquiries. *Educational Communication and Technology*, *29*(2), 75–91.

Hegarty, M., Mayer, R. E. et Green, C. E. (1992). Comprehension of arithmetic word problems: Evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology*, *84*(1), 76–84. http://doi.org/10.1037/0022-0663.84.1.76

Houdement, C. (2003). La résolution de problèmes en question. *Grand N*, *71*, 7–23.

Houdement, C. (2011). Connaissances cachées en résolution de problèmes arithmétiques ordinaires à l'école. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, *16*, 67–96.

Kersaint, G., Thompson, D. R. et Petkova, M. (2013). *Teaching mathematics to English Language Learners*. New York, États-Unis : Routledge.

Kessler, C., Quinn, M. et Hayes, C. (1985). Processing mathematics in a second language : Problems form LEP students. Dans A. Labarca et L. Bailey (Eds.), *Issues en L2 : Theory as practice, practice as theory* (pp. 151–163). New York, États-Unis : Ablex Publishing.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension A Paradigm for Cognition*. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.

Kintsch, W. et Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, *92*(1), 109–129. http://doi.org/10.1037//0033-295X.92.1.109

Kintsch, W. et Rawson, K. A. (2005). Comprehension. Dans M. J. Snowling et Charles Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 209–226). Malden, États-Unis : Snowling et Hulme.

Klingner, J. K., Artiles, A. J. et Barletta, L. M. (2006). Struggle With Reading : Language Acquisition or LD ?, *39*(2), 108–128.

Krippendorf, K. (2003). Unitizing. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology (2e édition)*.

Ledent, J., Aman, C., Garnett, B., Murdoch, J., Walters, D. et McAndrew, M. (2013). Academic performance and educational pathways of young allophones: A comparative multivariate analysis of Montreal, Toronto, and Vancouver. Canadian Studies in Population, 40(1–2), 35–56.

Legendre, R. (2005a). Allophone. Dans *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e édition, p.39). Montréal, Canada : Guérin.

Legendre, R. (2005b). Compréhension. Dans *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e édition, p. 261). Montréal, Canada : Guérin.

Legendre, R. (2005c). Problème. Dans *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e édition, p. 1078). Montréal, Canada : Guérin.

Legendre, R. (2005d). Surcharge cognitive. Dans *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e édition, p.1283). Montréal, Canada : Guérin.

Lewis, A. B. et Mayer, R. E. (1987). Students' miscomprehension of relational statements in arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, *79*(4), 363–371. http://doi.org/10.1037/0022-0663.79.4.363

Martiniello, M. (2008). Language and the performance of English-Language Learners in Math Word Problems. *Harvard Educational Review*, *78*(2), 333–369. http://doi.org/10.2307/1510642

Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*. http://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x

McDonald, J. L. et Macwhinney, B. (1995). The time course of anaphor resolution: effects of implicit verb causality and gender. *Journal of Memory and Language*, *34*(4), 543–566. http://doi.org/10.1002/he.36919886411

Mestre, J. P. (1984). Teaching problem solving strategies to bilingual students: what do research results tell us?. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *17*(4), 393–401. http://doi.org/10.1080/0020739860170401

Met, M. (1994). Teaching content through a second language. In *Educating Second Language Children* (pp. 159–182). Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press.

Ministère de l'Éducation. (2001). Programme de l'école québécoise, éducation préscolaire et enseignement primaire, Chapitre 5.3.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2014a). CADRE DE RÉFÉRENCE, Accueil et intégration des élèves issus de l'immigration au Québec, 1–14.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2014b). *Programme de formation de l'école québécoise, Enseignement primaire, Intégration linguistique et sociale*. Québec, Québec.

Ministère de l'Éducation de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. (2015). *Indices de défavorisation par école - 2014-2015*. Québec, Québec. Document récupéré le 18 août 2016 de : http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PSG/statistiques_info_decisionnelle/Indices_defavorisation_ecoles_2014_2015.pdf

Mohan, B. A. (1986). *Language and content*. (Addison-Wesley, Ed.). New York, États-Unis.

Mohan, B. A., Leung, C. et Slater, T. (2010). Assessing Language and Content : A Functional Perspective. Dans A. Paran et L. Sercu (Eds.), *Testing the Untestable in Language Education* (pp. 217–240). Bristol, Royaume-Uni: Multilingual Matters.

Musanti, S. I., Celedón-Pattichis, S. et Marshall, M. E. (2009). Reflections on Language and Mathematics Problem Solving: A Case Study of a Bilingual First-Grade Teacher 1. *Bilingual Research Journal*, *32*(1), 25–41. http://doi.org/10.1080/15235880902965763

Nations Unies. (1948). Déclaration universelle des droits de l'homme. Document récupéré le 9 juin 2015 de : http://www.un.org/fr/documents/udhr/

Nesher, P. et Teubal, E. (1975). Verbal cues as an interfering factor in verbal problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, *6*(C), 41–51. http://doi.org/10.1007/BF00590023

Novotná, J. (2004a). Modelling the word problem solving process. An instrument to determine places suitable for teacher's intervention. Dans *Applications and modelling in mathematics education: Study Conference in Dortmund (Germany), February 13 - 17, 2004; pre-conference volume (ICMI study 14)* (pp. 193–198).

Novotná, J. (2004b). Students' Levels of Understanding of Word Problems. Praha, République Tchèque. Document récupéré le 18 juillet 2016 de : https://www.researchgate.net/publication/251253895_Student's_Levels_of_Understanding_Word_Problems

Orosco, M. J., Swanson, H. L., O'Connor, R. et Lussier, C. (2011). The Effects of Dynamic Strategic Math on English Language Learners' Word Problem Solving. *The Journal of Special Education*, *47*(2), 96–107. http://doi.org/10.1177/0022466911416248

Pape, S. J. (2003). Compare word problems: Consistency hypothesis revisited. *Contemporary Educational Psychology*, *28*(3), 396–421. http://doi.org/10.1016/S0361-476X(02)00046-2

Passolunghi, M. C. et Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, *80*(1), 44–57. http://doi.org/10.1006/jecp.2000.2626

Perfetti, C. A., Landi, N. et Oakhill, J. (2005). The Acquisition of Reading Comprehension Skill. Dans M. J. Snowling et C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 228–247). Malden, États-Unis: Snowling et Hulme.

Publications du Québec. Charte de la langue française (1977). Récupéré le 9 juin 2015 de : http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/C_11/C11.html

Publications du Québec. Loi sur l'instruction publique (1988). Récupéré le 9 juin 2015 de : http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/I_13_3/I13_3.html

Reusser, K. (1985). From situation to equation on formulation, understanding and solving "situation problems". *Technical Report*. Document récupéré le 18 juillet 2016 de : http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:From+situation+to+equation:+on+formulation,+understanding+and+solving+"situation+problems"#0

Rhodes, R. L., Ochoa, S. H. et Ortiz, S. O. (2005). *Assessing culturally and linguistically diverse students : A practical guide*. New York, États-Unis: The Guilford Press.

Riley, M. S. et Greeno, J. G. (1988). Developmental Analysis of Understanding Language About Quantities and of Solving Problems. *Cognition and Instruction*, *5*(1), 49–101. http://doi.org/10.1207/s1532690xci0501_2

Riley, M. S., Greeno, J. G. et Heller, J. I. (1983). Development of Children's Problem-Solving Ability in Arithmetic. Dans H. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking* (pp. 153–196). Orlando, États-Unis: Academic Press.

Rueda, R. et Windmueller, M. P. (2006). English Language Learners, LD, and Overrepresentation : A Multiple-Level Analysis. *Journal of Learning Disabilities*, *39*(2), 99–107.

Secada, W. G. (1991). Degree of Bilingualism and Arithmetic Problem Solving in Hispanic First Graders. *The Elementary School Journal*, *92*(2), 213–231.

Simard, C. (2010). *Didactique du français langue première*. Bruxelles, Belgique: De Boeck.

Skelton, C. (2014). ESL students in the majority at more than 60 schools in Metro Vancouver. Vancouver. Document récupéré le 18 août 2016 de : http://www.vancouversun.com/health/students+majority+more+than+schools+Metro+Vancouver/10005768/story.html

Statistique Canada. (2016). Langue - Faits saillants en tableaux, Recensement de 2011 - Population selon la langue maternelle et les groupes d'âge (0 à 14 ans), chiffres de 2011, pour le Canada, les provinces et les territoires. Document récupéré le 18 janvier 2016 de : http://www12.statcan.ca/census-recensement/2011/dp-pd/hlt-fst/lang/Pages/highlight.cfm?TabID=1&Lang=F&Asc=1&PRCode=01&OrderBy=999&View=1&tableID=401&queryID=1&Age=2

Stern, E. (1993). What makes certain arithmetic word problems involving the comparison of sets so difficult for children? *Journal of Educational Psychology*, *85*(1), 7–23. http://doi.org/10.1037/0022-0663.85.1.7

Thevenot, C., Devidal, M., Barrouillet, P. et Fayol, M. (2007). Why does placing the question before an arithmetic word problem improve performance? A situation model account. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *60*(1), 43–56. http://doi.org/10.1080/17470210600587927

Thevenot, C. et Oakhill, J. (2005). The strategic use of alternative representations in arithmetic word problem solving. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, *58*(7), 1311–1323. http://doi.org/10.1080/02724980443000593

Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Montréal, Canada: Éditions MultiMondes.

Toronto District School Board. (2015). Environmental Scan.

Turner, E. E. et Celedón-Pattichis, S. (2011). Mathematical Problem Solving Among Latina/o Kindergartners: An Analysis of Opportunities to Learn. *Journal of Latinos and Education*, *10*(2), 146–169. http://doi.org/10.1080/15348431.2011.556524

UNESCO. (1990). Déclaration mondiale pour une éducation pour tous.

UNESCO. (1994). Déclaration de Salamanque et Cadre d'action pour l'éducation et les besoins spéciaux.

van der Schoot, M., Bakker Arkema, A. H., Horsley, T. M. et van Lieshout, E. C. D. M. (2009). The consistency effect depends on markedness in less successful but not successful problem solvers: An eye movement study in primary school children. *Contemporary Educational Psychology*, *34*(1), 58–66. http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.07.002

van Dijk, T. et Kintsch, W. (1983). Strategies of Discourse Comprehension New York : Academic Press. *New York: Academic Press*, 413. http://doi.org/10.2307/415483

Verdelhan-Bourgade, M. (1995). Lecture et langage en français langue seconde : problèmes cognitifs et didactiques. *Tréma*, *7*.

Verdelhan-Bourgade, M. (2002). *Le français de scolarisation: Pour une didactique réaliste*. (Presses universitaires de France, Ed.). Paris, France.

Verschaffel, L. (1994). Using Retelling Data to Study Elementary School Children's Representations and Solutions of Compare Problems, *25*(2), 141–165.

Vigner, G. (2009). *Le français langue seconde, comment apprendre le français aux élèves nouvellement arrivés*. Paris, France: Hachette Éducation.

Voyer, D., Beaudoin, I. et Goulet, M.-P. (2012). De la lecture à la résolution de problèmes : des habiletés spécifiques à développer. Revue Canadienne de L'éducation, 35(2), 401–421.

Weir, C. et Khalifa, H. (2008). A cognitive processing approach towards defining reading comprehension. *Cambridge ESOL : Research Notes*, (31), 2–10.

Annexe 1

Chercheure responsable :

Roxanne Tardif-Couture

Étudiante à la maîtrise en psychopédagogie – adaptation scolaire avec mémoire

Sous la direction d'Izabella Oliveira

Département d'études sur l'enseignement et l'apprentissage

Faculté des Sciences de l'Éducation, Université Laval

Courriel : roxanne.tardif-couture.1@ulaval.ca

Source de financement :

CRSH – Conseil de recherches en sciences humaines du Canada

QUESTIONNAIRE SOCIODÉMOGRAPHIQUE – À REMPLIR PAR UN PARENT

1. Quelle est la date de naissance de votre enfant?

   _____

2. De quel pays votre famille vient-elle?

   _____

3. Quelle est la langue maternelle de votre enfant?

   _____

4. Quelle est la langue la plus parlée à la maison?

   _____

5. Parlez-vous français à la maison? Oui ( ) Non ( )

   a. Si vous parlez français à la maison, à quelle fréquence le faites-vous?

Tout le temps ( ) Très souvent ( ) Souvent ( ) Parfois ( ) Jamais ( )

6. Depuis quand votre famille vit-elle au Québec?

   _____

7. Depuis quand votre enfant va-t-il à l'école en français?

_____

8. Est-ce que votre enfant a des frères ou des sœurs? Oui ( ) Non ( )

   a. Si votre enfant a des frères et des sœurs, combien en a-t-il?

   _____

   b. Si votre enfant a des frères et des sœurs, vont-ils à l'école en français? Oui ( ) Non ( )

_____

Nom de l'enfant

_____ _____

Signature du parent Date

Annexe 2

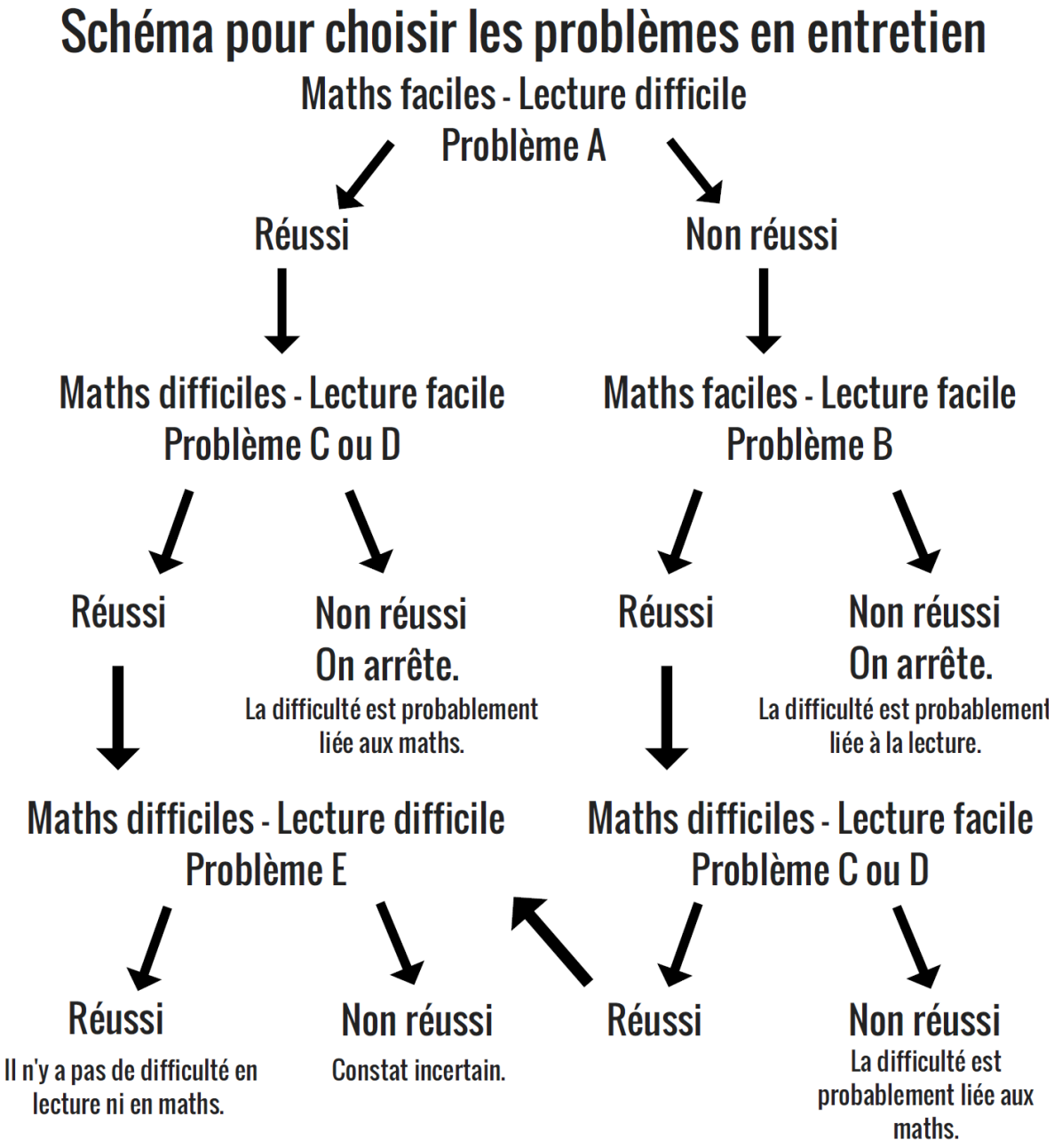


Schéma pour choisir les problèmes en entretien
Maths faciles - Lecture difficile
Problème A
Réussi
Non réussi
Maths difficiles - Lecture facile
Problème C ou D
Maths faciles - Lecture facile
Problème B
Réussi
Non réussi
On arrête.
La difficulté est probablement liée aux maths.
Réussi
Non réussi
On arrête.
La difficulté est probablement liée à la lecture.
Maths difficiles - Lecture difficile
Problème E
Maths difficiles - Lecture facile
Problème C ou D
Réussi
Il n'y a pas de difficulté en lecture ni en maths.
Non réussi
Constat incertain.
Réussi
Non réussi
La difficulté est probablement liée aux maths.

Annexe 3

Canevas d'entretien

Étape 1 : Questions générales

Q1 : Quand tu as à résoudre un problème mathématique à l'école, par quoi commences-tu?

Q2 : Qu'est-ce que tu fais quand il y a un mot que tu ne comprends pas?

Q3 : Comment sais-tu quelle est l'opération à faire? (un + ou un -?)

Q4 : Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile dans les problèmes en maths?

(Si nécessaire)

- ► Est-ce que ce sont les mots?
- ► Est-ce que ce sont les nombres?
- ► Est-ce que ce sont les calculs?
- ► Est-ce que c'est le contexte? (ou la situation)

Q5 : Qu'est-ce que c'est pour toi un problème difficile/facile? / À quoi ça ressemble un problème difficile/facile?

Étape 2 : Nouveaux problèmes à présenter aux élèves

Commencer par le problème A, puis continuer avec les autres problèmes (voir le schéma pour choisir les problèmes en entretien)

Poser ces questions pour chaque problème présenté aux élèves :

1. Explique-moi dans tes mots le problème. (l'histoire du problème, qu'est-ce que tu as compris du problème?)
2. Est-ce qu'il y a des mots qui t'aident à comprendre ce que tu dois faire? Si oui, lesquels?
3. Quelle opération dois-tu faire pour résoudre le problème? (un + ou un -?) / Quel calcul vas-tu faire pour le résoudre? **Maintenant, fais le calcul.**
4. Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile dans ce problème?

   (Si nécessaire)

   - ► Est-ce que ce sont les mots?
   - ► Est-ce que ce sont les nombres?
   - ► Est-ce que ce sont les calculs?
   - ► Est-ce que c'est le contexte? (ou la situation)

→ Si je ne comprends pas ce que l'élève veut dire : Je ne suis pas certaine de comprendre ce que tu veux dire, peux-tu me l'expliquer avec d'autres mots?

A. Ta mère et ta sœur vont à l'épicerie. Elles décident d'acheter des bananes. Elles en achètent 17. En arrivant à la maison, ta mère donne 6 bananes à ton père qui aime beaucoup en manger. Combien de bananes ta mère a-t-elle maintenant qu'elle lui en a données?

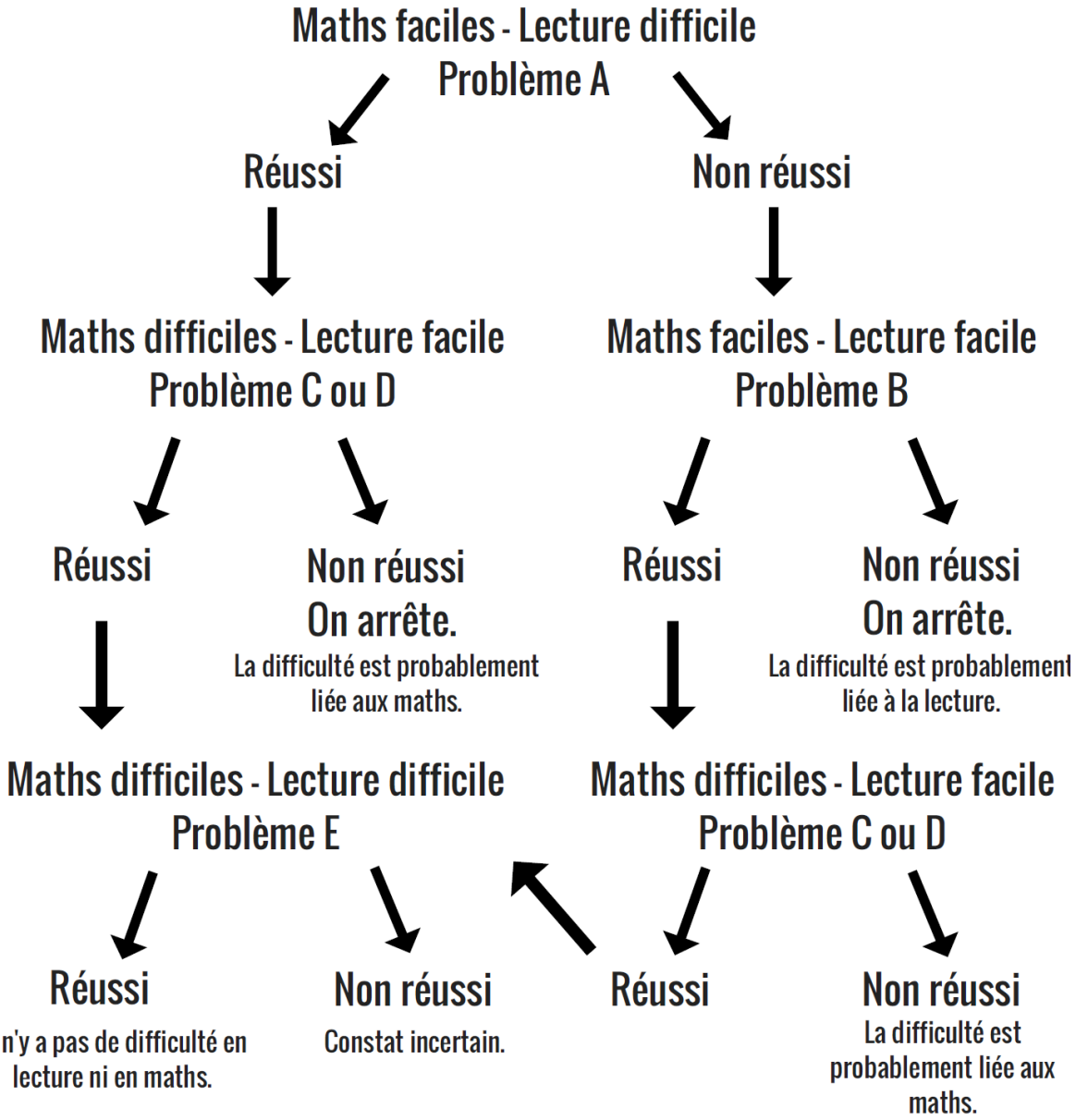
B. Vanessa va au magasin et achète 16 bas. Ensuite, elle donne 8 bas à sa sœur. Combien de bas Vanessa a-t-elle maintenant?

C. Émilie a 21 crayons. Elle a 6 crayons de plus que Stéphanie. Combien de crayons Stéphanie a-t-elle?

D. Marie a 14 bracelets. Elle a 8 bracelets de moins que Julie. Combien de bracelets Julie a-t-elle?

E. Carolanne prépare des cadeaux pour les élèves de son école. Ainsi, elle décide de leur cuisiner des biscuits au chocolat. Carolanne donne 17 biscuits aux élèves de la classe de madame Sylvie. Si elle mange les 8 biscuits qui restent, combien de biscuits au chocolat Carolanne avait-elle préparés au départ?

Schéma pour choisir les problèmes en entretien



Annexe 4

La langue (Tardif-Couture)	La langue (Berger, 2015)			Les mathématiques (Berger, 2015)		Les mathématiques (Tardif-Couture)
	La réception du texte	a)	L'accès lexical			
		b)	L'analyse syntaxique			
La résolution d'anaphores ► Pronom : sujet (il, elle, ...) ou complément du verbe (leur, en, ...) ► Synonyme : plus général ou plus spécifique que le référent (sa sœur, ce cadeau, ...) Les propositions possiblement difficiles ► Proposition subordonnée ▪ Relative : Ta mère donne 6 bananes à ton père *qui aime beaucoup en manger*. ▪ Circonstancielle : Combien de bananes ta mère a-t-elle *maintenant qu'elle lui en a données* ? ► Proposition coordonnée : Elles hésitent entre différents fruits, *mais en discutant*, elles décident d'acheter des bananes.		c)	La détermination du sens des propositions	A.	L'identification d'objets	Le modèle pour l'analyse des problèmes en mathématiques ► Une seule représentation de haut niveau est construite à partir du texte du problème. Ce modèle du problème ne contient que l'information mathématique pertinente et nécessaire pour le résoudre. La typologie des problèmes de structure additive ► Changement : On transforme un ensemble en ajoutant ou en enlevant des éléments. ▪ Résultat inconnu ▪ Changement inconnu ▪ Début inconnu ► Mise en commun : On met en commun deux ensembles pour former un tout. ▪ Total inconnu ▪ Sous-ensemble inconnu ► Comparaison : On compare deux ensembles pour connaître le cardinal de l'un des ensembles. ▪ Différence entre deux ensembles ▪ Ensemble comparé ▪ Ensemble de référence Les indices ► Les indices dans les problèmes qui orientent vers le mauvais choix de l'opération sont qualifiés de distracteurs. Si certains mots peuvent être dans différents problèmes de bons indices ou des distracteurs, on ne peut donc pas se fier à ces formulations pour choisir les opérations à réaliser. L'hypothèse de cohérence pour les problèmes de type « comparaison » ► On divise ces problèmes en deux sous-catégories : ▪ Les problèmes dont le langage est cohérent : le « de plus que » correspond à une addition et le « de moins que » correspond à une soustraction. ▪ Les problèmes dont le langage est incohérent : le « de plus que » est associé à une soustraction et le « de moins que » demande de faire une addition pour résoudre le problème.
				B.	L'identification des relations entre les objets Identification de la structure épisodique ou factuelle de la situation donnée	
Les niveaux de traitement ► Le niveau linguistique : le cerveau traite les mots et les syntagmes contenus dans le texte. ► Le niveau sémantique : le lecteur analyse les relations syntaxiques et celles de cohérence entre les propositions pour saisir le sens du texte. ► La base textuelle : Les microstructures sont généralement hiérarchisées en une structure globale appelée macrostructure. Les microstructures et la macrostructure forment la base textuelle qui représente le sens global du texte.		d)	La production d'inférences La construction d'un modèle mental	C.	L'identification de la question à répondre ou du problème à résoudre par des moyens mathématiques	
				D.	La mise en ordre L'extraction / l'organisation / la structuration de l'information	
	La production du texte					
Nous n'avons pas travaillé la production du texte du point de vue de la langue dans notre mémoire.		e)	La production d'une intention de communication La conceptualisation d'un plan de discours / d'un message préverbal	E.	La mathématisation - créer un modèle mathématique	
		f)	L'activation de ressources lexicales La construction d'une structure syntaxique	F.	La réalisation des opérations mathématiques	
		g)	L'articulation L'expression phonologique	G.	L'interprétation - se référer à la question	
				H.	La validation	

Méta-analyse

La langue et les mathématiques (Tardif-Couture)

Le modèle théorique d'analyse du traitement de problèmes en mathématiques

► Aptitudes individuelles
- Aptitude linguistique
- Aptitude numérique
- Aptitude d'ordre général

► Difficulté du problème à résoudre
- Facteurs linguistiques
- Facteurs numériques
- Interaction entre les facteurs linguistiques et numériques

Quand les facteurs linguistiques et numériques augmentent la complexité d'un problème, la charge cognitive peut augmenter et ainsi dépasser la capacité cognitive d'un individu. En effet, la charge cognitive pour un individu avec de hautes aptitudes linguistiques et numériques peut être plus faible pour un problème en particulier que pour un individu avec de faibles aptitudes linguistiques et numériques. De plus, la complexité arithmétique et linguistique peut mener à des difficultés additionnelles qui ne peuvent pas s'expliquer par les effets de la complexité linguistique ou numérique, mais plutôt par l'interaction entre les deux facteurs.

La typologie des erreurs des élèves

Erreurs liées :
► À la compréhension des consignes
► Aux habitudes scolaires, au mauvais décodage des attentes
► Aux conceptions alternatives des élèves
► Aux opérations intellectuelles impliquées
► À une surcharge cognitive au cours de l'activité
► À une autre discipline
► À la complexité propre au contenu
► À la nouveauté des termes et des symboles
► À la conception des situations
► À la culture familiale

Dans la résolution de problèmes, les élèves peuvent produire différents types d'erreurs. Identifier la cause de leurs erreurs permet de mieux comprendre leur raisonnement.

Références

Le modèle de base

Berger, A. (2015). Conceptualizing the interaction between language and mathematics: An integrated language and mathematics model of word problem solving processes in English as a foreign language. *Journal of Immersion and Content-Based Language Education*, *3*(2), 285–313. http://doi.org/10.1075/jicb.3.2.06ber

La langue

Kintsch, W. et Rawson, K. A. (2005). Comprehension. Dans M. J. Snowling et Charles Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 209–226). Malden, États-Unis: Snowling et Hulme.

Martiniello, M. (2008). Language and the performance of English-Language Learners in Math Word Problems. *Harvard Educational Review*, *78*(2), 333–369. http://doi.org/10.2307/1510642

Les mathématiques

Kintsch, W. et Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, *92*(1), 109–129. http://doi.org/10.1037//0033-295X.92.1.109

Lewis, A. B. et Mayer, R. E. (1987). Students' miscomprehension of relational statements in arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, *79*(4), 363–371. http://doi.org/10.1037/0022-0663.79.4.363

Nesher, P. et Teubal, E. (1975). Verbal cues as an interfering factor in verbal problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, *6*(C), 41–51. http://doi.org/10.1007/BF00590023

La langue et les mathématiques

Astolfi, J.-P. (2011). *L'erreur, un outil pour enseigner* (10e édition). Issy-les-Moulineaux, France : ESF Éditeur.

Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W. D. et Nuerk, H. C. (2015). Word problems: A review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, *6*(APR), 1–13. http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00348

Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Montréal, Canada : Éditions MultiMondes.