

Université de Montréal

Analyse du processus d'intégration de ressources numériques à des pratiques pédagogiques visant l'appropriation du concept de fraction au primaire et apport d'un dispositif de développement professionnel jumelant cercle pédagogique et soutien à l'appropriation en classe

*Par*

Yara El Ayoubi

Département de psychopédagogie et d'andragogie, Faculté des sciences de l'éducation

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de *Philosophiae doctor* (ph. D.)

en sciences de l'éducation, option psychopédagogie

Avril 2023

© Yara El Ayoubi, 2023

Université de Montréal

Département de psychopédagogie et d'andragogie, Faculté des sciences de l'éducation

---

*Cette thèse intitulée*

**Analyse du processus d'intégration de ressources numériques à des pratiques pédagogiques visant l'appropriation du concept de fraction au primaire et apport d'un dispositif de développement professionnel jumelant cercle pédagogique et soutien à l'appropriation en classe**

*Présentée par*

**Yara El Ayoubi**

*A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes*

**Normand Roy**

Président-rapporteur

**Robert David**

Directeur de recherche

**Josianne Robert**

Codirectrice

**Sophie René de Cotret**

Membre du jury

**Mylène Leroux**

Examinatrice externe



## Résumé

Certaines caractéristiques des ressources numériques sont de nature à soutenir les apprentissages de tous les élèves en classe. L'étude de Cyr, Charland et Riopel (2016) permet notamment d'observer un effet significatif sur l'apprentissage du concept de fraction lorsque les élèves réalisent les parcours de l'application *Slice Fractions*. Toutefois, l'intégration de cette ressource à l'enseignement régulier en classe n'accroît pas cet effet.

Notre recherche-action vise à soutenir l'intégration de ressources numériques à des pratiques pédagogiques efficaces par le biais d'un dispositif de développement professionnel jumelant un cercle pédagogique et un soutien en classe. Elle a été réalisée auprès de trois enseignantes de trois classes d'une école primaire afin de mieux comprendre comment intégrer efficacement les pratiques pédagogiques et les ressources numériques en classe pour mieux soutenir les apprentissages de tous les élèves.

Nous avons observé les pratiques pédagogiques et le processus d'apprentissage des élèves en classe. Nous avons aussi étudié l'apport d'un dispositif de développement professionnel pour soutenir le développement des pratiques dans une perspective d'intégration de ressources numériques. L'analyse qualitative est basée sur la documentation sur vidéo des pratiques pédagogiques des enseignantes, de la démarche de leurs élèves et des cercles pédagogiques.

Nos résultats suggèrent que les pratiques pédagogiques mises en œuvre dans ce contexte permettent de mieux soutenir le développement du raisonnement, du métalangage et de l'autorégulation chez tous les élèves. L'ajout d'un dispositif numérique permet également aux enseignantes de segmenter les problèmes à résoudre et de recueillir les réponses de tous les élèves. Ce processus soutient et influe sur leur évaluation du niveau de compréhension des élèves. Les échanges en cercle pédagogique et le soutien en classe contribuent également au développement de la capacité des enseignantes à discerner des éléments importants dans le processus et guident leur planification des activités subséquentes.

Nos résultats contribuent à alimenter la réflexion sur la nature des pratiques pédagogiques susceptibles de favoriser l'intégration de ressources numériques et favorisant les apprentissages

de tous les élèves, ainsi que l'impact des cercles pédagogiques et du soutien en classe et les conditions qui favorisent leur efficacité.

**Mots-clés :** Pratiques pédagogiques, ressources numériques, développement professionnel, cercles pédagogiques, enseignement primaire, mathématiques, concept de fraction.

## Abstract

Some attributes of digital resources are likely to support the learning of all students. In the study by Cyr, Charland and Riopel (2016), a significant effect on the learning of the concept of fraction was observed when students worked through all levels of the application *Slice Fractions*. However, the implementation of this resource in regular classroom instruction did not increase this effect.

Our action research aims to support the integration of digital resources with effective teaching practices through a professional development intervention combining video clubs and in-class assistance. It was conducted with three teachers in three classes of an elementary school to better understand how to conduct an effective integration of teaching practices and digital resources in the classroom to better facilitate the learning of all students.

We observed the teaching practices and the learning process of students in class. We also studied the contribution of a professional development intervention to support the development of teaching practices within a context where digital resources are implemented in the classroom. Qualitative measures are based on the analysis of video documentation of the teachers' practices, their students' learning process and the video clubs.

Our results suggest that the teaching practices implemented in this setting better support the development of reasoning, metalanguage, and self-regulation among all students. The use of an additional digital resource also allows teachers to break down the problems to be solved and collect responses from all students. It supports this process and influences their evaluation of the students' level of understanding. The video club discussions and the in-class assistance also contribute to the development of teachers' ability to discern important elements in the students' learning process and guide their planning of subsequent activities.

Our results inform the discussion on the nature of teaching practices that are likely to promote the implementation of digital resources and foster learning for all students, as well as on the impact of video clubs and in-class assistance and the conditions that strengthen their effectiveness in this type of context.

**Keywords:** Teaching practices, digital resources, professional development, video clubs, elementary education, mathematics, concept of fractions.

## Table des matières

Résumé .....	3
Abstract.....	5
Liste des tableaux .....	10
Liste des figures .....	13
Liste des sigles et abréviations.....	14
Remerciements.....	15
Introduction .....	17
Chapitre 1 – Problématique.....	20
1.1 Principes pédagogiques visant à soutenir les apprentissages de tous les élèves .....	22
1.2 Défis liés à la transposition des principes pédagogiques dans des pratiques en classe .....	26
1.2.1 Situer les élèves dans leur ZPD .....	27
1.2.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves .....	29
1.2.3 Offrir des représentations qui soutiennent l’engagement des élèves avec le contenu.....	31
1.2.4 Soutenir le passage du concret à l’abstrait.....	33
1.3 Apport des ressources numériques .....	36
1.3.1 Situer les élèves dans leur ZPD .....	36
1.3.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves .....	37
1.3.3 Offrir des représentations qui soutiennent l’engagement des élèves avec le contenu.....	39
1.3.4 Soutenir le passage du concret à l’abstrait.....	40
1.4 Formation des enseignants à intégrer les ressources numériques dans leurs pratiques ...	43
1.5 Contexte d’apprentissage pour observer la mise en œuvre d’une intégration de pratiques pédagogiques et des ressources numériques.....	46
1.6 Questions de recherche .....	47
Chapitre 2 – Cadre conceptuel .....	49
2.1 Défis liés à l’apprentissage du concept de fraction.....	49
2.2 Principes pédagogiques .....	55
2.2.1 Situer les élèves dans leurs ZPD.....	56
2.2.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves .....	57
2.2.3 Offrir des représentations riches qui soutiennent l’engagement des élèves avec le contenu.....	59

2.2.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait .....	60
2.3 Pratiques pédagogiques.....	67
2.4 Apport des ressources éducatives numériques .....	83
2.4.1 Situer les élèves dans leur ZPD .....	83
2.4.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves .....	85
2.4.3 Offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu.....	86
2.4.4 Soutenir le passage du concert à l'abstrait .....	90
2.5 Développement professionnel.....	92
2.5.1 Études sur les dispositifs de développement professionnel efficaces.....	92
2.5.2 Modèle de développement professionnel de Shulman et Shulman (2004) .....	95
2.5.3 Modèle TPaCK.....	97
2.5.4 Modèles de développement professionnel pour soutenir l'intégration des trois dimensions du modèle TPaCK.....	100
2.5.5 Communautés de pratiques.....	106
2.5.6 Caractéristiques d'un dispositif de développement professionnel efficace .....	111
2.6 Objectifs de la recherche .....	120
Chapitre 3 – Méthodologie .....	122
3.1 Nature de la recherche .....	122
3.2 Participants .....	125
3.3 Choix des applications.....	128
3.4 Instruments de collecte de données.....	140
3.4.1 Tableau de cohérence.....	140
3.4.2 Grilles d'observation .....	141
3.5 Déroulement.....	148
3.6 Traitement et analyse des données.....	155
3.6.1 Choix de l'outil synopsis.....	155
3.6.2 Démarche de description des activités selon l'outil Synopsis.....	157
3.6.3 Codage des verbatim .....	159
3.6.4 Validation des descriptions et du codage .....	161
3.7 Forces et limites de la méthodologie.....	164
3.8 Précautions éthiques .....	165
Chapitre 4 – Résultats .....	166
4.1 Fréquences des pratiques .....	170

4.2 Description de l'activité 1 de chaque enseignante à la lumière de la rencontre préparatoire.....	171
4.2.1 Présentation de la rencontre préparatoire.....	174
4.2.2 Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante A.....	176
4.2.3 Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante B.....	179
4.2.4 Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante C.....	183
4.2.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes.....	185
4.3 Description de l'activité 2 de chaque enseignante à la lumière de la première rencontre en cercle pédagogique.....	189
4.3.1 Présentation de la première rencontre en cercle pédagogique.....	191
4.3.2 Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante A.....	202
4.3.3 Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante B.....	204
4.3.4 Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante C.....	208
4.3.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes.....	211
4.4 Description de l'activité 3 de chaque enseignante à la lumière de la deuxième rencontre en cercle pédagogique.....	216
4.4.1 Présentation de la deuxième rencontre en cercle pédagogique.....	219
4.4.2 Transposition dans l'activité 3 de l'enseignante A.....	229
4.4.3 Transposition dans l'activité 3 de l'enseignante B.....	234
4.4.4 Transpositions dans l'activité 3 de l'enseignante C.....	239
4.4.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes.....	242
4.5 Description de l'activité 4 de chaque enseignante à la lumière de la troisième rencontre en cercle pédagogique.....	247
4.5.1 Présentation de la troisième rencontre en cercle pédagogique.....	250
4.5.2 Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante A.....	257
4.5.3 Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante B.....	261
4.5.4 Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante C.....	266
4.5.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes.....	269
4.6 Description de la quatrième et dernière rencontre en cercle pédagogique.....	273
Chapitre 5 – Interprétation et discussion.....	281
5.1 Interprétation des résultats issus de l'analyse descriptive des activités.....	281
5.1.1 Situer les élèves dans leur ZPD.....	282
5.1.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves.....	287
5.1.3 Offrir des représentations riches qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu.....	289

5.1.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait .....	291
5.2 Dispositif de développement professionnel .....	292
5.2.1 Développement de la capacité des enseignantes à discerner .....	293
5.2.2 Développement de l'engagement des enseignantes dans le développement de leurs pratiques.....	297
5.2.3 Développement des pratiques.....	299
5.2.4 Collaboration et propositions de pistes de développement en termes de pratiques pédagogiques.....	300
5.3 Discussion .....	303
5.3.1 Intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques .....	303
5.3.2 Soutenir le développement professionnel des enseignantes .....	315
5.3.3 Synthèse de la discussion.....	318
Chapitre 6 – Conclusion .....	327
6.1 Rappel de la démarche et des résultats.....	328
6.2 Apport de la recherche .....	333
6.3 Limites de la recherche .....	334
6.4 Pistes de travail et de recherche.....	335
Références bibliographiques .....	339
Annexes .....	353

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b>	Liens entre les pratiques pédagogiques, les principes qu'elles soutiennent et les phases auxquelles elles correspondent .....	69
<b>Tableau 2</b>	Résultats de l'étude de Tournaki (2003) .....	81
<b>Tableau 3</b>	Détail des consentements par classe .....	126
<b>Tableau 4</b>	Portrait des élèves dans les trois classes .....	127
<b>Tableau 5</b>	Présentation des participants .....	127
<b>Tableau 6</b>	Cohérence entre les niveaux de Slice Fractions et les intentions du PFEQ (2009) ..	133
<b>Tableau 7</b>	Tableau de cohérence de la recherche .....	141
<b>Tableau 8</b>	Grille d'observation des pratiques pédagogiques.....	142
<b>Tableau 9</b>	Grille d'observation du travail des élèves .....	145
<b>Tableau 10</b>	Grille d'observation des cercles pédagogiques.....	147
<b>Tableau 11</b>	Calendrier du projet .....	149
<b>Tableau 12</b>	Calendrier des rencontres avec les enseignants .....	152
<b>Tableau 13</b>	Organisation des descriptions et des codes.....	160
<b>Tableau 14</b>	Contre codage des activités en classe.....	162
<b>Tableau 15</b>	Contre codage des cercles pédagogiques .....	162
<b>Tableau 16</b>	Structure du chapitre 4 .....	167
<b>Tableau 17</b>	Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 1 dans les trois classes .....	171
<b>Tableau 18</b>	Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 1 dans les trois classes .....	173
<b>Tableau 19</b>	Synthèse des activités 1 dans les trois classes .....	186
<b>Tableau 20</b>	Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 2 dans les trois classes .....	189
<b>Tableau 21</b>	Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 2 dans les trois classes .....	191
<b>Tableau 22</b>	Synthèse des activités 2 dans les trois classes .....	212
<b>Tableau 23</b>	Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 3 dans les trois classes .....	217
<b>Tableau 24</b>	Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 3 dans les trois classes .....	218



<b>Tableau 25</b> Synthèse des activités 3 dans les trois classes .....	243
<b>Tableau 26</b> Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 4 dans les trois classes .....	247
<b>Tableau 27</b> Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 4 dans les trois classes .....	249
<b>Tableau 28</b> Segmentation des défis 12 et 16 du niveau 6 dans Nearpod.....	257
<b>Tableau 29</b> Exemples de réponses d'élèves dans Nearpod .....	258
<b>Tableau 30</b> Synthèse des activités 4 dans les trois classes .....	270
<b>Tableau 31</b> Développement des pratiques associées aux quatre principes pédagogiques soutenus par les ressources numériques .....	314
<b>Tableau 32</b> Pratiques pédagogiques de l'enseignante A dans l'activité 1 .....	356
<b>Tableau 33</b> Travail des élèves dans la classe l'enseignante A durant l'activité 1.....	358
<b>Tableau 34</b> Pratiques pédagogiques de l'enseignante A durant l'activité 2.....	361
<b>Tableau 35</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante A durant l'activité 2.....	363
<b>Tableau 36</b> Pratiques pédagogiques de l'enseignante A durant l'activité 3.....	370
<b>Tableau 37</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante A durant l'activité 3.....	372
<b>Tableau 38</b> Pratiques pédagogiques de l'enseignante A durant l'activité 4.....	378
<b>Tableau 39</b> Travail des élèves de l'enseignante A durant l'activité 4 .....	380
<b>Tableau 40</b> Pratiques pédagogiques de l'enseignante B durant l'activité 1 .....	385
<b>Tableau 41</b> Travail des élèves de l'enseignante B durant l'activité 1 .....	387
<b>Tableau 42</b> Pratiques pédagogiques de l'enseignante B durant l'activité 2 .....	393
<b>Tableau 43</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante B durant l'activité 2.....	395
<b>Tableau 44</b> Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante B durant l'activité 3 ...	401
<b>Tableau 45</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante B durant l'activité 3.....	403
<b>Tableau 46</b> Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante B durant l'activité 4 ...	408
<b>Tableau 47</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante B durant l'activité 4.....	409
<b>Tableau 48</b> Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante C durant l'activité 2 ...	411
<b>Tableau 49</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante C durant l'activité 2.....	413
<b>Tableau 50</b> Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante C durant l'activité 3 ...	417
<b>Tableau 51</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante C durant l'activité 3.....	419
<b>Tableau 52</b> Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante C durant l'activité 4 ...	425
<b>Tableau 53</b> Travail des élèves dans la classe de l'enseignante C durant l'activité 4.....	426

<b>Tableau 54</b> Concepts et niveaux dans Slice Fractions.....	427
<b>Tableau 55</b> Description des activités avec Nearpod .....	430
<b>Tableau 56</b> Grille d’observation des pratiques pédagogiques.....	432
<b>Tableau 57</b> Grille d’observation du raisonnement des élèves.....	435
<b>Tableau 58</b> Grille de codage initiale des cercles pédagogiques de Sherin et Van Es (2009).....	437
<b>Tableau 59</b> Fréquences des pratiques pédagogiques observées dans les trois classes.....	453
<b>Tableau 60</b> Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves dans les trois classes....	455

## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Exemples de défis dans Stephen Hawking's Snapshots of the Universe.....	87
<b>Figure 2</b>	Exemple d'un défi dans Slice Fractions .....	89
<b>Figure 3</b>	Exemple d'un défi dans Slice Fractions .....	90
<b>Figure 4</b>	Schéma du modèle de Shulman et Shulman (2004) .....	96
<b>Figure 5</b>	Modèle TPaCK (Mishra et Koehler, 2006) .....	99
<b>Figure 6</b>	Exemples des sens d'une fraction dans Slice Fractions.....	130
<b>Figure 7</b>	Exemple d'un défi dans Slice Fractions .....	132
<b>Figure 8</b>	Slice Fractions: Niveau 4, défis 13 et 14.....	135
<b>Figure 9</b>	Slice Fractions: Niveau 4, défi 3 .....	136
<b>Figure 10</b>	Exemples de Slice Fractions avec une variété de représentations de surface .....	137
<b>Figure 11</b>	Exemples de Slice Fractions avec des représentations abstraites du concept de fraction.....	138
<b>Figure 12</b>	Deux exemples de Slice Fractions pour montrer que les parties doivent être égales .....	138
<b>Figure 13</b>	Exemple de Slice Fractions pour montrer que les parties ne doivent pas être délimitées par des lignes .....	138
<b>Figure 14</b>	Exemple de Slice Fractions pour montrer que les parties n'ont pas toujours la même forme.....	139
<b>Figure 15</b>	Exemple d'une diapositive créée dans Nearpod avec une capture d'écran de Slice Fractions.....	139
<b>Figure 16</b>	Exemple d'un défi dans Slice Fractions expliquant que $2/3 = 4/6$ .....	224

## Liste des sigles et abréviations

CRA : Concrete-Representational-Abstract

CSÉ : Conseil supérieur de l'éducation

CTREQ : Centre de transfert pour la réussite éducationnel du Québec

EEF : Education Endowment Foundation

MEQ: Ministère de l'Éducation du Québec

NCTM: National Council of Teachers of Mathematics

NRC: National research council

NSDC : National Staff Development Council

PFEQ : Programme de formation de l'école québécoise

RA : Representational-Abstract

SAHE : State Agencies for Higher Education

SASS: Schools and staffing survey

TIC: Technologies de l'information et de la communication

TIMSS : Trends in International Mathematics and Science Study

TNI: Tableau blanc interactif

TPaCK: Technological Pedagogical and Content Knowledge

CK: Content Knowledge

PK: Pedagogical Knowledge

TK: Technological Knowledge

PCK : Pedagogical Content Knowledge

TCK: Technological Content Knowledge

TPK : Technological Pedagogical Knowledge

ZPD : Zone proximale de développement

*Dans ce document, le genre masculin est utilisé comme générique, dans le seul but de ne pas alourdir le texte.*

## Remerciements

Même si un doctorat est un travail demandant souvent silence et solitude, je souhaite ici exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation et à son aboutissement.

Je souhaite remercier avant tout mon directeur de thèse, le professeur Robert David, pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral, pour ses nombreux conseils et pour toutes les heures qu'il a consacrées à diriger cette recherche. J'aimerais également lui dire à quel point j'ai apprécié sa grande disponibilité et les multiples relectures minutieuses des documents que je lui ai adressés. J'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce parcours. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse ma gratitude pour tout cela. C'est certainement aussi pour le plaisir des discussions que nous avons partagées que je le remercie. La chance que j'ai eu d'effectuer ma thèse sous sa direction est inestimable.

Je souhaite également remercier ma codirectrice de thèse, la professeure Josianne Robert, pour ses qualités humaines et pédagogiques, son attention de tout instant sur mes travaux, ses conseils avisés et sa sympathie qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de cette thèse. Je la remercie pour son implication, son soutien et ses encouragements. Sa gentillesse et sa disponibilité ont grandement contribué au plaisir que j'ai eu à réaliser ce travail.

Je tiens à remercier très sincèrement les membres de mon jury de thèse pour l'honneur qu'ils m'ont accordé. En premier lieu, son président, le professeur Normand Roy, pour son fort soutien et pour m'avoir accueilli dans son équipe. J'ai pu grâce à lui participer à de nombreux travaux de recherche qui ont enrichi mon parcours et m'ont fait grandir. Je le remercie également pour les agréables discussions que j'ai partagées avec lui et ses précieux conseils à chaque étape de ce travail.

Je remercie la professeure Sophie René de Cotret pour la justesse de ses commentaires et de m'avoir offert l'opportunité d'assister à son cours. Les apprentissages réalisés lors des formations suivies avec elle et de nos échanges ont été essentiels pour la poursuite de ce travail et la rédaction de cette thèse. Je suis extrêmement reconnaissante qu'elle soit restée sur mon jury.

Je remercie également mon examinatrice externe, la professeure Mylène Leroux, pour avoir accepté de faire partie de mon jury et porté une lecture attentive de ce document.

Mes remerciements vont également à plusieurs professeurs de l'Université de Montréal qui m'ont encouragée tout au long de ce parcours et avec qui j'ai eu des échanges enrichissants qui rendaient les heures passées à travailler à la faculté moins longues et plus agréables.

Ma reconnaissance va à tous ceux qui ont accepté de participer à cette recherche, particulièrement aux enseignantes pour m'avoir accueillie chaleureusement dans leurs classes et avoir consacré temps et énergie pour que cette étude soit fructueuse. Sans elles ce travail n'aurait jamais pu aboutir. J'ai grandement appris et évolué pendant les semaines passées ensemble. Je ne pourrai jamais espérer un meilleur environnement pour la réalisation de cette étude. Mille merci pour votre dévouement et pour le travail que vous faites quotidiennement.

Je souhaite remercier spécialement Anne-Marie Poirier qui a toujours su m'impressionner par sa sagesse et sa disponibilité. Je la remercie pour son soutien, ses relectures, ses conseils, ses encouragements et sa patience tout au long de la thèse.

Je remercie mes collègues avec qui j'ai partagé tant d'aventures et pu bâtir de belles amitiés. Je les remercie pour leur aide et leur bonne humeur. Leur compagnie est des plus agréables.

Enfin, je remercie mes parents et mes amis qui ont assuré le soutien affectif et ont été des plus compréhensifs à tout moment de ce travail doctoral.

## Introduction

Cette recherche s'inscrit dans la foulée de la publication du Plan d'action numérique par le ministère de l'Éducation du Québec en 2018 et plus spécifiquement du postulat voulant que c'est en implantant les pratiques pédagogiques les plus probantes que les ressources numériques contribueront pleinement à la réussite éducative des élèves (MEQ, 2018, p. 38). Cette visée du Plan d'action numérique est de nature à soutenir l'approche privilégiée par le Québec qui vise la prise en compte de la diversité des élèves pour offrir à tous un parcours scolaire fécond. Toutefois, en dépit de ce plan ambitieux, nous observons que l'exploitation des ressources numériques demeure peu fréquente en contexte scolaire ou qu'elle se fait dans le cadre d'activités qui ne génèrent pas toujours les effets escomptés eu égard aux visées du programme de formation.

Comme l'indique Hattie (2023), plus de 300 métaanalyses ont été réalisées pour tenter de mieux comprendre les effets des technologies sur l'apprentissage et la grande variation dans la taille de l'effet soulève bien des questions. C'est pourquoi il est plus important de s'intéresser à l'intégration des ressources numériques à l'enseignement et plus spécifiquement à l'alignement pédagogique.

Notre recherche vise donc à mieux comprendre comment se réalise le travail d'intégration de pratiques pédagogiques et de ressources numériques dans la perspective mise de l'avant par le MEQ afin que cette intégration constitue une valeur ajoutée pour soutenir les apprentissages de tous. Par ailleurs, pour mieux le comprendre et le soutenir, nous estimons qu'il est essentiel de l'observer en contexte scolaire. C'est pourquoi notre étude privilégie une documentation des pratiques en classe et la mise en œuvre d'un dispositif de développement professionnel permettant de soutenir les enseignants dans le développement de l'expertise requise en contexte en favorisant une alternance rapide entre les expérimentations en classe et l'analyse des pratiques au sein d'un cercle pédagogique.

Dans le premier chapitre, nous nous questionnons d'abord sur les enjeux associés à la mise en œuvre des pratiques pédagogiques aptes à soutenir les apprentissages de tous les élèves et nous identifions certains principes pédagogiques qui sont de nature à les soutenir. Nous présentons ensuite l'apport des ressources numériques et l'identification des défis que peut poser une telle

mise en œuvre et des enjeux liés au développement professionnel requis pour accompagner les enseignants dans cette démarche. En terminant, bien que cette étude ne se situe pas dans le champ de la didactique, elle doit s'inscrire dans un domaine d'apprentissage et c'est pourquoi nous examinons également le contexte de l'enseignement et de l'apprentissage du concept de fraction.

Le deuxième chapitre présente le cadre théorique de notre recherche. Nous commençons par présenter les difficultés liées à l'apprentissage du concept de fraction. Nous poursuivons avec une analyse plus approfondie des principes pédagogiques évoqués dans la problématique et de pratiques pédagogiques qui les sous-tendent. Ensuite, nous examinons les caractéristiques des ressources numériques qui sont susceptibles de soutenir la mise en œuvre de ces pratiques. Finalement, nous présentons des dispositifs de développement professionnel qui peuvent favoriser l'appropriation et la mise en œuvre de pratiques pédagogiques efficaces dans le contexte de l'intégration des ressources numériques. Nous concluons avec les objectifs de recherche de cette étude.

Le troisième chapitre présente la méthodologie de la recherche. Nous commençons tout d'abord par exposer sa nature. Nous présentons ensuite les critères de sélection des participants et le dispositif de développement professionnel privilégié, soit le cercle pédagogique accompagné d'un soutien en classe, ainsi que le choix des ressources numériques exploitées. Nous justifions, ensuite, le choix des instruments de collecte de données utilisés et leurs liens avec nos objectifs de recherche. Nous décrivons également le déroulement des rencontres en cercle pédagogique et le type de soutien offert en classe. Nous expliquons ensuite la procédure de traitement et d'analyse de données. Nous terminons avec les forces, les limites et les considérations éthiques liées à cette étude.

Le quatrième chapitre présente les résultats en proposant une description de chaque rencontre en cercle pédagogique qui a eu lieu avec les enseignantes, suivi de la description des transpositions qu'elles ont faites dans les trois classes ainsi que le travail de leurs élèves, et ce pour chacune des quatre activités qu'elles ont animées.



Le cinquième et dernier chapitre présente le travail d'interprétation et la discussion des résultats. Quant à elle, la conclusion met en relief les principaux résultats, leur apport à une meilleure compréhension de l'intégration des ressources numériques aux pratiques pédagogiques visant à soutenir les apprentissages de tous les élèves, les limites de la recherche ainsi que des pistes pour de futurs travaux.

## Chapitre 1 – Problématique

Au printemps 2018, le ministère de l'Éducation a, dans son Plan d'action numérique, réitéré l'importance de l'intégration des ressources numériques<sup>1</sup> en contexte scolaire. Ce plan ambitieux vise à la fois le développement des compétences numériques des élèves et des personnels de l'éducation, l'exploitation des ressources numériques comme vecteur de valeur ajoutée dans les pratiques d'enseignement et d'apprentissage et la création d'un environnement propice au déploiement du numérique. Le plan spécifie également que la formation et l'accompagnement du personnel scolaire constituent la pierre d'assise de sa mise en œuvre (ministère de l'Éducation du Québec [MEQ], 2018).

Plus spécifiquement, le Ministère indique que :

« C'est en développant des pratiques pédagogiques innovantes, puis en diffusant et en implantant les plus probantes parmi ces dernières, que les acteurs du système éducatif pourront pleinement tirer profit des technologies numériques et contribuer plus efficacement à la réussite éducative des apprenantes et des apprenants. » (MEQ, 2018, p. 38)

Cette visée du Plan d'action numérique est de nature à contribuer à l'approche privilégiée par le Québec qui vise la prise en compte de la diversité des élèves. Elle s'inscrit dans le mouvement mondial des droits de l'homme avec notamment la Déclaration mondiale sur l'éducation pour tous de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO, 1990). Elle sous-tend la mise en œuvre d'une organisation scolaire et de pratiques pédagogiques susceptibles de soutenir les apprentissages de tous les élèves au sein d'une même classe (MEQ, 2010 ; Conseil supérieur de l'éducation [CSÉ], 2017). Dans cette perspective, le ministère de l'Éducation du Québec aspire à réduire les écarts entre les élèves et à maintenir la progression dans les taux de diplomation (MEQ, 2022). La mise en place des conditions permettant à tous les élèves d'avoir « des chances égales de poursuivre leur parcours scolaire et de le réussir avec succès » représente donc un enjeu important et complexe (MEQ, 2021, p. 9). Notre recherche vise donc à mieux comprendre comment se réalise le travail d'intégration de pratiques

---

*1 À noter que le terme ressources numériques utilisé dans cette thèse inclut les technologies de l'information et de la communication (TIC).*

pédagogiques et de ressources numériques dans la perspective mise de l'avant par le MEQ afin que cette intégration constitue une valeur ajoutée pour soutenir les apprentissages de tous.

C'est pourquoi dans la section 1.1, nous nous appuyerons sur les travaux de différents chercheurs (Marzano, 1998 ; Hattie, 2023; EEF, 2021 ; Tomlinson, 2010) pour identifier quelques principes pédagogiques qui sont de nature à guider le travail d'enseignants. Le choix de ces principes est aussi déterminé par l'intention de cette recherche qui est de porter un regard sur l'apport d'une intégration des ressources numériques.

Nous entendons par principe une visée générale qui est de nature à soutenir les apprentissages et qui doit ensuite se traduire en classe par des pratiques pédagogiques ayant des intentions spécifiques (Messier, 2014). C'est pourquoi, dans la section 1.2, nous examinerons les défis liés à cette transposition dans des pratiques pédagogiques. Rappelons que dans son ouvrage « Visible Learning », Hattie (2012) entend par pratique l'ensemble des actions ou des interventions planifiées, délibérées et explicites qu'un enseignant met en œuvre pour favoriser les apprentissages de ses élèves (Hattie, 2012).

À la section 1.3, nous examinerons l'apport des ressources numériques pour soutenir la mise en œuvre des principes pédagogiques ciblés, l'efficacité et la faisabilité des pratiques pédagogiques qui en découlent ainsi que les défis associés à l'appropriation sur le plan technologique et l'intégration aux pratiques pédagogiques. C'est également dans cette section que nous présenterons les critères ayant servi à la sélection de la ressource numérique exploitée dans cette étude.

Enfin, afin de soutenir l'appropriation et la mise en œuvre des pratiques pédagogiques en classe, Jacob et McGovern (2015) ont observé, dans le cadre de leurs travaux, que les dispositifs de développement professionnel traditionnels n'ont pas les effets escomptés sur le développement des pratiques pédagogiques et, par conséquent, sur les apprentissages des élèves. En effet, les enseignants s'engagent souvent dans des formations de courte durée pour ensuite se buter au défi de la transposition dans leurs pratiques en classe (Tomlinson et al., 2008). À ce sujet, Leclerc et Labelle (2013) estiment que le développement professionnel traditionnel n'est plus suffisant pour favoriser le déploiement de pratiques qui soutiennent les apprentissages de tous les élèves.

Pour cette raison et puisque le développement professionnel des enseignants constitue un pilier du plan d'action numérique et a un effet déterminant sur la qualité de l'intégration des ressources numériques et par extension sur l'apport à la réussite scolaire de tous les élèves, la section 1.4 décrit les enjeux qui y sont liés.

Bien que cette étude ne se situe pas dans le champ de la didactique, elle doit s'inscrire dans un domaine d'apprentissage qui permet d'observer le processus d'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques ainsi que le travail réalisé dans un dispositif de développement professionnel, tout cela en prenant en considération les savoirs disciplinaires et la disponibilité des ressources numériques en classe au primaire. C'est pourquoi nous précisons d'entrée de jeu que nous avons choisi le concept de fraction en raison de la disponibilité d'une ressource numérique qui répond à nos critères, *Slice Fractions*, et du défi que représente l'acquisition de ce concept ainsi que la complexité des pratiques pédagogiques qui doivent être mises en œuvre. Nous estimons qu'il s'agit d'un contexte propice à la réalisation de cette étude et nous justifierons ce choix à la section 1.5. Finalement, nous concluons par la présentation de nos questions de recherche.

### **1.1 Principes pédagogiques visant à soutenir les apprentissages de tous les élèves**

Sur le plan des pratiques pédagogiques, le PFEQ n'est pas prescriptif même si « beaucoup d'éléments du Programme de formation, en particulier ceux qui concernent le développement de compétences et la maîtrise de savoirs complexes, font appel à des pratiques basées sur une conception de l'apprentissage d'inspiration constructiviste. » (MEQ, 2006, p. 5). Dans ce contexte, l'enseignant doit mettre en place les conditions requises, notamment par la mise en œuvre de contextes d'apprentissage féconds, pour que chaque élève puisse mobiliser ses connaissances et développer progressivement son autonomie dans des situations variées et de complexité croissante et ainsi permettre à l'enseignant d'observer les manifestations de compétence.

Pour contribuer à établir ces conditions, un imposant corpus de recherches en éducation vise le développement et l'identification des pratiques pédagogiques qui ont un effet élevé sur les apprentissages et notamment sur ceux des élèves qui ont besoin d'un soutien plus important. Diverses approches en recherche alimentent cette réflexion, mais les métaanalyses et les

synthèses de métaanalyses ont été particulièrement mises à contribution au cours des dernières années. Il importe toutefois de rappeler que ce type de traitement statistique qui s'appuie sur l'agrégation des données peut regrouper des pratiques relativement différentes et masquer le rôle de certains autres facteurs importants à prendre en compte. À titre d'exemple, c'est ce qui a conduit Hattie (2012) à se pencher sur la rétroaction, sur ses visées et sur les caractéristiques de sa mise en œuvre après avoir constaté dans sa synthèse que la taille de l'effet (0,73) variait de 0,12 à 1,13 selon les métaanalyses recensées.

Marzano (1998) attribue cette confusion à la démarche généralement utilisée pour regrouper les études sous des catégories qui émergent des noms attribués aux stratégies pédagogiques étudiées, mais qui se composent elles-mêmes d'un ensemble variable de pratiques et de conditions de mise en œuvre. C'est ce qui l'a amené à organiser sa métaanalyse en fonction d'une théorie de l'apprentissage afin de donner préséance aux visées des pratiques, soit, en l'occurrence a) les connaissances, b) la cognition, c) la métacognition et d) les croyances et les perceptions qu'il décline ensuite en sous-catégories.

Quant à eux, les chercheurs de l'EEF (2021), dans le cadre de l'élaboration du dispositif *Teaching and Learning Toolkit*, un classement de l'efficacité des pratiques, ont également estimé important de faire émerger un modèle d'enseignant expert. L'objectif de ce modèle est d'aider les enseignants à mieux interpréter les données sur les pratiques efficaces, à avoir une vue d'ensemble pour mieux cibler leur développement professionnel et à se réguler en fonction des visées de ces pratiques. À cet égard, ils rappellent qu'une même pratique pédagogique peut servir différentes visées et que son efficacité dépend également du contexte de mise en œuvre et des autres pratiques pédagogiques qui l'accompagnent. Par exemple, le questionnement peut à la fois servir à rendre visibles les apprentissages des élèves et à offrir un soutien à la construction d'un raisonnement (EEF, 2021). Leur modèle est composé de quatre principes: a) comprendre les concepts à enseigner et comment ils s'acquièrent, b) créer un environnement qui soutient les apprentissages, c) gérer la classe pour maximiser les occasions d'apprentissage et d) engager les élèves dans un raisonnement en profondeur.

Tomlinson (2010) s'est, pour sa part, intéressée plus spécifiquement à la différenciation pédagogique et à la viabilité de la transposition en classe. Dans cette perspective, son modèle est

composé des cinq principes suivants : a) un environnement qui soutient et encourage le développement des apprentissages, b) un contenu de qualité, c) des évaluations qui informent sur et aident à réguler l'enseignement et les apprentissages, d) une guidance des élèves et une adaptation aux besoins de chacun et e) une organisation de routines. Sa posture se veut heuristique en ce sens que les pratiques sont appelées à se préciser au fil des essais et de l'observation des effets.

Nous nous appuyons sur le travail de ces chercheurs et notamment sur la perspective mise de l'avant par l'EEF (2021) relativement aux rôles que peut jouer l'identification d'un ensemble de principes pour guider le processus de développement professionnel et donner une visée aux pratiques pédagogiques ainsi qu'aux modalités d'intégration des ressources numériques. Ces principes guideront aussi notre travail d'analyse et d'interprétation des données.

Les modèles et métaanalyses cités précédemment mettent en évidence le fait que, pour qu'il y ait apprentissage, un élève doit être en mesure d'établir progressivement, tout au long d'une activité, des liens entre ses connaissances et les apprentissages visés. Il s'agit d'un principe de base en l'absence duquel l'apprentissage ne peut avoir lieu. Dans cette perspective, le premier défi pour les enseignants est d'établir un portrait juste des connaissances que peut mobiliser chaque élève, puis de prendre en considération l'écart entre ces connaissances et celles requises pour atteindre les intentions de l'activité (Brousseau, 1978 ; EEF, 2021, Hattie, 2023 ; Marzano, 1998 ; Tomlinson, 2010).

Comme l'indique Legendre (2005, p. 1082), le processus d'apprentissage est une « séquence de phases dans un phénomène d'apprentissage ». Il concerne donc les activités cognitives que les élèves entreprennent pendant leurs apprentissages et leur manière de s'approprier les nouvelles connaissances. Le processus d'apprentissage peut être induit par la démarche d'apprentissage qui, comme le décrit Legendre (2005), fait référence à « la manière utilisée par l'élève pour apprendre, qui implique l'utilisation de ses ressources internes en interaction avec son environnement. » (p. 362).

La conception d'une activité d'apprentissage qui tient compte des niveaux de connaissances antérieures variés des élèves et qui permet de moduler les ressources mises à disposition ainsi

que le niveau de soutien est donc un travail complexe, mais essentiel. Vygotsky (1978) a élaboré le concept de la Zone Proximale de Développement (ZPD) pour décrire ce mécanisme. Il fait référence à l'espace entre ce que l'élève est capable de faire de façon autonome avec les connaissances qu'il possède et les connaissances qu'il est en mesure d'acquérir pour réaliser une tâche plus complexe en exploitant l'ensemble des ressources de son environnement. La prise en compte de la ZPD constitue notre premier principe pédagogique.

Ensuite, un autre principe qui permet de soutenir ce travail complexe est celui qui vise à rendre visible le processus d'apprentissage. Ce dernier étant un travail cognitif interne, le rendre visible est en soi un défi que l'enseignant rencontre dès la phase de planification d'une activité d'apprentissage. En effet, à cette étape, le travail de l'enseignant consiste notamment à anticiper les processus cognitifs qui peuvent émerger chez les élèves lors de la réalisation de la tâche et à déterminer la ligne d'arrivée, c'est-à-dire les processus cognitifs qu'il veut que ses élèves soient capables d'élaborer (EEF, 2021). Le défi se poursuit pendant la phase de réalisation, car l'enseignant doit rester attentif aux éléments qu'il peut observer afin de mieux comprendre le raisonnement de ses élèves et rester à l'affût des rétroactions que ces observations lui fournissent (Hattie, 2009). Autrement, il ne pourra pas interpréter les difficultés de ses élèves ni réguler ses pratiques ou la tâche proposée pour s'assurer que celle-ci reste dans leur ZPD. Bien que notre thèse n'ait pas une portée didactique, nous prenons en considération que les enseignants doivent posséder des savoirs disciplinaires afin d'être en mesure d'identifier les connaissances que chaque élève est en mesure de mobiliser et de déterminer les étapes qui lui restent à franchir afin de réussir une activité d'apprentissage. Rendre visible le processus d'apprentissage constitue donc notre deuxième principe pédagogique.

Étant donné que notre étude est ancrée dans le contexte d'enseignement d'un concept abstrait, soit celui des fractions, il importe d'offrir aux élèves des représentations fécondes qui contribuent à le rendre plus intelligible. Des représentations fécondes permettent d'ancrer les concepts dans des expériences tangibles, d'interagir avec ceux-ci et de garder les élèves engagés dans la tâche. À cet égard, certaines ressources numériques offrent la possibilité de travailler avec des représentations visuelles et interactives des concepts, les rendant plus concrets et accessibles

pour tous. Notre troisième principe pédagogique vise à offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu.

Dans le domaine des mathématiques, Brousseau (1978) explique l'enjeu de placer les élèves dans des situations où ils seront confrontés à des obstacles qu'ils tenteront de surmonter avec l'aide des ressources qui sont à leur disposition. Dans cette démarche, les élèves doivent parvenir à conceptualiser en travaillant tout d'abord avec des représentations concrètes avant de passer à des représentations plus symboliques comme celle des fractions (EEF, 2021; Tomlinson, 2010; Miller et Mercer, 1993). C'est ici que l'intégration des ressources numériques et des pratiques pédagogiques joue un rôle essentiel; ce travail visant à soutenir l'abstraction constitue notre quatrième principe pédagogique.

Finalement, ces quatre principes pédagogiques mettent en évidence l'importance du rôle que joue l'interaction entre l'enseignant et l'élève dans le développement des connaissances requises pour réaliser une tâche. Malheureusement, les articles de recherche occultent souvent le contenu de ces interactions. Par exemple, dans leur étude sur *Slice Fractions*, Cyr, Charland et Riopel (2016) indiquent que le troisième groupe les élèves exploitent l'application *Slice Fractions* et reçoivent un enseignement, mais rien ne précise toutefois les caractéristiques de cet enseignement ni l'exploitation que l'enseignant fait du travail dans la ressource numérique. À ce sujet, les recherches ne nous renseignent pas assez sur le déroulement des activités d'apprentissage, notamment dans un contexte d'intégration de ressources numériques. Une documentation de cet aspect demeure donc nécessaire afin de mieux comprendre comment soutenir les enseignants dans le processus d'intégration des ressources numériques et des pratiques pédagogiques en classe (U.S. Congress Office of Technology Assessment, 1995 ; Zhao et al., 2002).

Dans la section suivante, nous examinerons les défis associés à la transposition de ces principes dans des pratiques pédagogiques en classe.

## **1.2 Défis liés à la transposition des principes pédagogiques dans des pratiques en classe**

Dans la section 1.1, nous avons identifié quatre principes pédagogiques qui peuvent informer les pratiques pédagogiques de nature à soutenir l'apprentissage de tous les élèves. Toutefois, comme



indiqué à la section précédente, la transposition de ces principes peut s'avérer complexe et poser plusieurs défis en classe en fonction de la nature des pratiques pédagogiques et des caractéristiques du contexte. C'est ce que nous examinerons dans les sections 1.2.1 à 1.2.4.

Dans le rapport de l'EEF (2021), les chercheurs expliquent que l'efficacité des pratiques pédagogiques qui soutiennent les quatre principes retenus dépend des caractéristiques de leur mise en œuvre en classe et de la façon de les combiner pour mieux répondre aux besoins des élèves. Comme l'indiquent Tomlinson et McTighe (2010), le choix et la combinaison des pratiques doivent être déterminés par les besoins spécifiques des élèves et du contexte. Il n'y a donc pas un ensemble de pratiques qui convienne à toutes les situations, mais des principes qu'il faut prendre en considération pour guider le choix et la mise en œuvre des pratiques pédagogiques. C'est pourquoi un enseignant doit constamment réguler ses pratiques à la lumière de leurs effets sur les apprentissages de tous ses élèves (Hattie, 2023 ; Tomlinson, 2010).

Afin qu'un enseignant soit en mesure de passer d'une représentation théorique d'une pratique à sa mise en œuvre en classe, il a besoin de faire un certain nombre d'essais pour la préciser et développer ainsi son expertise pédagogique. Toutefois, le fait de devoir s'exercer en temps réel en classe peut nourrir sa crainte d'échouer ou de ne pas être en mesure de couvrir l'ensemble de la matière (Tomlinson et Imbeau, 2013). Par ailleurs, si une pratique n'est pas fluide et que l'enseignant rencontre des difficultés à la mettre en œuvre, il aura tendance à recourir à une pratique qu'il utilise fréquemment d'où l'importance d'un soutien comme nous l'indiquons à la section 1.4.

Dans les sections suivantes, nous examinerons ces défis plus spécifiquement à travers des exemples de pratiques pédagogiques et des problématiques que pose leur mise en œuvre.

### **1.2.1 Situer les élèves dans leur ZPD**

Afin que tous les élèves puissent développer leurs apprentissages, l'objectif premier d'un enseignant est de s'assurer que tous les élèves soient dans un contexte fécond sur le plan des apprentissages. Dans son modèle, Tomlinson (2001) fait référence à l'importance de prendre en compte le travail que l'élève doit réaliser en lien avec ses connaissances antérieures. C'est ce que les chercheurs de l'EEF (2021) appellent *Readiness*, c'est-à-dire l'état de préparation. Ce principe

correspond à celui de Vygotsky (1978), selon lequel l'élève doit être confronté à des défis qui se situent dans sa ZPD. En effet, dans certains contextes, les habiletés de l'élève seules peuvent être insuffisantes pour lui permettre d'accomplir une tâche sans l'assistance de personnes expertes ou de pairs. Toutefois, lorsque l'enseignant utilise des ressources qui offrent une forme de guidance, des représentations fécondes ou des manipulations, il ramène la tâche dans la ZPD de l'élève et accroît ainsi sa capacité d'appropriation de nouveaux concepts. Il pourra ainsi mobiliser ses connaissances et exploiter les ressources à sa disposition pour relever un défi, réaliser une activité d'apprentissage et acquérir les connaissances et les compétences visées. Nous examinerons plus spécifiquement la question des ressources et de la manipulation aux sections 1.2.3 et 1.2.4. Lorsque l'élève atteint un niveau de maîtrise, il devient capable de résoudre des défis plus complexes qui, autrefois, se situaient hors de sa ZPD. En effet, selon la pédagogie de la maîtrise, les élèves doivent maîtriser un objectif à 80 % avant de passer au prochain (Bloom, 1976). Selon ce modèle, lorsque ce niveau de maîtrise n'est pas atteint, les élèves parviennent difficilement à s'approprier les nouveaux savoirs et le temps consacré à une activité d'apprentissage ne suscite pas une progression, ce qui conduit à creuser les écarts.

Selon l'EEF (2021), afin de garder la tâche dans la ZPD de chaque élève, le défi que rencontre l'enseignant est d'abord celui de déterminer les apprentissages qu'il souhaite susciter et plus spécifiquement les critères de succès. Ensuite, il doit être en mesure d'identifier et de bien comprendre les concepts préalables qu'il faut mobiliser pour que les apprentissages visés soient possibles. En se basant sur ces informations, il peut concevoir des activités d'apprentissage qui permettent d'observer la progression des élèves et moduler leur parcours pour qu'ils évoluent dans leur ZPD (Vygotsky, 1978). Ces activités doivent permettre aux élèves d'avoir plusieurs occasions de faire des essais, de se tromper, de se corriger au fur et à mesure en exploitant notamment les rétroactions qu'ils reçoivent. Compte tenu de la complexité inhérente à cette visée, les enseignants se fient fréquemment aux résultats des élèves aux diverses évaluations pour connaître leurs difficultés (Tomlinson et McTighe, 2010). Toutefois, si une évaluation ne permet pas de documenter la démarche mise en œuvre par un élève, cela ne suffit pas pour comprendre ce qui l'a conduit à élaborer une réponse erronée. Les enseignants seront donc, dans

plusieurs cas, incapables de juger si les élèves sont prêts à passer à l'étape suivante d'où l'importance de rendre visibles le processus d'apprentissage de tous les élèves.

### **1.2.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves**

L'enseignant doit, dès la planification d'une activité d'apprentissage, prévoir des tâches et des ressources qui sont de nature à rendre visible le processus d'apprentissage afin de pouvoir identifier clairement dans le travail des élèves des indicateurs qui permettent de reconnaître l'impact qu'ont les pratiques mises en œuvre sur leurs apprentissages respectifs. Ensuite, l'enseignant doit interpréter ces observations afin d'être en mesure d'agir sur les apprentissages des élèves soit en régulant ses propres pratiques, soit en ajustant la tâche (Hattie, 2023).

Puisque la ZPD varie selon les connaissances que possède chaque élève et qu'elle évolue avec la progression de chacun, l'enseignant doit s'adapter à la fois à la progression individuelle et à celle du groupe (CSÉ, 2017). Ainsi, il doit permettre à ceux qui ont plus de difficulté de développer leur apprentissage en travaillant vers plus d'autonomie et à ceux qui sont plus avancés d'accélérer leurs apprentissages et d'aller plus loin (EEF, 2021). C'est pourquoi Tomlinson et al. (2003) suggèrent de prévoir, dès la planification, des activités qui vont permettre de rendre visibles les apprentissages afin de situer les élèves par rapport à la tâche et d'être en mesure de l'ajuster au besoin. Ainsi, si un élève ne progresse pas, l'enseignant peut inférer qu'il ne se situe plus dans sa ZPD et qu'il doit adapter la tâche ou le niveau de soutien.

Bergeron et Granger (2016) explique que les enseignants éprouvent de la difficulté à comprendre ce dont les élèves ont besoin pour pouvoir réaliser la tâche, notamment les connaissances qu'ils doivent pouvoir mobiliser pour réaliser un apprentissage spécifique. La diversité des élèves accroît le niveau de difficulté de ce travail qui permet d'anticiper l'effet de leurs connaissances incomplètes, de parvenir à identifier une démarche qui soit féconde pour chacun et de la réguler à la lumière des observations du processus d'apprentissage (EEF, 2021 ; Hattie, 2008 ; Marzano, 1998). Pour ce faire, le défi pour l'enseignant est de mettre en œuvre des dispositifs qui permettent de rendre visibles les apprentissages de tous les élèves.

Selon une métaanalyse réalisée par Rousseau et son équipe (2015), si un enseignant n'a pas élaboré un portrait suffisamment précis de la démarche que doit réaliser un élève, il ne pourra

pas déterminer le chemin que l'élève doit parcourir pour pouvoir progressivement développer ses connaissances et atteindre les critères de réussite. Il aura également de la difficulté à définir des démarches spécifiques aux sous-groupes d'élèves en fonction des connaissances qu'ils sont capables de mobiliser. En effet, selon Tomlinson et McTighe (2010), plusieurs activités d'apprentissage que les élèves réalisent en classe portent sur des savoirs disciplinaires, mais ne permettent pas à l'enseignant de s'assurer que tous les élèves construisent une compréhension profonde. Il faut donc que les activités proposées suscitent un raisonnement qui peut être observé immédiatement afin de permettre de réguler rapidement les pratiques ou documenté pour être exploité plus tard. Aussi, le rapport de l'EEF (2021) indique qu'il est important que l'enseignant puisse se servir de ce que fait un élève pour en apprendre plus sur lui et mieux comprendre son raisonnement. C'est pourquoi il est important que l'enseignant parvienne à mettre en œuvre une variété de pratiques pédagogiques qui permettent de rendre visible la mobilisation des concepts préalables et ceux qui sont en phase d'acquisition (Hattie, 2008 ; Marzano, 1998). Or, la mise en œuvre d'une telle démarche et la mobilisation de pratiques pédagogiques qui la soutiennent peuvent poser certains défis.

Prenons l'exemple du questionnement. Pour que celui-ci permette de rendre visible les apprentissages des élèves, l'enseignant doit poser des questions ouvertes tout en s'assurant de ne pas les empêcher de réfléchir en insinuant une réponse ou en n'accordant pas le temps requis pour l'élaboration d'un raisonnement. Selon l'EEF (2021), les questions doivent être formulées pour susciter un raisonnement profond. Ces auteurs suggèrent, par exemple, de poser des questions aux élèves pour les encourager à justifier leurs réponses et à s'engager dans un dialogue qui les aide à élaborer leur raisonnement. Ce faisant, les élèves peuvent entrer dans ce que Barth (2004) appelle un dialogue cognitif et que nous examinerons plus en détail dans la section 2.3 du cadre conceptuel. À l'opposé, selon Marzano (1998), poser des questions qui font appel à la mémorisation permet uniquement d'engager les élèves à un niveau superficiel. Le défi est donc de bien maîtriser les savoirs étudiés et d'être en mesure d'anticiper les démarches, les raisonnements, les erreurs typiques et les concepts erronés des élèves pour formuler des questions qui suscitent un raisonnement et poussent les élèves à réfléchir tout en parvenant à exploiter leurs réponses pour soutenir et préciser leur compréhension (Small, 2020). Or, selon

Tomlinson et McTighe (2010), les enseignants ont tendance à passer à la planification de l'activité sans consacrer le temps requis pour analyser la tâche et les liens présents entre les concepts. C'est ce qui rend difficile d'identifier les occasions pour mieux saisir ce que les élèves comprennent et ne comprennent pas et, par conséquent, ils ne pourront pas interpréter leurs observations pendant l'activité afin de réguler leur enseignement.

Aussi, pour rendre visibles les apprentissages, l'enseignant peut s'asseoir à côté d'un élève et lui demander de penser à voix haute lors de la réalisation d'une tâche de complexité croissante pour situer la portée de son niveau de compréhension. Il peut ainsi discerner là où l'élève rencontre des défis et là où son raisonnement est fécond. Toutefois, mettre en œuvre cette pratique pose un enjeu de temps. En effet, en contexte de classe avec de 20 à 25 élèves, la contrainte de temps (Tomlinson et Imbeau, 2010, Tomlinson et al. 2002) favorise souvent un questionnement à main levée, plus rapide, mais qui ne lui donne accès qu'au raisonnement d'un ou de quelques élèves et tout en interrompant le raisonnement des autres. L'enseignant régule alors son enseignement et les tâches proposées à partir d'un portrait incomplet et souvent influencé par le raisonnement des élèves qui ont déjà un bon niveau de compréhension.

Enfin, Hattie (2009) a voulu mettre en évidence le fait que le principe qui a le plus d'effet sur les apprentissages des élèves est la capacité de l'enseignant à réguler ses pratiques en observant leurs effets sur les apprentissages des élèves. L'enseignant doit donc réaliser de multiples essais en contexte de classe et développer sa capacité à observer et à interpréter ses observations pour que ce mécanisme devienne fluide et précis.

### **1.2.3 Offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu**

Le terme « représentation visuelle » fait référence à une forme particulière sous laquelle un concept est présenté (EEF, 2021). Afin de soutenir les apprentissages de tous, les représentations doivent être riches et fécondes c'est-à-dire qu'elles doivent faciliter l'engagement cognitif des élèves en évoquant leurs connaissances antérieures et en suscitant le traitement de l'information par la manipulation (Tomlinson et McTighe, 2010). Si nous prenons l'exemple du concept de fraction, un enseignant peut utiliser les pizzas ou d'autres objets familiers pour permettre aux

élèves de mieux comprendre le partage et introduire le concept de fraction, notamment les notions de *partie* et de *tout*.

En permettant d'offrir des représentations dynamiques qui soutiennent l'engagement des élèves, les ressources numériques peuvent contribuer à susciter un engagement cognitif, lorsqu'elles sont exploitées stratégiquement par les enseignants (Tomlinson, 2001, 2010). Pour ce faire, Tomlinson et al. (2008) recommandent aux enseignants de constituer une banque de ressources suffisamment étoffée pour être en mesure de répondre aux besoins de tous. Toutefois, elles indiquent que les enseignants ne sont pas suffisamment familiers avec la variété des ressources numériques disponibles. Cette observation est également appuyée par Small (2020), qui précise que les enseignants peuvent rencontrer des difficultés à varier les ressources mises à la disposition des élèves. Leur défi est aussi de s'exercer à les manipuler pour parvenir à offrir le soutien nécessaire tout en laissant à chaque élève l'espace pour explorer et tenter de surmonter les obstacles et de résoudre la tâche par lui-même. Enfin, les ressources contribuent souvent à contextualiser les apprentissages. Toutefois, les ressources numériques ne sont pas, en soi, suffisantes. Pour qu'elles soient fécondes, il faut les intégrer stratégiquement au sein d'une activité d'apprentissage et s'assurer que leur exploitation par les élèves favorise la compréhension et éventuellement à la conceptualisation (EEF, 2021).

Lorsqu'un élève travaille avec des représentations visuelles riches ou d'autres objets et qu'il est appelé à manipuler, il peut adapter son raisonnement et le développer si l'enseignant le place dans des situations où il est amené à discerner des éléments nouveaux qui sont essentiels pour lui permettre de progresser. Pour ce faire, l'enseignant peut lui demander de nommer et de décrire des caractéristiques de la représentation et de faire ensuite une phrase avec les attributs identifiés (Barth, 2013 ; EEF, 2021). Dans de telles situations, l'élève n'a pas nécessairement la bonne réponse dès le début. Il est confronté à des obstacles et il doit tenter de les surmonter, non pas au hasard, mais en mettant en œuvre des stratégies. C'est ainsi qu'il peut apprendre.

Enfin, les élèves possèdent parfois des conceptions erronées. Par exemple, lorsque vient le temps d'additionner des fractions, certains élèves ont tendance à additionner les numérateurs ensemble et les dénominateurs ensemble plutôt que de mettre au même dénominateur (Neagoy, 2017). Pour les aider à se débarrasser de leurs fausses conceptions, l'enseignant doit introduire

des représentations et des manipulations qui permettent à l'élève de travailler avec des exemples et des contre-exemples afin d'observer les limites de ses concepts actuels (EEF, 2021 ; Trollip et Alessi, 2001).

#### **1.2.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait**

Soutenir le passage du concret à l'abstrait constitue un principe pédagogique selon lequel l'élève progresse d'un stade où il a besoin de faire des manipulations ou d'utiliser des représentations concrètes à un stade où il est capable d'élaborer un raisonnement en utilisant des concepts abstraits pour résoudre un problème (Miller et Mercer, 1993). En variant les représentations et les types de manipulations, ce principe permet à tous les élèves de développer progressivement leur capacité à conceptualiser.

En effet, Tomlinson (2010) et les chercheurs de l'EEF (2021) insistent sur l'importance que les activités d'apprentissage complexes contribuent à soutenir la construction des concepts. Pour ce faire, l'EEF (2021), Hattie (2008) et Marzano (1998) suggèrent de structurer les activités d'apprentissage de façon à soutenir l'abstraction et la création de liens entre les concepts. L'enseignant doit donc être en mesure d'établir, dès la planification, la séquence la plus propice à l'abstraction du concept à l'étude, en se basant sur une bonne connaissance de la démarche qui favorise la construction des concepts visés (Tomlinson, 2010). L'objectif est que les élèves parviennent à établir des liens entre les concepts qu'ils développent pour ensuite parvenir à les transposer dans de nouvelles situations pour résoudre des problèmes de plus en plus complexes (EEF, 2021 ; National Research Council [NRC], 1990 ; Wiggins et McTighe, cité dans Tomlinson, 2001).

Pour conclure qu'il y a apprentissage, il ne suffit pas qu'un élève soit en mesure d'effectuer un raisonnement mathématique ou de résoudre un problème dans un contexte identique au contexte d'apprentissage ; encore faut-il qu'il puisse élaborer une démarche et savoir détecter les caractéristiques similaires et différentes entre plusieurs contextes afin d'être en mesure de reproduire la démarche en partie ou en totalité lorsque c'est pertinent. Par exemple, l'enseignant peut proposer une famille de situations similaires qui mobilisent les mêmes connaissances, mais qui sont légèrement différentes ou de complexité croissante pour favoriser les manipulations

multiples et une forme de préconceptualisation (Shaftel, Pass et Schnabel, 2005). C'est le phénomène de l'institutionnalisation des savoirs (Brousseau, 1988). Afin de soutenir l'institutionnalisation, le modèle du *Concreteness Fading*<sup>2</sup> (Radford, Demers et Miranda, 2009), que nous examinerons dans la section 2.4.4 du cadre conceptuel, propose d'utiliser d'abord des représentations concrètes qui correspondent au niveau de connaissance des élèves et qu'ils sont en mesure d'interpréter et potentiellement de manipuler.

Par la suite, il importe de donner aux élèves plusieurs occasions de s'exercer afin d'observer l'effet de leurs actions et de parvenir à abstraire et à conceptualiser. Il existe plusieurs pratiques que l'enseignant peut mettre en œuvre pour soutenir le passage du concret à l'abstrait. Ce travail de conceptualisation prend forme, par exemple, lorsque l'enseignant met en place des situations où les élèves explorent et sont invités à décrire ou à justifier leur raisonnement à de multiples reprises en utilisant un métalangage, en observant d'autres élèves le faire ou en argumentant avec d'autres élèves pour tenter d'identifier le meilleur raisonnement (EEF, 2021). L'élève peut aussi s'appuyer sur des représentations visuelles pour identifier les caractéristiques observées et reformuler son raisonnement avec un métalangage précis, que ce soit pendant le travail dans une ressource numérique, par exemple, ou pendant une interaction de groupe (EEF, 2021). L'enseignant peut aussi, en grand groupe, traduire les actions des élèves, dans la ressource numérique, avec un métalangage mathématique en écrivant des équations au tableau (EEF, 2021). En procédant ainsi, il parviendra à soutenir l'abstraction afin de favoriser le processus de résolution de problèmes présentés plus formellement en contexte scolaire (Witzel, Mercer et Miller, 2003 ; Butler et al., 2003). Plus les élèves s'exercent à employer le métalangage dans des contextes formels, plus ils deviennent habiles à le faire et plus ils parviennent à conceptualiser. C'est pourquoi l'enseignant doit pouvoir inviter les élèves à se pratiquer plusieurs fois en mobilisant leurs connaissances jusqu'à ce que leurs apprentissages deviennent fluides et qu'ils soient en mesure de les transposer dans de nouveaux contextes (EEF, 2021 ; Hattie, 2008 ; Marzano, 1998). De plus, ce faisant, l'élève peut analyser plus efficacement les problèmes à

---

<sup>2</sup> Le principe du *Concreteness fading* est un concept utilisé en design et en psychopédagogie. Il ressemble à ce qui est appelé en didactique « le processus d'abstraction » ou plus spécifiquement « l'abstraction mathématique ». L'abstraction mathématique est le passage de l'utilisation d'objets concrets à l'utilisation de symboles les représentant (Radford, Demers et Miranda, 2009).



résoudre ce qui lui permettra d'attribuer de la valeur à cet apprentissage et il sera plus enclin à verbaliser son raisonnement lors des échanges. Toutefois, tout comme les pratiques pédagogiques qui soutiennent la visibilité des apprentissages, celles qui soutiennent la conceptualisation sont complexes à mettre en œuvre.

Nous avons déjà abordé le défi du manque de temps à la section 1.2.2. Celui-ci complique également la possibilité de soutenir le passage du concret à l'abstrait. En effet, il peut être difficile de trouver le temps nécessaire pour amener les élèves à abstraire en mettant en œuvre ces pratiques pédagogiques de façon efficace en classe (Tomlinson et al., 2002). Tomlinson et Parrish (2013) expliquent que les enseignants se retrouvent à concevoir des activités qui permettent d'engager les élèves, mais ne favorisent pas le développement d'un raisonnement en profondeur et de connaissances transférables. Or, si l'enseignant investit du temps sur le travail de conceptualisation, il favorise la viabilité des connaissances et leur transférabilité, ce qui peut lui faire gagner du temps par la suite. À l'opposé, si l'enseignant introduit le concept directement avec des représentations abstraites sans consacrer assez de temps aux représentations concrètes pour faciliter progressivement l'abstraction, les élèves qui n'ont pas encore développé de préconceptions risquent fort, au mieux, de reproduire la démarche que l'enseignant désire sans forcément développer leur propre raisonnement. Par conséquent, l'enseignant n'aura plus d'opportunités pour observer si l'élève est en mesure de faire le passage du concret à l'abstrait, de comprendre ses difficultés et d'être en mesure de le guider dans ses apprentissages pour s'assurer qu'il comprenne. De même, si l'élève est invité, par exemple, à travailler seul dans une ressource et à faire des essais sans se questionner ou essayer d'élaborer un raisonnement, l'enseignant ne pourra pas savoir s'il est en mesure de le faire ni comprendre les erreurs qu'il commet.

Nous avons ciblé quatre principes pédagogiques et des exemples de pratiques pédagogiques qui peuvent contribuer à soutenir l'apprentissage de tous les élèves et nous avons soulevé un certain nombre de problèmes que leur mise en œuvre soulève. Certaines études suggèrent que l'intégration des ressources numériques peut contribuer à soutenir les apprentissages de tous les élèves (Higgins et al., 2012, cité dans EEF, 2021), mais cette contribution est conditionnelle à plusieurs facteurs puisque l'effet des ressources sur les apprentissages varie considérablement

selon les usages en classe et les conditions d'intégration (EEF, 2021; Hattie, 2008; Hattie et Yates, 2013; Higgins et al., 2012; US Office of Educational Technology, 2014). Dans cette thèse, nous nous attarderons plus particulièrement au travail des élèves avec des ressources numériques qui offrent des représentations fécondes et aux usages que l'enseignant peut en faire en classe pour soutenir les apprentissages. C'est pourquoi, à la section 1.3, nous présenterons l'apport lié à l'intégration des ressources numériques.

### **1.3 Apport des ressources numériques**

Selon l'EEF (2021), l'intégration des ressources numériques constitue en soi un défi considérable. En effet, en plus d'une appropriation technologique, elle nécessite « une sélection minutieuse, une planification intentionnelle et une mise en œuvre réfléchie » comme le souligne Alberta Learning (2010, p. 96). Cette affirmation du ministère de l'Éducation de l'Alberta va dans le même sens que les résultats de la méta-analyse de Wouters et al. (2013) qui suggèrent que certaines caractéristiques des ressources numériques ont le potentiel d'améliorer les apprentissages des élèves lorsqu'elles sont accompagnées d'interventions précises mises en œuvre par l'enseignant. D'après les résultats de leur méta-analyse regroupant 39 études, l'enseignement avec des ressources numériques produit un gain d'apprentissage plus important et une meilleure rétention que l'enseignement avec des méthodes traditionnelles lorsque les ressources utilisées placent les élèves face à des défis qui sont dans leur ZPD. Elles doivent donc être utilisées comme un complément au travail que fait l'enseignant en classe et non un substitut. Dans cette section, nous examinerons les défis associés à la réussite de cette intégration.

#### **1.3.1 Situer les élèves dans leur ZPD**

Rappelons que, lors de la planification d'une activité d'apprentissage, l'enseignant doit anticiper les défis que pourraient rencontrer les élèves et proposer des activités adaptées à leur niveau ou à leur ZPD. Pour y parvenir, il peut user de plusieurs stratégies. Par exemple, il peut modifier le niveau de complexité de la tâche, le niveau de soutien offert, la granularité de la segmentation ou la démarche qui est proposée. Certaines ressources numériques peuvent contribuer à cette modulation en proposant des défis de complexité croissante tout en contribuant à rendre visible

le processus d'apprentissage de l'élève pour que l'enseignant puisse s'assurer de la progression de son raisonnement.

Les ressources numériques peuvent aussi, selon la progression des élèves, offrir des indices pour aider ceux qui rencontrent des bris de compréhension, c'est-à-dire que, durant l'activité, ces ressources peuvent détecter si l'élève peine à trouver la bonne réponse après plusieurs essais et donner un indice pour le guider dans sa démarche. Elles aident ainsi l'enseignant en offrant une partie du soutien aux élèves. L'enseignant peut profiter des indices offerts pour donner à l'élève des rétroactions plus ciblées dans le but de l'aider à mieux comprendre ses erreurs et à développer son raisonnement pour un prochain essai plus fructueux. Toutefois, il doit aussi faire preuve de prudence pour que l'élève ne se désengage pas et décide d'attendre les indices pour obtenir la solution plus facilement et passer à la prochaine étape sans avoir élaboré un raisonnement complet (Brousseau, 1978). En effet, bien que les ressources numériques puissent offrir une forme de rétroaction immédiate, leur efficacité dépend de la façon dont l'enseignant l'exploite (EEF, 2021).

L'enseignant peut aussi utiliser une ressource numérique comme *Nearpod* pour partager une représentation visuelle d'un problème, questionner les élèves et recueillir toutes leurs réponses afin de mieux comprendre et situer leur raisonnement en lien avec leur ZPD. Avant de choisir la ressource numérique, le défi pour l'enseignant est de savoir quel type d'activité d'apprentissage elle lui permet de proposer et comment il pourrait réguler ses pratiques pour que les activités restent dans la ZPD des élèves.

### **1.3.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves**

Certaines ressources numériques, comme *Slice Fractions* que nous présenterons dans le chapitre 3 (Méthodologie), peuvent contribuer à rendre visible le raisonnement en proposant à l'élève des tâches qu'il doit réaliser en manipulant des objets dans un environnement de simulation. Si l'enseignant observe les actions de ses élèves, la multiplicité des essais et des exemples lui donne accès à une variété de raisonnements qu'il pourra exploiter. Ainsi, lorsque l'enseignant observe le travail des élèves, les choix derrière leurs actions et l'impact de ceux-ci sur la suite de la démarche lui apportent de l'information sur leur processus d'apprentissage et la

nature de leurs erreurs. Il peut ainsi mieux comprendre les difficultés qu'ils rencontrent. Cependant, dans un cahier d'exercices, les représentations du concept sont généralement formelles ou statiques et ne permettent pas la manipulation.

Pour que les échanges favorisent l'engagement cognitif de tous les élèves, le défi est de formuler en temps réel des questions qui permettent de susciter un raisonnement profond, comme nous l'avons vu à la section 1.2.1, afin que celui-ci devienne potentiellement visible (EEF, 2021 ; Small, 2020). L'enseignant doit aussi avoir un niveau de maîtrise élevé des concepts et des liens qu'il peut faire entre eux, une aisance avec la mise en œuvre des pratiques qui contribuent à soutenir les apprentissages de tous les élèves et du temps pour comprendre les besoins de chacun ainsi que pour adapter ses pratiques en conséquence (Tomlinson et McTighe, 2010).

Ce type de ressources numériques rend aussi possible l'enregistrement de l'écran et de la voix pendant la tâche. Ainsi, les actions de l'élève et leurs effets demeurent visibles pour lui et pour l'enseignant. Alors, si l'élève est en mesure d'expliquer à voix haute ce qu'il est en train de faire, tout en restant engagé dans la tâche et concentré sur le choix de ses actions, l'enseignant peut mieux comprendre son raisonnement en l'observant durant l'activité pendant qu'il fait des manipulations dans l'application ou par la suite, si son travail est documenté sur vidéo. L'enseignant peut inviter les élèves à regarder la documentation en équipe de deux par exemple. Ensuite, il peut leur poser des questions ouvertes lorsqu'il l'estime fécond pour mieux comprendre leurs raisonnements et ce qui les a menés à faire une erreur ou à ne pas réussir la tâche. Il peut aussi les questionner pour mieux comprendre leur démarche lorsque celles-ci sont exactes (EEF, 2021 ; Small, 2020). La documentation sur vidéo permet également de revenir sur la démarche de chacun en grand groupe et de formuler un raisonnement sur les actions posées et sur les effets qu'elles ont eus dans la ressource numérique (EEF, 2021). Afin de réussir cette démarche, le défi pour l'enseignant est de se l'approprier et se sentir outillé à la mettre en œuvre. Il doit aussi connaître les options offertes pour pouvoir la réaliser et mettre à profit la ressource numérique pour accroître son efficacité et réduire la surcharge. Toutefois, si, à la place des ressources numériques, les élèves travaillent dans un cahier d'exercices, pour que l'enseignant puisse les observer et évaluer s'ils sont en train de réussir les tâches ou s'ils ont besoin de soutien

et comprendre leur raisonnement, il doit se déplacer dans la classe et passer du temps avec chacun, ce qui pose un défi en raison du temps disponible.

D'autres ressources numériques comme le dispositif *Nearpod* permettent de préparer des activités en jumelant la présentation d'informations (texte, image, vidéo) et des questions de différents types. Les élèves sont invités à répondre sur leur appareil mobile et l'enseignant voit apparaître progressivement toutes les réponses sur son appareil. Cette ressource permet de rendre visibles les apprentissages, car elle donne à l'enseignant l'accès aux réponses de tous les élèves en temps réel, ce qui contribue à surmonter la barrière du manque de temps qui pose un défi lors de la mise en œuvre efficace du questionnement et de la rétroaction. L'enseignant pourra ensuite faire appel à son expertise et choisir de façon stratégique certaines réponses pour mettre en évidence un exemple ou un contre-exemple et poser des questions qui suscitent l'élaboration d'un raisonnement. Cette démarche requiert néanmoins une identification préalable des erreurs potentielles et des caractéristiques d'un raisonnement qui serait intéressant à partager en grand groupe. Ce défi implique de parcourir rapidement les réponses de tous les élèves et de discerner celles qui sont fécondes pour engendrer des discussions, car ceci requiert une identification préalable des erreurs potentielles et des caractéristiques d'un raisonnement qui serait intéressant à partager en grand groupe.

### **1.3.3 Offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu**

Les ressources numériques sont potentiellement riches en représentations plus concrètes et plus dynamiques d'un concept. Ces représentations peuvent offrir aux élèves des éléments avec lesquels ils sont familiers pour les aider à faire des liens. Cela permet idéalement à tous les élèves d'amorcer un raisonnement à partir de ce qu'ils savent déjà. Elles permettent de varier les façons de présenter l'information à l'aide de moyens qui peuvent aller au-delà de ce que le cerveau humain seul permet d'accomplir (Perrotta et al., 2013). C'est une caractéristique qui peut répondre au besoin qu'ont les enseignants de trouver des représentations qui favorisent les apprentissages de tous leurs élèves (Tomlinson et al., 2002). Elles offrent, par exemple, la possibilité de créer un monde virtuel où l'élève peut manipuler des objets avec lesquels il n'aurait probablement pas la chance d'interagir dans la réalité et obtenir une rétroaction en réponse à

l'action posée (Bober, 2010). Elles permettent ainsi à l'élève d'observer l'effet de sa démarche et de savoir s'il a réussi la tâche.

Ces caractéristiques se retrouvent notamment dans les applications *Line Up* et *Slice Fractions*. Par exemple, dans l'application *Line Up*, nous retrouvons un environnement dans lequel les attributs sont facilement perceptibles et manipulables. Ce sont donc des éléments que les élèves peuvent commencer à manipuler et à interpréter. Ce type d'application permet aussi d'offrir des rétroactions immédiates à tous les élèves, même s'ils sont nombreux. Elle aide ainsi l'enseignant à s'assurer que les élèves puissent avancer, surmonter les obstacles rencontrés et par conséquent rester engagés avec le contenu même en contexte de grand groupe. Ils pourront ensuite raisonner à partir de leurs connaissances antérieures et parvenir à manipuler les nouveaux éléments détectés ou construits durant la démarche de résolution du problème.

#### **1.3.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait**

Lorsque les représentations visuelles offertes passent du concret à l'abstrait, la ressource numérique peut susciter une amorce de conceptualisation. Par exemple, dans *Dragon Box Algebra*, les élèves sont confrontés à des représentations qui, au début, sont concrètes et affichent des dessins d'objets similaires, mais de couleurs opposées. L'objectif est de les jumeler pour qu'ils s'annulent afin d'isoler la variable dans une équation algébrique imagée. Au fur et à mesure que les élèves progressent dans les défis, ces images sont remplacées par des symboles mathématiques, par exemple  $(x)$  et  $(-x)$ . De plus, ce type d'application présente un seul concept de plusieurs façons offrant ainsi à l'enseignant la possibilité de l'aborder par le biais de multiples exemples et d'en discuter avec les élèves pour guider leur réflexion et identifier avec eux des contre-exemples (EEF, 2021). Toutefois, il ne suffit pas que les élèves voient ces représentations et les manipulent pour comprendre l'abstraction et être en mesure de transposer leurs savoirs dans d'autres contextes similaires. Il faut que les activités soient planifiées de façon à offrir aux élèves des opportunités pour réfléchir sur les actions posées et identifier les caractéristiques propres au problème à résoudre pour pouvoir ensuite les transposer dans un autre défi ou situation problème (Tomlinson et McTighe, 2010).

Pour y parvenir, l'enseignant peut leur demander d'expliquer leur raisonnement ou de le justifier en utilisant leur métalangage et leur offrir, au besoin, des rétroactions pour qu'ils parviennent à un raisonnement exact, s'il y a lieu (EEF, 2021 ; Hattie, 2008 ; Marzano, 1998 ; Small, 2020). Une autre façon de faire serait de choisir quelques-uns des raisonnements partagés et les utiliser comme exemples ou contre-exemples pour questionner les élèves et susciter un échange afin qu'ils parviennent à identifier les attributs du concept (Barth, 2013 ; EEF, 2021). Ainsi, les élèves peuvent entrer dans un dialogue cognitif et rebondir sur les démarches des autres pour en débattre, comprendre leurs erreurs et ajuster leurs réponses au besoin.

Les dispositifs, comme *Nearpod*, qui permettent de recueillir efficacement les réponses de tous les élèves, offrent la possibilité à l'enseignant de choisir celles qui ont valeur d'exemple et de contre-exemple et de les partager afin de permettre aux élèves, dans le cadre d'un dialogue cognitif, d'employer leur métalangage pour expliquer leur réponse, la justifier, la formaliser en prévision d'un usage dans une autre situation. Le défi pour l'enseignant est de se servir de l'application comme un support pour encourager les élèves à verbaliser en utilisant un métalangage précis plutôt que de se contenter d'obtenir les réponses des élèves. Pour y parvenir, il doit cependant être en mesure d'analyser avec fluidité les réponses en temps réel et développer une maîtrise dans la manipulation du dispositif pour que celle-ci ne le surcharge pas cognitivement (Tomlinson, 2010 ; Tomlinson et al., 2002).

Les exemples précédents montrent que les ressources numériques proposent différentes caractéristiques susceptibles de favoriser l'apprentissage de tous. Toutefois, leur efficacité dépend de la façon de les exploiter en classe. Par exemple, si l'enseignant a pour objectif de rendre visibles les apprentissages, encore faut-il que les élèves réalisent des tâches de complexité croissante pour que l'enseignant puisse voir ce qu'ils sont capables de faire. S'il veut que les élèves élaborent leurs raisonnements, il est essentiel qu'il puisse mettre en place un dispositif efficace pour que les élèves aient la possibilité, seuls ou en groupe, de les expliquer. En effet, puisque l'enseignant n'est pas dans une relation un à un avec ses élèves, il doit réaliser une analyse à priori de la tâche afin de s'assurer de la complémentarité entre les pratiques pédagogiques et les ressources à sa disposition, comme mentionné à la section 1.2.2. Il aura ainsi l'information

nécessaire pour faire de meilleurs choix et pour mettre régulièrement en place ce type de contexte d'apprentissage et donc, obtenir les effets escomptés.

Bien que plusieurs études s'intéressent à l'efficacité des ressources numériques et à leur impact sur les apprentissages des élèves, la plupart négligent la complexité de leur intégration aux pratiques pédagogiques (U.S. Congress Office of Technology Assessment, 1995 ; Zhao et al., 2002). Par exemple, dans une méta-analyse effectuée à partir d'études expérimentales et quasi expérimentales menées avec des élèves de la première à la huitième année, aux États-Unis, Graham, Hebert et Harris (2015) ont étudié l'effet de l'intégration du numérique pour favoriser la rétroaction. Ils ne décrivent toutefois pas la nature des rétroactions offertes dans chacune des modalités expérimentées ni le type d'intégration entre ces trois modalités de rétroaction. Selon leurs résultats, la rétroaction donnée aux élèves de la part d'adultes (Effet = 0,87), de leurs pairs (Effet = 0,58) ou des ressources numériques (Effet = 0,38) améliore la qualité de l'écriture. Ces résultats suggèrent que la rétroaction qui provient des ressources numériques uniquement conduit à des résultats plus faibles que les autres types de rétroaction. De plus, les résultats sont basés sur un petit échantillon d'études, soit moins de 10 études, pour chaque type de rétroaction. Les auteurs précisent donc qu'il ne faut pas les interpréter pour suggérer qu'un type de rétroaction est meilleur que l'autre, car ils n'ont pas été comparés l'un à l'autre.

Dans leur étude quasi expérimentale sur le jeu *Slice Fractions*, Cyr, Charland et Riopel (2016) ont comparé l'effet de trois démarches visant l'appropriation du concept de fraction : a) un enseignement régulier, b) une période de jeu dans *Slice Fractions* et c) une combinaison d'un enseignement régulier et d'une période de jeu. L'étude a été réalisée auprès d'un échantillon de convenance composé de 139 élèves répartis dans 5 classes du primaire. Le test standardisé TIMSS a été administré aux élèves avant et après l'intervention. Les chercheurs ont observé un gain de 7,8 % à la suite de l'enseignement régulier, de 9,9 % à la suite de la période de jeu et de 10,6 % à la suite de la combinaison du jeu et de l'enseignement. Sur le plan statistique, le gain à la suite de l'enseignement régulier ne s'est pas avéré significatif contrairement à la période de jeu ainsi qu'à la combinaison des deux dispositifs. Toutefois, il n'y a pas de différence significative entre la période de jeu seule et la combinaison des deux dispositifs, ce qui suggère que l'intégration des pratiques pédagogiques et de la ressource numérique ne présente pas de plus-value. Cependant,



les auteurs ne décrivent pas les modalités d'intégration, ce qui ne permet pas de comprendre l'absence de plus-value lorsque le travail dans l'application est jumelé aux interventions de l'enseignant. En résumé, nous remarquons donc que, dans ces deux études, la méthodologie ne donne pas d'information sur la façon de mettre en œuvre le travail d'intégration des ressources numériques aux pratiques pédagogiques. Sans ce type d'information, il est difficile de comprendre la nature de ces pratiques et le rôle que peuvent jouer les ressources numériques pour accroître leurs effets. Ces lacunes dans le processus d'intégration peuvent conduire les enseignants vers une mauvaise interprétation de l'apport des ressources numériques, les mener sur de fausses pistes et les conduire à faire des usages qui ne sont pas féconds. Elles peuvent aussi avoir une influence sur la nature du développement professionnel requis pour soutenir les enseignants dans cette démarche.

Étant donné l'importance accordée à la qualité de l'intégration dans plusieurs métaanalyses (Cheung et Slavin, 2011 ; EEF, 2021 ; Sokolowski, Li et Willson, 2015), une meilleure compréhension de ce processus d'intégration complexe s'avère essentielle et pourrait permettre de mieux guider le développement professionnel des enseignants.

#### **1.4 Formation des enseignants à intégrer les ressources numériques dans leurs pratiques**

Nous avons examiné les défis associés à l'intégration de principes pédagogiques et des ressources numériques pour favoriser les apprentissages de tous les élèves. Dans cette section, nous examinerons les enjeux que pose le développement professionnel des enseignants pour soutenir ce processus d'intégration et sa mise en œuvre en classe.

Dans le cadre d'une étude visant à étudier la perception qu'ont les enseignants de l'inclusion des élèves ayant des besoins spéciaux sur leurs classes, plusieurs enseignants ont rapporté que les formations initiale et continue ne les préparent pas explicitement à mettre en œuvre les pratiques pédagogiques de façon à soutenir les besoins de tous les élèves (Horne et Timmons, 2009). Dans une étude portant sur l'impact des programmes de formation initiale des enseignants sur le développement des attitudes, des valeurs et des pratiques inclusives, Moran (2007) a observé un résultat similaire concernant la perception de l'efficacité de la formation initiale, à la suite des entrevues semi-dirigées menées auprès d'un échantillon de 40 enseignants et coordonnateurs en

éducation spécialisée. Cette perception fait en sorte que les enseignants restent hésitants et, comme mentionné à la section 1.2.2, ils maintiennent les pratiques en place et ne parviennent pas à en développer d'autres qui répondent mieux aux besoins de tous les élèves (Bergeron, cité dans Bergeron et Granger 2016 ; Tomlinson et al., 2003).

De plus, selon Rousseau et Thibodeau (2011), les enseignants rencontrent de la difficulté à réfléchir, s'approprier et mettre en œuvre de bonnes pratiques pédagogiques. En effet, selon cette étude, les enseignants expriment des inquiétudes quant au manque de temps pour planifier des activités d'apprentissage qui visent l'apprentissage de tous. Ils ne sont également pas familiers avec les ressources qui sont à leur disposition pour favoriser les apprentissages dans un tel contexte et ils ne se sentent pas prêts à changer leurs pratiques et à placer les élèves dans un contexte où ils peuvent explorer davantage ou se tromper, de peur de perdre le contrôle sur la tâche. Ils ont l'impression de sortir de leur zone de confort et craignent de ne pas réussir à faire progresser leurs élèves. De plus, ils expriment leur méconnaissance des caractéristiques spécifiques de leurs élèves. Pour ces raisons, ils affirment avoir besoin de suivre des formations pour les aider à surmonter ces obstacles (Rousseau et Thibodeau, 2011).

Dans le cadre d'une large enquête, Jacob et McGovern (2015) ont tenté d'identifier les dispositifs qui ont le plus d'effet sur le développement professionnel des enseignants. Leurs recherches ont porté sur trois grands districts scolaires publics et un réseau d'écoles à charte de taille moyenne aux États-Unis. Dans chacun des districts étudiés, les chercheurs ont examiné des données d'observation sur la performance des enseignants recueillies sur deux à quatre années, ce qui leur a permis de suivre le développement des enseignants d'une année à l'autre. De plus, ils ont interrogé plus de 10 000 enseignants et 500 directeurs d'établissement et interviewé plus de 100 membres du personnel impliqués dans le développement professionnel des enseignants. Enfin, les chercheurs ont interrogé les enseignants sur leur expérience de développement professionnel et sur leur perception de leur propre performance. Ces derniers anticipaient obtenir des résultats indiquant que les enseignants qui s'améliorent partagent des expériences ou des valeurs qui les distinguent des enseignants qui ne s'améliorent pas. En dépit de l'ampleur de l'étude, les chercheurs n'ont pas réussi à identifier les caractéristiques de développement professionnel qui ont le plus d'effet sur le développement des pratiques enseignantes. De plus,

leurs données indiquent qu'après une cinquième année en poste, les pratiques des enseignants évoluent très peu même s'ils n'ont pas atteint un certain niveau de maîtrise. Par ailleurs, l'autoévaluation réalisée par les enseignants ne correspond pas aux données d'observation puisque plus de 80 % des enseignants ont surévalué leurs compétences en lien avec les principes pédagogiques étudiés. Comme le soulignent les auteurs, une surévaluation du niveau de compétence n'est pas de nature à susciter un besoin de développement professionnel.

Ces résultats sont similaires dans les écoles des trois districts étudiés. Cependant, dans un réseau d'écoles à charte, les chercheurs ont observé une plus grande amélioration de l'expertise des enseignants. Dans ces écoles, un formateur réalise des observations hebdomadaires pour chaque enseignant, suivies d'un bilan de 30 à 45 minutes. Les enseignants passent également deux à trois heures par semaine avec d'autres enseignants à réfléchir aux pratiques pédagogiques et aux apprentissages observés pendant la semaine écoulée, à réfléchir aux changements à apporter à leurs pratiques et préparer des activités qui permettent de les mettre en œuvre. Parallèlement, ils participent à des analyses approfondies des résultats de leurs élèves et reçoivent des rétroactions sur leurs pratiques. Les caractéristiques de ce dispositif de développement professionnel sont similaires à celles identifiées comme étant efficaces dans la métaanalyse conduite par Darling-Hammond et al. (2017).

Dans leur métaanalyse qui sera présentée de façon plus détaillée dans la section 2.5.1, Darling-Hammond et al. (2017) ont analysé 35 études expérimentales sur les trois dernières décennies dans le but d'identifier les caractéristiques qui contribuent à l'efficacité d'un contexte de développement professionnel. Les auteurs indiquent qu'un contexte de développement professionnel efficace doit être concentré sur les pratiques pédagogiques associées à un contenu spécifique du programme d'études. Il doit soutenir le développement des connaissances chez l'enseignant tout en tenant compte de ses expériences, c'est-à-dire de ses connaissances et pratiques antérieures. Pour ce faire, il importe d'offrir aux enseignants des opportunités de participer à la conception d'activités d'apprentissage, à leur mise en œuvre dans des contextes réels de classe pour voir leurs effets et y apporter des ajustements. C'est aussi un espace où les enseignants peuvent partager leurs idées, collaborer et recevoir des rétroactions pour développer leurs pratiques. Ils peuvent également observer des modèles de mise en œuvre de

pratiques pédagogiques efficaces et consulter des ressources et des travaux d'élèves à cet effet. Ils bénéficient également de la présence d'un expert avec qui il est possible d'échanger sur les pratiques pédagogiques dites efficaces. Ces caractéristiques contribuent à la création d'un espace favorable au développement de pratiques dans lequel l'enseignant peut s'exercer à voir le lien entre ses savoirs professionnels, ses pratiques et sa vision. Ainsi, il devient plus susceptible de développer cette dernière et de comprendre l'importance de développer celles-ci (Shulman et Shulman, 2004). Toutefois, ce contexte est difficile à implanter en milieu scolaire parce qu'il requiert des rencontres fréquentes et un engagement des enseignants et de l'équipe dédiée à leur développement professionnel.

La mise en œuvre d'un dispositif de développement professionnel est d'autant plus importante que le processus d'intégration des principes pédagogiques et des ressources numériques est complexe.

### **1.5 Contexte d'apprentissage pour observer la mise en œuvre d'une intégration de pratiques pédagogiques et des ressources numériques**

Rappelons que cette étude n'a pas de prétentions didactiques. Toutefois, le travail d'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques ne peut s'observer que s'il s'inscrit dans un domaine d'apprentissage précis. Ce dernier doit porter sur une notion critique pour les apprentissages ultérieurs et pour lequel il y existe des ressources numériques qui répondent aux caractéristiques que nous avons décrites à la section 1.3. Afin de permettre la réalisation d'une expérimentation féconde, ce contexte doit également être susceptible de favoriser un développement professionnel authentique. Tenant compte de ces critères, nous avons jugé intéressant d'aborder le concept de fraction, car il pose souvent des difficultés d'apprentissage et d'enseignement qui poussent les enseignants à explorer des pratiques pour soutenir les apprentissages de leurs élèves. C'est aussi un concept sur lequel des développeurs et les pédagogues ont collaboré pour créer des ressources éducatives numériques, notamment l'application *Slice Fractions* que nous présenterons plus en détail dans le chapitre 3 (Méthodologie).

Selon Neagoy (2017), les enseignants perçoivent l'enseignement du concept de fraction comme un défi particulièrement important dans un contexte de diversité. En effet, parmi les nombreux concepts mathématiques abordés à l'école et présents dans une variété d'activités au quotidien, les élèves ont surtout des difficultés à résoudre des problèmes impliquant des fractions, ce qui accroît les inégalités en classe (Empson, 2003 ; Lesh, Post et Behr, 1987). Lorsque les incompréhensions persistent, cela rend l'apprentissage des concepts subséquents, comme le concept d'algèbre, difficiles et l'écart se creuse pour devenir de plus en plus difficile à surmonter. De plus, une bonne compréhension des fractions va au-delà du simple fait de savoir les nommer ou les identifier sur un dessin. Elle commence par la construction d'images mentales précises. Neagoy (2017) estime que les élèves développent leurs connaissances à travers les liens qu'ils construisent entre les connaissances acquises, les interactions avec leurs pairs et le monde qui les entoure.

Pour y parvenir, il est nécessaire de faire travailler les élèves dans un environnement où ils ont accès à des représentations visuelles qui soutiennent leur engagement cognitif et où ils peuvent faire des manipulations dans des tâches de complexité croissante, mais qui se situent chaque fois dans leur ZPD. Comme discuté à la section 1.3, certains usages des ressources numériques vont dans ce sens et l'enseignant peut également demander aux élèves de documenter sur vidéo leur travail et les questionner pour les engager dans des dialogues cognitifs tout en ayant accès à leur raisonnement. Nous reviendrons sur ces usages dans le chapitre 2.

## **1.6 Questions de recherche**

Le système d'éducation québécois privilégie la mise en œuvre de principes pédagogiques soutenus par des pratiques pédagogiques qui peuvent favoriser les apprentissages de tous les élèves (MEQ, 2021). Elle peut être accompagnée par une différenciation en fonction des connaissances et des besoins de chacun.

Notre recherche vise à comprendre comment se réalise le travail d'intégration de certaines pratiques pédagogiques et de ressources numériques. Elle nécessite donc de se baser sur ce que les enseignants mettent déjà en œuvre en classe quand ils enseignent le concept de fraction pour favoriser l'utilisation et le développement de ces pratiques tout en intégrant les ressources

numériques. Cette utilisation doit permettre à chaque enseignant de situer les élèves dans leurs ZPD, d'accroître la visibilité des apprentissages pour être en mesure de préciser ses interventions, d'offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu et de soutenir le passage du concret à l'abstrait. Une meilleure compréhension du processus d'intégration nous éclairera également sur les moyens à mettre en œuvre pour soutenir le développement de ces pratiques.

Question principale : comment les enseignants intègrent-ils des pratiques pédagogiques et des ressources numériques en classe pour favoriser l'apprentissage de tous dans le contexte de l'apprentissage du concept de fraction ?

Sous-question 1 : Que peut-on observer sur le plan du développement des pratiques pédagogiques et du processus d'intégration des ressources numériques lorsqu'un dispositif de développement professionnel jumelant un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation est mis en œuvre ?

Sous-question 2 : Que peut-on observer sur le plan de la démarche et du processus d'apprentissage des élèves lorsqu'une telle intégration est mise en œuvre ?

## Chapitre 2 – Cadre conceptuel

Pour répondre à notre question principale, nous cherchons à comprendre comment les enseignants développent leurs compétences à intégrer des pratiques pédagogiques et des ressources numériques en classe pour soutenir l'apprentissage du concept de fraction par tous les élèves. Nous nous questionnons également sur l'apport d'un cercle pédagogique et d'un soutien en classe pour favoriser le développement des pratiques et le processus d'intégration.

Dans ce chapitre, nous examinerons dans un premier temps les défis liés à l'apprentissage du concept de fraction. Nous analyserons ensuite plus en détail les principes pédagogiques susceptibles de soutenir les apprentissages des élèves et notamment de ceux qui requièrent un soutien supplémentaire afin de parvenir à acquérir l'ensemble des connaissances antérieures requises pour s'approprier ce concept. Nous examinerons ensuite les pratiques pédagogiques qui permettent de transposer ces principes en classe et l'apport potentiel des ressources éducatives numériques, notamment leurs caractéristiques qui soutiennent la mise en œuvre de ces pratiques. Enfin, nous présenterons des dispositifs de développement professionnel ainsi que certaines stratégies qui peuvent être mobilisées afin de permettre aux enseignants de s'appuyer sur leurs pratiques existantes pour développer leur capacité à intégrer des savoirs pédagogiques, technologiques et disciplinaires.

### 2.1 Défis liés à l'apprentissage du concept de fraction

Selon le NRC (2001), les mathématiques sont constituées de concepts abstraits, comme celui de fraction, auxquels les élèves n'ont accès qu'à travers des représentations concrètes et des outils pour les manipuler. Il est fréquent, par exemple, de faire référence à des pizzas ou à des tartes pour demander aux élèves de réaliser, avec ou sans objet concret, des manipulations pour les partager ou pour établir des équivalences. Sur cette base, l'enseignant peut les aider à passer du concret à l'abstrait dans la dénomination de fractions qui représentent ces objets et parvenir, éventuellement, à réaliser des raisonnements en utilisant leur métalangage.

Le site Allo Prof (2021), auquel se réfèrent fréquemment les élèves québécois parce qu'il correspond étroitement à ce qui est enseigné en classe, définit ainsi une fraction et un nombre rationnel :

« Une fraction est un nombre rationnel exprimé par une division non effectuée entre deux nombres entiers  $a$  et  $b$  où  $b \neq 0$ ,

Un nombre rationnel est un nombre qui peut s'écrire sous la forme d'un quotient  $a/b$  où  $a$  et  $b$  sont des nombres entiers et  $b \neq 0$ . »

Ainsi défini, le concept de nombre rationnel, du moins dans sa forme abstraite, est nouveau pour les élèves et il modifie ou précise le sens des opérations que les élèves ont appris à effectuer sur les nombres entiers.

C'est pourquoi les défis liés à l'apprentissage du concept de fraction peuvent être en lien, par exemple, avec l'appropriation des différents sens d'une fraction ou être liés à la confusion entre les nombres rationnels et naturels et entre les différentes représentations d'une fraction (Adjage et Pluvineau, 2000 ; Blouin et Lemoyne, 2002 ; Hasemann, 1981 ; Mercier, 2004). Pour éclairer la méthodologie de notre recherche, notamment pour cibler les pratiques pédagogiques et les usages des ressources numériques à privilégier, cette section présentera d'abord ces défis.

Blouin et Lemoyne (2002) estiment que nous pouvons attribuer cinq sens aux fractions selon le contexte du problème. Les élèves peuvent avoir de la difficulté à différencier les multiples sens des fractions, à les comprendre tous et parvenir à les regrouper sous un même concept de fraction. Il importe de préciser que ces sens ne sont pas destinés à être enseignés aux élèves, mais leur identification aide l'enseignant à garantir une richesse des situations présentées et une variété des problèmes qui donnent du sens au concept (Vergnaud, 1986). Voici les cinq sens des fractions selon Blouin et Lemoyne (2002).

### *1- Fraction « partie-tout »*

La fraction  $a/b$  peut désigner la relation entre un tout et un nombre de ses parties. Ainsi, si nous avons une route qui fait 10 mètres et que nous traversons  $3/10$  de cette route,  $3/10$  représente 3 parties égales sur 10 parties au total et donc cela représente 3 mètres sur 10 mètres. De même, si nous avons 10 bonbons et que nous en prenons 3, nous aurons pris  $3/10$  des bonbons. Ainsi,



deux fractions sont équivalentes si elles « représentent la même surface d'un tout ou le même sous-ensemble d'une collection » (Blouin, 1993, p. 13).

### *2- Fraction « rapport »*

La fraction « rapport » représente « la relation qui existe entre deux quantités » (Blouin, 1993, p.13). Par exemple, si nous avons 12 bonbons rouges et 16 bonbons bleus, nous avons 3 bons rouges pour 4 bonbons bleus. Si d'un autre côté, nous avons 15 chocolats au lait et 20 chocolats noirs, nous avons donc le même rapport soit  $3/4$ .

### *3- Fraction « quotient » ou « résultat d'une division »*

La notation fraction  $a/b$  représente le résultat de  $a$  divisé par  $b$ . Alors si nous prenons l'exemple des bonbons présenté précédemment, et que nous décidons de partager les bonbons rouges entre 4 enfants, nous pourrions offrir  $12/4$  bonbons à chaque enfant.

### *4- Fraction « opérateur »*

La fraction « opérateur » « permet de considérer la fraction comme une fonction » (Blouin, 1993, p.15). Si nous offrons 12 bonbons à Carl et 9 bonbons à Simon, Simon possède  $3/4$  des bonbons de Carl, car  $12 \times 3/4 = 9$ .

### *5- Fraction « mesure »*

La fraction « mesure » est « le résultat d'une mesure ou le résultat d'opérations sur la fraction « mesure » (Blouin, 1993, p. 16). Par exemple,  $4/6 = 4 \times 1/6 = 1/6 + 1/6 + 1/6 + 1/6$  ou  $4/6 = 2 \times 1/3 = 1/3 + 1/3$ . La fraction  $4/6$  est donc l'itération de la fraction  $1/6$ ,  $1/6$  étant l'unité.

Blouin et Leymone (2002) insistent sur le fait qu'une intervention qui vise à soutenir les apprentissages de tous les élèves doit mettre ces derniers dans des situations riches afin qu'ils puissent se familiariser avec les cinq sens de la fraction et parvenir à mobiliser leurs connaissances de ce concept dans une variété de situations afin de résoudre des problèmes variés.

Les difficultés associées à l'apprentissage du concept de fraction ne se limitent pas aux différents sens des fractions. Une autre difficulté concerne la confusion entre les nombres naturels et les nombres rationnels. En effet, les élèves éprouvent des difficultés à lire et à écrire des fractions (Rosar et al., 2001) et ont tendance à les traiter comme des nombres naturels (DeBlois, 2011). Ce

genre d'obstacles que rencontrent les élèves peut avoir différentes sources, notamment de nature didactique (Brousseau, 2003). Par exemple, pour additionner les fractions, certains élèves ont tendance à additionner les numérateurs seuls et les dénominateurs seuls (Post, cité dans Blouin et Lemoyne, 2002). Pour calculer  $\frac{2}{3} + \frac{2}{5}$ , les élèves vont parfois avoir le réflexe d'additionner les numérateurs, ce qui donne 4, pour ensuite additionner les dénominateurs, ce qui donne 8. Ainsi, ils obtiennent la mauvaise réponse, soit  $\frac{4}{8}$ . De plus, une fraction peut être visuellement représentée de différentes façons (Ball, 1990) et certaines fractions paraissent différentes, bien qu'elles soient équivalentes ; c'est le cas, par exemple, des fractions  $\frac{1}{2} = \frac{4}{8}$ . L'élève doit aussi comprendre que la multiplication ne rend pas nécessairement les fractions plus grandes et que la division ne les rend pas nécessairement plus petites (Neagoy, 2017), par exemple,  $\frac{4}{2} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{8} < \frac{1}{4} < \frac{4}{2}$ .

Outre la distinction entre les entiers et les nombres rationnels, les élèves doivent parvenir à comprendre ce que représente une fraction dans la vie quotidienne. L'enseignant illustre parfois son propos avec des illustrations de pizza ou de tarte, mais il ne permet pas nécessairement aux élèves de travailler avec un nombre suffisant d'exemples en classe pour voir d'autres types de représentations en vue de développer les préconceptions requises pour abstraire. Ainsi, lorsqu'ils veulent représenter une fraction sur une droite, plutôt que, par exemple, sur une pizza, ils trouvent la tâche difficile (Rosar et al. 2001). Finalement, les activités d'apprentissage et les façons de les travailler en classe encouragent une mémorisation des concepts mathématiques et leur application de façon mécanique plutôt qu'une compréhension en profondeur et une application dans des contextes réels (Neagoy, 2017).

Dans son livre *Unpacking fractions*, Neagoy (2017) donne un exemple concret d'une difficulté que rencontrent les élèves avec le concept d'égalité entre les fractions, un concept appris au primaire. Elle explique que lorsque le concept d'égalité entre deux quantités est étudié par les élèves pour la première fois, celui-ci est présenté comme une équation. À titre d'exemple « que donne deux plus trois ? » L'égalité est représentée par le signe égal « = » et se trouve entre la somme des chiffres 2 et 3 et le résultat, 5. La quantité qui se trouve avant le signe égal est égale à celle après le signe. Le cerveau développe une réaction automatique qui est celle de calculer et produire la bonne réponse, peu importe le contexte, mais l'élève ne comprend pas nécessairement ce que

représente ce calcul dans un contexte réel. Falkner, Levi et Carpenter (1999) illustrent cette problématique dans une étude où l'enseignante met en œuvre plusieurs pratiques pédagogiques pour accompagner les élèves afin de les amener à comprendre le concept d'égalité en mathématique avec des nombres entiers.

Falkner, Levi et Carpenter (1999) ont proposé à 30 élèves du primaire de résoudre l'équation  $8 + 4 = ? + 5$ . Moins de 10 % des élèves ont eu la bonne réponse, soit 7. Les réponses les plus populaires étaient 12 et 17. Ces résultats suggèrent, selon les auteurs, que les élèves qui ont eu la mauvaise réponse ont probablement compris que le signe égal « = » signifie qu'il faut calculer ce qui le précède et écrire la réponse dans la case qui le suit. Ils ne comprennent pas que ce signe est un symbole qui exprime la relation « est le même que ». Falkner a enseigné aux mêmes élèves pendant leur première et leur deuxième année du primaire. Son but était de voir comment la compréhension du concept d'égalité a progressé d'une année à l'autre. Elle leur a donné l'équation  $8 + 4 = ? + 5$  à résoudre. La première année, en discutant avec les élèves, la plupart ont expliqué que la réponse devrait être 12, car  $8 + 4 = 12$ . Un élève, parmi les rares qui ont eu la bonne réponse, a expliqué que la réponse est 7, car il faut avoir la même somme des deux côtés du signe égal. « C'est ce que signifie le signe égal », dit-il. Ceci a suscité un débat entre les élèves et certains ont continué de croire que le signe égal voulait dire « calcule ». L'enseignante leur a donc proposé plusieurs exemples d'équations et leur a demandé d'identifier celles qu'ils estimaient vraies et celles qu'ils croyaient fausses. Les réponses étaient variées. À propos de l'égalité  $7 = 3 + 4$ , un élève a répondu que le calcul était correct, mais un autre a ensuite expliqué que la façon d'écrire l'égalité ne l'était pas. Un autre élève a élaboré cette réponse en expliquant que l'égalité était écrite à l'envers. L'enseignante en a profité pour rappeler aux élèves que le signe égal signifiait que les quantités de chaque côté étaient les mêmes, ce qui n'a pas convaincu pour autant tous les élèves. L'enseignante a donc décidé de représenter la situation en demandant à un élève de tenir 7 cubes en se plaçant à côté d'elle à un autre élève d'en tenir 4 dans une main et 3 dans l'autre main en se plaçant de l'autre côté. Elle a ensuite demandé aux élèves de lui dire si les deux élèves tenaient le même nombre de cubes. Les élèves ont répondu oui. Elle leur a demandé ensuite si le fait qu'ils soient d'un côté ou de l'autre changeait la réponse. Les élèves ont répondu « non, mais... ». L'année suivante, la plupart des élèves qui ont déjà été

confrontés à l'équation  $8 + 4 = ? + 5$  ont eu la bonne réponse. Plusieurs parmi les nouveaux élèves ont répondu 12 et le reste était confus et a demandé de l'aide. L'enseignante a entamé avec ses élèves d'autres discussions comme celle-ci durant l'année. À chaque fois, des débats surgissaient. Falkner, Levi et Carpenter (1999) ont compris que le concept d'égalité était difficile pour les élèves et elle y est retournée plusieurs fois durant l'année. À chaque fois, Falkner discutait avec les élèves, écoutait leurs réponses, notait qui parlait et observait les expressions faciales. En mars, un plus grand nombre d'élèves répondaient correctement et justifiaient bien ses réponses. Selon les auteurs, de telles discussions suggèrent que les élèves ont appris à voir le signe « = » comme un symbole du concept d'égalité plutôt qu'une invitation à calculer. Cette étude illustre l'exemple d'un concept qui, en classe, se construit avec, bien souvent, un seul type de représentation qui illustre un contexte spécifique. Dans ce contexte, les élèves ont tendance à retenir une suite de manipulations et à la refaire dans un nouveau contexte, même si certains paramètres diffèrent du contexte original du premier. Ils ne se rendent pas compte que leur démarche n'y est plus valable. Ils construisent ainsi un concept erroné, du moins qui est inexact lorsqu'ils se retrouvent dans une situation différente. Ces observations réalisées dans la classe de Falkner, Levi et Carpenter (1999) illustrent bien l'importance de placer les élèves dans des situations où ils sont confrontés à des exemples et des contre-exemples et de les questionner afin qu'ils discutent de leur raisonnement, le précisent à travers des essais multiples et distinguent de cette façon, graduellement, les attributs qui constituent le concept en question. Cette démarche les prépare à savoir mobiliser leurs connaissances de façon à parvenir à résoudre les problèmes qui font appel au concept étudié.

Neagoy (2017) donne un exemple similaire à celui de l'étude précédente, mais cette fois-ci avec le concept d'égalité entre les fractions et non avec les nombres entiers. Elle donne l'exemple  $1/3 = 2/2 \times 1/3$ . Elle explique qu'il est difficile pour un élève de comprendre que  $1/3$  est égal à  $1/3$  multiplié par un autre nombre. Sur la base des apprentissages réalisés antérieurement, l'élève croit que lorsqu'un nombre est multiplié par un autre, le résultat est forcément un nombre plus grand. Il est habitué à appliquer une formule, celle de la multiplication. Cet exemple souligne l'importance d'offrir à l'élève plusieurs exemples afin de lui permettre d'observer que ce n'est pas toujours le cas.

Selon Brousseau (1988), l'enseignant doit mettre les élèves dans un contexte différent de celui où ils ont initialement étudié le concept, mais où ils sont capables de mobiliser les nouveaux savoirs étudiés pour résoudre un problème en les adaptant. Pour ce faire, l'enseignant doit commencer par contextualiser les savoirs, c'est-à-dire mettre les élèves dans des situations familières qui donnent du sens au concept étudié et où ils sont appelés à mobiliser leurs connaissances. À ce stade, même si les élèves réussissent à résoudre le problème qui leur a été proposé, ils ne se rendent pas encore compte qu'ils viennent de développer des connaissances transférables dans d'autres contextes, d'où l'importance que l'enseignant contribue à la décontextualisation des savoirs en proposant aux élèves de multiples situations qui se situent dans leurs ZPD. Il doit leur permettre de faire appel à leurs savoirs dans de nouveaux contextes moins familiers que les précédents, mais où ils sont capables de reconnaître suffisamment d'éléments afin de dégager ceux qui reviennent d'une situation à une autre. Ils seront ainsi en mesure d'élaborer un raisonnement plus transposable.

Dans ce qui suit, nous présenterons les principes pédagogiques qui favorisent l'accompagnement de l'élève pour examiner ensuite les pratiques pédagogiques qui soutiennent leur transposition en classe.

## **2.2 Principes pédagogiques**

Dans cette section, nous décrivons les quatre principes pédagogiques que nous avons ciblés pour soutenir l'apprentissage de tous, notamment situer les élèves dans leurs ZPD, rendre visibles les apprentissages de tous les élèves, offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu et soutenir le passage du concret à l'abstrait. Nous examinons leur mise en œuvre en classe, notamment à travers des exemples en mathématiques afin d'illustrer leur rôle dans le développement du raisonnement mathématique et la construction du concept de fraction. Les pratiques qui soutiennent ces principes sont associées à des effets élevés dans le classement de l'EEF (2021), les résultats de la synthèse de métaanalyses de Hattie (2009), la métaanalyse de Marzano (1998), le modèle de Tomlinson (2010) et les études de Brousseau (1978) comme indiqué à la section 1.1. Rappelons que nous entendons par principe pédagogique une

règle à suivre ou une visée qui est appliquée à travers la mise en œuvre de pratiques pédagogiques (Messier, 2014).

### **2.2.1 Situer les élèves dans leurs ZPD**

Situer les élèves dans leurs ZPD consiste à leur proposer des activités d'apprentissage qu'ils seront capables de réaliser avec l'aide d'une personne possédant des connaissances plus élaborées, un autre élève ou un enseignant, pour leur offrir une forme d'échafaudage. Ils peuvent également bénéficier de la présence de ressources dans leur milieu pour les aider à mobiliser leurs connaissances antérieures et en développer de nouvelles afin de résoudre le problème auquel ils sont confrontés (Vygotsky, 1978).

En lien avec le concept de ZPD, Brousseau (1988) précise que pour qu'une activité soit propice aux apprentissages, elle doit être conçue de telle sorte que l'élève se sente responsable et capable de la réussir. Il ne doit pas pouvoir anticiper la compréhension que son enseignant a du problème ou la réponse qu'il attend. L'activité d'apprentissage doit mettre l'élève au défi de mobiliser les connaissances requises afin de pouvoir résoudre un problème dont certaines caractéristiques diffèrent de ce à quoi il a été confronté précédemment. Ainsi, la situation d'apprentissage doit permettre à l'élève d'être confronté à des obstacles qui vont le pousser à faire des ajustements dans sa démarche et, par extension, à préciser ses connaissances pour développer son raisonnement et parvenir éventuellement à réussir la tâche (NSW Government, 2017 ; Sweller, 1994).

Dans les différents domaines, en particulier en mathématiques, les élèves arrivent en classe avec un bagage de connaissances et d'expériences qui diffèrent les uns des autres. L'enseignant doit d'abord analyser l'activité proposée et définir une intention d'apprentissage claire et compréhensible. Il doit ensuite évaluer soigneusement ce que les élèves savent et ne savent pas afin d'identifier les chemins qu'il peut emprunter pour les aider à développer les concepts mathématiques visés par les intentions d'apprentissage (EEF, 2021). Ses interventions ressemblent à celles que font les enseignants dans les études de Falkner, Levi et Carpenter (1999) et de Neagoy (2017) et permettent d'accompagner l'élève pour qu'il parvienne à distinguer les différentes manifestations du concept en question et qu'il réussisse à mobiliser les connaissances

acquises afin de résoudre des problèmes dans d'autres situations. Par exemple, l'enseignant peut analyser un défi et questionner ensuite les élèves pour discuter avec eux et leur offrir un espace de dialogue et d'argumentation à travers lequel il donne une série de rétroactions. Ce faisant, il amène les élèves à amorcer un raisonnement et à se rendre compte de l'utilité d'appliquer un raisonnement au-delà des simples essais. Selon Brousseau (1978), l'enseignant peut aussi placer l'élève dans une posture de recherche de solution et être quant à lui un médiateur entre l'élève et le savoir à construire. Dans un tel contexte, il doit agir sur l'activité d'apprentissage afin de permettre à l'élève de mobiliser ses connaissances pour résoudre le problème. Il donne ainsi à l'élève la place pour qu'il participe et contribue pleinement au développement de ses apprentissages. Il contribue par le fait même à susciter la construction de nouvelles connaissances chez l'élève et s'assure que ce dernier parvienne à dégager du sens du problème qu'il doit résoudre (Barth, 2014).

Afin de garder la tâche dans la ZPD des élèves, après avoir identifié une intention d'apprentissage et des critères de réussite intelligibles, l'enseignant doit se questionner sur les parcours possibles pour que tous les élèves puissent faire preuve de compétence dans la réalisation de l'activité. Enfin, il doit réfléchir à la nature de la guidance qu'il peut offrir et aux rétroactions qu'il doit donner aux élèves durant la tâche pour soutenir leurs apprentissages.

### **2.2.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves**

Rendre visibles les apprentissages est un principe qui consiste à rendre concret et accessible un processus invisible aux étapes de résolution de problème pour lesquelles les élèves sont capables d'élaborer un raisonnement fécond et à celles qui posent de plus grands défis, et ce tout au long de la réalisation de la tâche (Barth, 2004). En fonction de ses observations, l'enseignant pourra agir afin de soutenir le développement des apprentissages des élèves en lien avec les concepts à apprendre.

Particulièrement en mathématiques, les premiers concepts prennent du temps à se développer (Neagoy, 2017). Le fait d'observer un élève travailler avec un concept ne signifie pas nécessairement qu'il est en mesure de le transposer. Souvent, plusieurs essais sont nécessaires avant que l'élève soit en mesure de consolider l'apprentissage et de transférer ce qu'il a appris

dans des contextes différents. L'enseignant doit donc vérifier ce que les élèves savent et comprennent dans une variété de contextes. Pour ce faire, il peut mettre en œuvre une variété de pratiques pédagogiques pour rendre visibles les apprentissages. Dans ce processus, l'erreur doit être perçue comme une opportunité d'apprentissage et la construction du savoir se fait à travers les interactions entre et avec les élèves (Neagoy, 2017). Lors de celles-ci, l'enseignant est un médiateur qui facilite la mobilisation des connaissances antérieures des élèves et la recherche des attributs qui permettent de préciser un concept pour faire émerger une compréhension commune. Il évalue l'impact de ses pratiques sur l'apprentissage de ses élèves. En se basant sur son travail d'interprétation, il régule son enseignement et agit sur la tâche afin de permettre aux élèves d'ajuster leurs raisonnements et de mobiliser les connaissances requises pour résoudre le problème (Hattie, 2009 ; Jacobs, Lamb et Philipp, 2010 ; Sleep et Boerst, 2012). Il contribue ainsi à rendre les élèves autonomes. Ceci implique qu'il doit discerner des éléments dans le contexte d'apprentissage qui peuvent servir d'indicateurs pour informer son jugement. C'est ce que Sherin et Van Es (2009) appellent le regard professionnel. Ces indicateurs doivent permettre d'aller au-delà d'une simple évaluation de l'exactitude de la réponse (Crespo, 2000) et révéler comment la compréhension de chaque élève évolue vers l'atteinte de l'intention d'apprentissage (Heritage, 2008). Ils témoignent de la progression de chacun dans le temps (Sarama et Clements, 2004) et donnent accès à leur raisonnement, aux difficultés qu'ils rencontrent, aux erreurs qu'ils sont susceptibles de commettre et à leurs connaissances erronées (Swan, 2001). Ainsi, l'enseignant sera en mesure de mettre en place les conditions permettant aux élèves de clarifier les concepts ambigus et de s'assurer qu'ils les comprennent au fur et à mesure. Il pourra ensuite décider des ajustements à apporter afin que les élèves parviennent à orienter leurs raisonnements vers l'atteinte des objectifs visés (Heritage, 2008).

Pour accéder au raisonnement des élèves et pouvoir mieux interpréter leurs erreurs, l'enseignant peut leur poser des questions avant le début de la leçon afin d'avoir accès à leurs connaissances antérieures et connaître le type d'erreurs qu'ils sont susceptibles de commettre (Bray, 2013 ; Swan, 2001). Afin d'éviter les malentendus et les erreurs d'interprétation, il peut aussi leur demander de penser à voix haute, d'expliquer ou de justifier leurs démarches pendant la réalisation de certaines tâches qui requièrent un raisonnement élaboré (Hattie, 2009). Il anime



ainsi un dialogue cognitif en classe. Selon Barth (2004), c'est un échange à travers lequel « les perceptions intuitives des uns et des autres peuvent commencer à s'accorder et à évoluer vers une compréhension commune ». Il doit aussi savoir animer des discussions mathématiques durant lesquelles les élèves partagent leurs idées et ce qu'ils ont appris. Ceci lui donne accès à leurs stratégies d'organisation de leurs connaissances et lui permet de les accompagner dans leur avancement en leur faisant des suggestions sans, pour autant, leur fournir des réponses ou faire le raisonnement à leur place. De plus, l'enseignant peut présenter de bons exemples ou contre-exemples et soutenir la conceptualisation à travers l'identification des propriétés et des contextes dans lesquels ces concepts sont utiles. Ainsi, il permet aux élèves de réfléchir au problème et d'accroître la profondeur de leur compréhension plutôt que de recourir à une stratégie de mémorisation et d'application simple des formules.

Afin de rendre visibles les apprentissages des élèves, un enseignant doit donc prévoir dans la planification d'une activité plusieurs moments où les tâches qu'il conçoit et les ressources qu'il utilise lui permettent d'observer la progression des élèves.

### **2.2.3 Offrir des représentations riches qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu**

Pour rappel, représenter visuellement un concept mathématique consiste à créer des exemples concrets pour illustrer les différents sens que celui-ci peut avoir dans différents contextes et situations de résolution de problèmes (Van Garderen et Montague, 2003).

Devlin (2018) suggère que les représentations visuelles ont le potentiel d'aider les élèves à surmonter la barrière du symbole mathématique. Cette barrière apparaît lorsque les élèves font face à des symboles mathématiques abstraits et hors contexte et que ceci les empêche de s'engager dans la résolution d'un problème. En effet, selon Devlin (2018), s'ils n'évoquent pas une représentation dans la réalité, les symboles mathématiques ne sont pas semblables au raisonnement qui a lieu dans le cerveau de l'élève lorsqu'il tente de résoudre un problème ou de comprendre la démarche à suivre pour réussir à le faire. Ce constat est cohérent avec l'analyse de Brousseau (1988) (voir Section 2.1) qui estime que les représentations doivent faire partie des connaissances antérieures de l'élève afin qu'elles puissent évoquer des représentations familières.

Utiliser des représentations visuelles riches aide les élèves à s'engager cognitivement avec le contenu, à faire des liens et à réfléchir sur leurs stratégies métacognitives. La représentation visuelle est particulièrement utile pour encourager les élèves à verbaliser leur raisonnement (Arcavi, 2005 ; Stylianou et Silver, 2004) et les aider à comprendre les concepts sous plusieurs angles (Tripathi, 2008 ; Fuson et Murata, 2007). Plus ils font des liens entre les représentations, meilleures sont leur compréhension des concepts et leur capacité à les mobiliser dans des contextes variés (Pape et Tchoshanov, 2001).

Miller et Mercer (1993) insistent aussi sur l'importance de concevoir des activités d'apprentissage qui requièrent une manipulation d'objets concrets pour que l'élève parvienne ensuite, graduellement, à construire ses représentations. D'après Murata (2008) et Murata et Kattubadi (2012), la manipulation d'objets concrets encourage les élèves à s'engager en plus de soutenir la mobilisation des connaissances antérieures. De plus, lorsque l'élève perçoit la limite des représentations concrètes pour résoudre un problème, il est incité à abstraire afin de réussir la tâche. Ainsi, l'utilisation de représentations concrètes contribue à l'abstraction.

Afin de permettre aux élèves de s'engager cognitivement dans la tâche en utilisant des représentations fécondes, l'enseignant doit les inviter à réaliser des activités qui requièrent un raisonnement élaboré et leur demander d'expliquer ou de justifier leur démarche afin de la rendre explicite. Il peut ainsi voir ce que les élèves discernent dans une représentation et comment ils l'interprètent. Il peut également engager les élèves dans un dialogue cognitif autour de la représentation en leur demandant non seulement de présenter leur propre raisonnement, mais aussi de comprendre celui des autres.

#### **2.2.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait**

Le passage du concret à l'abstrait ou *Concreteness Fading* est inspiré de l'idée de Bruner (1966) que l'apprentissage est une progression allant d'objets concrets, aux représentations symboliques, en passant par les représentations visuelles. Cette idée de progression se traduit aussi par la séquence *concrete-representational-abstract* (CRA) (Butler et al., 2003) selon laquelle les concepts sont d'abord représentés avec du matériel à manipuler, puis avec des représentations visuelles, et enfin avec des symboles. L'enseignant peut proposer aux élèves des

tâches qui sollicitent ce passage et qui les confrontent à la limite des représentations concrètes. Il peut, par exemple, les faire travailler d'abord avec de petits nombres et graduellement augmenter la difficulté en leur demandant de travailler avec de très grands nombres. La séquence CRA est utilisée dans l'enseignement des mathématiques, en particulier avec les élèves ayant des difficultés d'apprentissage (Butler et al., 2003). Fyfe et Nathan (2019, p. 411) reprennent le concept *Concreteness Fading*, mais rendent la frontière entre les trois étapes moins rigides. Selon ces auteurs, ce concept se manifeste parfois avec uniquement des représentations visuelles qui vont du plus concret au plus abstrait (Kokkonen et Schalk, 2021).

Pour soutenir le passage du concret à l'abstrait, Vergnaud (1986) indique que l'enseignant doit reconnaître les conceptions antérieures des élèves et choisir différentes situations de résolution de problèmes concrets visant à soutenir la mobilisation de leurs connaissances. Il amène ainsi l'élève à abstraire des concepts mathématiques concrets et à parvenir à les mettre en relation pour résoudre des problèmes, ce qui contribue à la construction d'un champ conceptuel. Selon Vergnaud (1986), un champ conceptuel est constitué de trois ensembles : « l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept, l'ensemble des invariants qui constituent les différentes propriétés du concept, l'ensemble des représentations symboliques qui peuvent être utilisées » (p. 31). L'élève doit donc faire appel à un champ conceptuel à plusieurs reprises, sous ses différentes formes, afin de réussir à étoffer les liens entre les concepts qui le constituent (Vergnaud, 1986). L'exposition de l'élève à différentes situations problèmes dont la résolution requiert le développement d'un réseau de concepts, de procédures et de représentations permet de voir les relations entre les concepts et de soutenir ainsi le développement du champ conceptuel de l'élève. Elle le prépare ainsi à faire face à un ensemble de situations (Vergnaud, 1986) afin que sa compréhension devienne plus riche et plus profonde (Tripathi, 2008).

Dans la même visée que Vergnaud (1986), le National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000) propose de présenter aux élèves différentes représentations visuelles d'un même concept et de leur permettre de manipuler des objets afin qu'ils parviennent à faire des liens entre les différents sens du concept et à comprendre son utilisation dans différentes situations. Par exemple, «  $3/4$  » est une représentation symbolique d'une fraction. L'enseignant doit amener les élèves à la voir comme la quantité constituée de 3 fois  $1/4$ . Il peut donc utiliser des

représentations visuelles comme des diagrammes ou des lignes numériques ou des représentations physiques comme une mesure sur un objet divisé en 4 segments égaux et en sélectionner 3.

Selon Tardif et Meirieu (1996), pour soutenir le rôle des représentations et des manipulations et favoriser le transfert des connaissances, l'enseignant doit guider l'élève à travers le processus de résolution de problème. Il se base donc sur une connaissance acquise dans un contexte particulier et la reprend d'une façon pertinente et fonctionnelle dans un nouveau contexte où elle peut être recontextualisée.

L'exposition de l'élève à une famille de situations similaires, mais qui présentent certaines caractéristiques distinctes favorise ce transfert. Ce dernier est défini par Tardif (1999) comme étant un « mécanisme cognitif qui consiste à utiliser dans une tâche cible une connaissance construite ou une compétence développée dans une tâche source » (p.58). Ceci va dans le même sens que l'analyse de Brousseau (1988) présentée dans la section 2.1, c'est-à-dire qu'il faut d'abord contextualiser les savoirs à l'étude en se référant à des situations concrètes qui se rapprochent des représentations auxquelles les élèves sont confrontés dans leur quotidien pour ensuite la décontextualiser en cherchant à abstraire le processus pour ensuite le recontextualiser en sortant du contexte familier et en appliquant les savoirs dans un nouveau contexte. Selon Tardif et Meirieu (1996, dans Renaud et al. 2015, p.1), « cette opération sollicite une prise de conscience de ses connaissances et de ses compétences par rapport à la situation source ». C'est ainsi que se fait la généralisation qui, selon Tardif et Meirieu (1996, dans Renaud et al. 2015), est la résultante d'un ensemble de décontextualisation et recontextualisation dans une famille de situations. De plus, si l'enseignant s'assure que la décontextualisation est réalisée de façon cohérente avec les représentations et la nature des tâches privilégiées dans le programme de formation, il favorise l'institutionnalisation des savoirs.

Parfois, lors de la résolution d'un problème, les actions des élèves engendrent des processus mentaux différents de ceux que l'enseignant souhaite qu'ils acquièrent. C'est pourquoi lorsqu'ils sont laissés à eux-mêmes ils bénéficient des manipulations concrètes pour comprendre un concept mathématique. Par exemple, dans l'étude de Gravemeijer (1991), les élèves devaient calculer  $5 + 4$ . Pour ce faire, ils ont localisé le 5, ont compté 1, 2, 3, 4 et ont lu la réponse, 9. Ils

ont donc abouti à la bonne réponse, mais ils ont eu recours à un processus mental moins efficace que celui que l'enseignant visait. En effet, ils devaient localiser le 5 et compter 6, 7, 8, 9. Pour qu'ils développent des processus mentaux et des représentations mathématiques élaborés, l'activité conçue devrait leur permettre de s'engager dans une réflexion et de construire une démarche qui favorise la réussite de la tâche. Pour ce faire, l'enseignant peut se baser sur les raisonnements observés pour démontrer aux élèves que le processus plus « élaboré » est davantage efficace et soutenir ainsi le passage de la phase de manipulation d'objets concrets à celle de construction de représentations mentales abstraites du concept (Ball, 1992).

Dans le cadre de leurs travaux, Butler et al. (2003) et Witzel, Mercer et Miller (2003) ont comparé l'approche CRA à l'approche *Representational-Abstract* (RA). L'approche RA fait appel aux représentations visuelles concrètes suivies de représentations plus abstraites du concept à l'étude. Dans l'approche CRA, ces deux étapes sont précédées par la manipulation d'objets concrets. Les chercheurs ont suivi une démarche inductive pour faciliter le passage du concret à l'abstrait et aider les élèves à décontextualiser leurs savoirs. L'enseignant accompagnait les élèves durant la démarche en mettant en œuvre plusieurs pratiques pédagogiques.

La planification de chaque séance s'est faite comme suit. Dans un premier temps, l'enseignant a activé les connaissances antérieures des élèves en faisant un lien avec la leçon précédente. Dans un deuxième temps, il a précisé l'intention d'apprentissage. Ensuite, il a modélisé la tâche en faisant un raisonnement à voix haute suivi d'une pratique guidée et d'une pratique autonome sur des problèmes de type question-réponse (*question-answer format*). Puis, les élèves se sont exercés à résoudre un problème plus complexe de type problème écrit à résoudre (*word problem*) avec l'enseignant avant d'en résoudre de façon autonome. Finalement, l'enseignant a rencontré de façon individuelle chaque élève et lui a offert des rétroactions sur son travail. Tout au long du travail de résolution de problème, les élèves avaient accès à des aide-mémoire qui décrivent les étapes à suivre. Les chercheurs ne décrivent toutefois pas ces différentes étapes en détail. Nous ne savons donc pas exactement quel type de guidance était offert aux élèves. Sachant que certaines façons de mettre en œuvre cette pratique peuvent réduire l'espace de dévolution, il faudrait être prudent quant à la transposition de cette démarche et à l'interprétation des résultats.

Les élèves étaient en 6<sup>e</sup>, 7<sup>e</sup>, et 8<sup>e</sup> année (selon le système d'éducation aux États-Unis) et rencontraient des difficultés d'apprentissage. Ils avaient entre 11 et 15 ans et étaient répartis sur deux groupes. Vingt-six élèves étaient dans le premier groupe où l'enseignant suivait la méthode CRA et vingt-quatre dans le groupe où l'enseignant suivait la méthode RA. L'enseignant intervenait de façon identique auprès des élèves, dans les deux groupes. La différence entre les deux approches réside dans le fait que les étudiants du groupe CRA manipulaient des objets alors que ceux du groupe RA utilisaient seulement des dessins qui représentaient le concept à apprendre. Les analyses des données suggèrent que les élèves des deux groupes se sont améliorés globalement dans leur compréhension des fractions entre le pré test et le posttest. Les moyennes sont passées de 16,08 au pré test à 79,96 au posttest avec des écarts-types de 22,46 et 21,54 respectivement pour le groupe CRA. Pour le groupe RA, les moyennes sont passées de 8,21 à 70,54 avec des écarts-types de 9,56 et 32,59 respectivement. Sur toutes les mesures, les élèves du groupe CRA avaient des scores moyens plus élevés que ceux du groupe RA. Ces résultats suggèrent que les représentations visuelles ainsi que la présence d'objets à manipuler peuvent soutenir le développement du champ conceptuel chez les élèves et que la manipulation d'objets concrets dans l'approche CRA soutient davantage ce processus. Ainsi, les élèves avaient plus de facilité à abstraire les idées et à utiliser les nouveaux concepts pour résoudre des problèmes.

Comme pour l'enseignement des fractions, l'enseignement des concepts algébriques requiert aussi le passage des représentations d'objets concrets aux représentations de symboles mathématiques. Pour enseigner l'algèbre, Witzel, Mercer et Miller (2003) ont publié une étude sur les effets de l'utilisation de la méthode CRA. L'enseignement s'est fait dans le contexte de classes inclusives regroupant 358 élèves de 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> années aux États-Unis, dont 34 élèves qui présentaient des difficultés d'apprentissage en mathématiques. Les élèves étaient répartis sur deux groupes. Dans le groupe avec traitement, l'enseignant privilégiait la méthode CRA tandis que l'enseignant du deuxième utilisait des méthodes traditionnelles et des représentations mathématiques algébriques abstraites seulement. Dans le groupe de traitement, les élèves manipulaient d'abord des objets qui ont été ensuite remplacés par des images puis par des symboles mathématiques. À chaque séance, l'enseignant adoptait la démarche suivante : présentation de la leçon et des intentions d'apprentissage, modelage de la nouvelle procédure,

pratique guidée et pratique autonome. Les chercheurs ont développé un test de 27 questions de niveau de difficulté moyen pour évaluer les apprentissages relatifs à la résolution d'équations comprenant une ou plusieurs variables. Les interventions dans les deux groupes ont eu un effet positif significatif sur les concepts d'algèbre évalués. Toutefois, les moyennes du groupe CRA étaient plus élevées que celles du groupe de l'enseignement traditionnel abstrait. Pour ce dernier groupe, la moyenne est de 0,06 au pré test et de 3,06 au posttest avec des écarts-types de 0,41 et 4,37 respectivement alors que celle du groupe CRA est passée de 0,12 (écart-type de 0,41) au pré test à 7,32 (écart-type de 5,48) au posttest ce qui signifie que l'effet est plus important pour le groupe CRA.

Les études de Witzel, Mercer et Miller (2003) et de Butler et al. (2003) suggèrent donc que pour enseigner les mathématiques, que ce soit l'algèbre ou les fractions, la manipulation d'objets et l'usage de représentations visuelles sont efficaces dans une démarche visant une abstraction progressive, comme expliqué dans la section 2.2.2. Ils peuvent contribuer, dans des situations de résolution de problèmes, à améliorer les résultats de tous les élèves quand ils sont combinés à des pratiques pédagogiques efficaces comme la verbalisation et la rétroaction ciblée.

Elles suggèrent aussi que pour assurer le passage graduel du concret à l'abstrait, selon le principe du *Concreteness Fading*, il ne suffit pas de présenter les représentations concrètes d'un concept. Il faut surtout que les élèves soient engagés dans des activités d'apprentissage où ils peuvent d'abord faire des manipulations ou travailler avec des représentations visuelles concrètes avant d'être emmenés à exploiter les représentations abstraites du concept à l'étude. Idéalement, dans une activité d'apprentissage conçue selon l'approche CRA, ces trois étapes se succèdent, dans cet ordre (manipulations d'objets, représentations concrètes, représentations abstraites) en vue d'assurer un meilleur passage du concret à l'abstrait. La progression entre les trois étapes contribue à la formalisation et au transfert des savoirs. Toutefois, en raison de la limite du nombre de situations de problème auxquelles les élèves ont été confrontés dans ces études, ces dernières ne permettent pas de voir comment les savoirs des élèves se transfèrent dans des contextes où ils sont confrontés à une famille de situations ou si cette exposition aboutit à une généralisation des savoirs comme le suggère Vergnaud (1986). Une ressource numérique comme *Slice Fractions* offre des conditions permettant de soutenir le passage du concret à l'abstrait selon les critères

décrits dans les recherches de Witzel, Mercer et Miller (2003) et de Butler et al. (2003), plus particulièrement elle offre la possibilité de faire des manipulations virtuelles d'objets et de voir l'effet de ses actions pour se réguler. En progressant dans les niveaux, les représentations concrètes dans le jeu se transforment graduellement en représentations symboliques abstraites permettant d'amorcer la conceptualisation. De plus, l'élève peut réaliser plusieurs défis qui évoluent en complexité et répéter un même défi plusieurs fois pour préciser sa compréhension d'un essai à l'autre en se basant sur les effets observés.

Il est à noter que la résolution de problèmes dont il est question dans les études précédentes (Witzel, Mercer et Miller, 2003 ; Butler et al., 2003) peut favoriser le développement des savoirs parce qu'elle engage l'élève dans des tâches susceptibles de susciter des conflits cognitifs qui l'amène à remettre en question ses réponses et à les ajuster (Vergnaud, 1981 ; Brousseau, 1986 ; Poirier, 2001 et Charnay, 1996).

Selon Marzano (1998), de façon générale, lorsqu'elle est mise en œuvre adéquatement, la résolution de problème a un effet important ( $d = 0,54$ ) sur la compréhension des élèves. Toutefois, tous les problèmes ne constituent pas des opportunités pour que les élèves apprennent (Hiebert, 1997 ; Stein et al., 2009). Ils doivent prendre en compte la ZPD des élèves (Angelo et Cross, 2012) et être choisis judicieusement pour leur permettre d'utiliser leurs connaissances antérieures afin de les résoudre ( $d = 0,61$ ) (Hattie, 2008). Il importe donc que les situations problèmes suscitent une réflexion et ne consistent pas en une simple application d'un raisonnement mathématique de nature procédurale et routinière (Boaler et Staples, 2008 ; Hiebert et Wearne, 1993 ; Stein et Lane, 1996 ; Stein et Smith, 1998). Les études de Witzel, Mercer et Miller (2003) et Butler et al. (2003) mettent en évidence l'importance de la planification des activités d'apprentissage dans une séquence qui soutient le passage de concret à l'abstrait à travers la mise en œuvre de pratiques pédagogiques efficaces. Autrement, la situation de résolution de problème risque de correspondre à un contexte d'apprentissage par découverte et de ne pas avoir l'effet escompté sur les apprentissages des élèves ( $d = 0,15$ ) (Hattie, 2008).

Afin de soutenir le passage du concret à l'abstrait, l'enseignant doit inviter les élèves à formuler leur raisonnement et à l'argumenter en utilisant le métalangage. À partir de ces informations, il peut les guider en variant le type de représentations utilisées et leur offrir des rétroactions



ciblées, immédiates et adaptées aux besoins de chacun pour corriger ses concepts erronés et l'accompagner dans la réussite de la tâche.

Les principes pédagogiques identifiés dans la problématique et décrits dans cette section sont susceptibles de contribuer au développement des apprentissages de tous les élèves. Toutefois, pour appliquer ces principes, l'enseignant doit mettre en œuvre un ensemble de pratiques pédagogiques lors du déroulement d'une activité d'apprentissage.

### **2.3 Pratiques pédagogiques**

Dans le contexte québécois, une situation d'apprentissage est généralement structurée en trois phases : préparation, réalisation et intégration (MEQ, 2007). Le principal objectif de la phase de préparation est de déterminer les intentions d'apprentissage, d'explicitier les critères de succès, d'identifier les connaissances que chaque élève doit parvenir à mobiliser pour les atteindre et de présenter la démarche. Pour ce faire, l'enseignant analyse l'activité proposée avant le cours et identifie les intentions d'apprentissage et les critères de réussite qu'il partage avec les élèves en classe. Ensuite, il peut les questionner pour mieux comprendre ce qu'ils connaissent déjà sur les intentions d'apprentissages avant d'entamer la réalisation de l'activité. Il pourra ainsi mieux cibler leur ZPD pour que, tout au long de la phase de réalisation de l'activité, les tâches proposées à l'élève lui permettent de s'engager dans une démarche visant à mobiliser ses connaissances, à s'exercer à les exploiter et à les développer pour faire preuve de compétence. La démarche mise en œuvre par l'élève devrait également lui permettre d'observer les effets de ses actions et les limites de son raisonnement. Tout au long de l'activité, l'enseignant accompagne les élèves dans la construction de leurs connaissances et la progression vers l'atteinte des critères de succès. Pour ce faire, il peut faire appel à l'étayage dans un contexte de pratique guidée afin d'aider l'élève à progresser dans l'activité et à préciser sa compréhension progressivement jusqu'à ce que sa démarche devienne autonome. Finalement, la phase d'intégration a pour objectif de soutenir l'organisation des connaissances acquises et de préparer l'élève à réaliser un transfert de ses connaissances dans de nouveaux contextes. Bien que ces trois phases correspondent à la structure générale d'une situation d'apprentissage, les différentes composantes peuvent être

mises en œuvre à différents moments pendant l'activité selon les besoins des élèves et la nature de l'activité.

Tout au long de l'activité d'apprentissage, une pratique pédagogique peut servir différentes intentions en fonction du rôle qu'elle joue. Nous entendons par pratique pédagogique la mise en œuvre de principes à travers un ensemble d'actions ou d'interventions planifiées pour favoriser les apprentissages des élèves (Hattie, 2012 ; Messier, 2014). Par exemple, le questionnement dans la phase de préparation permet à l'enseignant d'aider ses élèves à mobiliser leurs connaissances antérieures tandis qu'il peut offrir un étayage dans la phase de réalisation et aider les élèves à transférer leurs connaissances dans de nouveaux contextes dans la phase d'intégration.

Cette structure offre un cadre du travail d'analyse qui permet d'identifier les composantes qu'il est souhaitable de retrouver dans une activité d'apprentissage. Toutefois, en général, les enseignants ne font pas appel systématiquement à cette structure en trois phases. Ils font travailler les élèves sur une série d'exercices et les corrigent avec eux sans prendre le temps de faire une phase d'intégration pour s'assurer que les élèves sont en mesure de transposer ce qu'ils ont appris dans de nouveaux contextes.

Dans cette section, nous présentons six pratiques pédagogiques qui permettent de mettre en œuvre les principes examinés précédemment et qui sont susceptibles de soutenir les apprentissages des élèves tout au long des trois phases d'une situation d'apprentissage. Le Tableau 1 résume les liens entre les pratiques pédagogiques, les principes qu'elles soutiennent et les phases auxquelles elles correspondent.

**Tableau 1**

Liens entre les pratiques pédagogiques, les principes qu'elles soutiennent et les phases auxquelles elles correspondent

Pratiques	Rôles	Principes*				Phases*		
		1	2	3	4	Préparation	Réalisation	Intégration
Préciser les intentions d'apprentissage et déterminer les critères de réussite	Analyser l'activité proposée et définir une intention d'apprentissage claire et compréhensible	•	•	•	•	•		
	Analyser l'activité et se questionner sur les parcours possibles pour que tous les élèves puissent faire preuve de compétence dans la réalisation de l'activité	•		•	•	•		
Questionner les élèves	Avoir accès aux connaissances que les élèves parviennent à mobiliser au début d'une démarche d'apprentissage	•				•	•	•
	Demander aux élèves d'expliquer ou de justifier leurs démarches pendant la réalisation de certaines tâches qui requièrent un raisonnement élaboré afin de rendre explicites certains raisonnements		•			•	•	
	Aider les élèves à discerner les éléments importants dans une représentation féconde			•			•	•
	Inviter les élèves à formuler leur raisonnement en utilisant le métalangage et soutenir l'organisation de leurs connaissances				•		•	•
Animer un dialogue cognitif	Inviter l'élève à présenter son raisonnement et à comprendre celui des autres		•				•	•
	Voir ce que chaque élève discerne dans une représentation féconde et comment il l'interprète		•	•			•	
	Inviter l'élève à argumenter en faisant appel à un métalangage mathématique				•		•	•

Pratiques	Rôles	Principes*				Phases*		
		1	2	3	4	Préparation	Réalisation	Intégration
Guider la démarche d'apprentissage	Offrir un étayage dégressif et adapté au niveau de chacun pour l'amener à expérimenter la mise en œuvre d'une stratégie et à voir les effets que cela peut avoir	•					•	
	Modéliser la démarche que les élèves devront réaliser	•					•	
	Proposer des ressources fécondes pour guider l'élève dans la construction du raisonnement et l'aider à comprendre et à avancer dans la tâche	•		•			•	
	Guider l'élève dans le passage du concret à l'abstrait en variant le type de représentations utilisées			•	•			•
Inviter à penser à voix haute	Demander aux élèves de penser à voix haute et de verbaliser leur raisonnement pendant la réalisation de la tâche		•			•	•	
	Demander aux élèves d'expliquer leur stratégie après la réalisation afin d'avoir un accès à leur raisonnement pour mieux comprendre leur processus cognitif		•			•	•	•
Offrir une rétroaction	Offrir des rétroactions ciblées, immédiates et adaptées aux besoins de chacun pour corriger ses concepts erronés et l'accompagner dans la réussite de la tâche	•			•		•	
	Aider l'élève à mieux organiser ses connaissances	•						•

*Légende* : Principe 1 - Situer les élèves dans leur ZPD ; Principe 2 - Rendre visibles les apprentissages ; Principe 3 - Offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves ; Principe 4 - Soutenir le passage du concret à l'abstrait.

*Note*. Rappelons qu'une pratique pédagogique peut être mise en œuvre à différents moments d'une activité d'apprentissage et servir différentes intentions en fonction du rôle qu'elle joue pour répondre aux besoins des élèves.

### *Préciser les intentions d'apprentissage et déterminer les critères de succès*

Avant de débiter toute activité d'apprentissage, l'enseignant doit identifier les intentions d'apprentissage. Il doit aussi formuler les critères de réussite dans un langage qui est intelligible par les élèves afin de pouvoir déterminer le niveau de soutien approprié pour que la tâche demeure dans la ZPD de chaque élève (Hattie, 2009). Le premier principe, celui de la ZPD développé par Vygotsky (1997) est particulièrement important à cette étape. En effet, les critères de réussite doivent constituer un défi assez ambitieux pour motiver les élèves, mais être

atteignables pour ne pas les dissuader (Marzano, 1998). Si l'élève affronte un obstacle trop grand, cela pourrait l'empêcher d'avancer et de mettre en œuvre des stratégies pour le franchir. Ainsi, le défi insurmontable devient frustrant et peu bénéfique pour les apprentissages (Warshauer, 2011). En planifiant son activité, l'enseignant doit aussi choisir les tâches et les ressources à proposer à ses élèves et estimer le temps nécessaire pour la réalisation des activités. De plus, il doit analyser la tâche et se questionner sur les parcours possibles pour que tous les élèves puissent faire preuve de compétence dans la réalisation de l'activité ou sur la capacité des ressources à être exploitables et exploitées par tous les élèves.

L'enseignant débute habituellement par une phase de préparation durant laquelle il partage les critères de succès avec les élèves, les explicite et s'assure de leur compréhension pour que les élèves puissent à la fois se représenter clairement ce qu'ils seront en mesure de réaliser au terme de la démarche et s'autoréguler. Il les aide aussi à faire des liens entre les savoirs et à comprendre le besoin d'aborder les différents concepts (Fosnot et Jacob, 2010). Ainsi, en travaillant sur une activité où la solution requiert nécessairement la construction de nouvelles connaissances et l'utilisation de celles-ci, l'élève peut se rendre compte de son progrès et par conséquent de l'importance du travail réalisé (Marzano, 1998).

L'enseignant bénéficie également de la clarification des critères de réussite parce que cela l'aide à discerner et à comprendre les composantes du processus d'apprentissage des élèves et à préciser ses interventions durant la phase de réalisation de l'activité afin d'offrir des rétroactions plus précises, entre autres. Ainsi, il sera capable d'aider les élèves à mettre en relation les connaissances acquises (Seidel, Rimmelé et Prenzel, 2005) et les soutenir dans leurs apprentissages afin qu'ils puissent obtenir de meilleurs résultats (Hattie, 2008 ; Haystead et Marzano, 2009 ; Marzano, 1998). Lorsque l'enseignant n'a pas une représentation claire de ses intentions, sa capacité à discerner les difficultés de compréhension des élèves devient plus faible, ce qui peut contribuer à l'acquisition de connaissances erronées non détectées par l'enseignant et même à un désengagement sur le plan cognitif.

Hattie (2008) estime que les intentions d'apprentissage et les critères de réussite doivent permettre à l'élève de répondre aux trois questions suivantes : quels sont les objectifs de la leçon d'aujourd'hui ? Qu'est-ce que je sais déjà qui va m'aider à atteindre ces objectifs ? Quelles actions

devrais-je faire pour m'assurer d'atteindre ces objectifs ? De plus, Marzano (1998) indique que l'enseignant peut clarifier ses intentions d'apprentissage en les posant sous forme de questions. Pour prendre l'exemple des fractions, une intention d'apprentissage formulée sous forme de question comme le propose Marzano (1998) et portant sur les stratégies comme le propose Hattie (2008) serait : comment ajoutez-vous des fractions mixtes avec différents dénominateurs ?

L'enseignant peut également interagir avec les élèves en les questionnant en vue d'identifier les connaissances qu'ils devront mobiliser pour réaliser la tâche ou exploiter des ressources fécondes, c'est-à-dire des ressources qui sont plus évocatrices et qui facilitent les manipulations et le travail de mobilisation.

### *Questionner les élèves*

Le questionnement peut contribuer à rendre visible le raisonnement des élèves avant, pendant et après une tâche. Par exemple, le questionnement peut être utilisé pour voir les connaissances que les élèves parviennent à mobiliser au début d'une démarche d'apprentissage. Il peut leur permettre d'explicitier certains raisonnements pendant qu'ils réalisent la tâche, dans le cadre d'un dialogue cognitif, une pratique que nous présenterons dans la sous-section suivante. L'enseignant peut aussi questionner les élèves pour mieux comprendre et guider leur raisonnement pendant la phase de réalisation ou pour les aider à organiser l'information durant la phase d'intégration.

Quel que soit l'usage qu'il fait du questionnement, l'enseignant doit porter une attention particulière à la formulation de ses questions afin de s'engager dans des discussions fécondes avec les élèves et de soutenir la verbalisation de leurs idées. Le questionnement doit aussi encourager les élèves à partager leurs idées, à les communiquer de façon claire et à en discuter avec leurs pairs. Pour réussir ce genre de questionnement, l'enseignant prépare une liste des points essentiels à aborder, mais ne force pas une direction précise à la réflexion. Il doit anticiper les réponses des élèves et être prêt à accueillir les différentes démarches adéquates ou non et laisser le champ libre au cheminement des idées (Wood et Turner-Vorbeck, 2001). Il doit aussi sélectionner judicieusement, parmi les idées mentionnées par les élèves, celles qui présentent un potentiel pour être partagées en raison de leur apport à titre d'exemple ou de contre-exemple. Il faut ensuite qu'il les aborde dans un ordre précis afin de favoriser un raisonnement profond et

une élaboration de liens entre les différents concepts (Smith et Stein, 2011). Il peut aussi les séquencer pour guider l'élève progressivement vers la bonne réponse, mais cela pourrait empêcher involontairement l'élève de réfléchir par lui-même et de prendre ses propres décisions.

Une démarche souvent observée en classe est de poser la question et d'attendre une réponse spécifique. Souvent, dans ces situations, l'enseignant accorde peu de temps pour que les élèves réfléchissent (Mehan, 1979). Par conséquent, il demande à un élève qui lève la main rapidement de donner une réponse. Il évalue ensuite sa réponse et, si celle-ci est inexacte, il demande à un autre de répondre à sa place ou lui donne la bonne réponse lui-même. Ce genre de questionnement n'offre cependant pas suffisamment d'opportunités aux élèves qui ont besoin de plus de temps pour qu'ils s'exercent à élaborer un raisonnement mathématique complet et ne permet pas à l'enseignant d'y accéder.

#### *Animer un dialogue cognitif*

Lors d'un dialogue cognitif, les élèves sont invités à s'exprimer sur le sujet traité. Il ne s'agit pas simplement de poser une question à une classe ou de demander aux élèves d'expliquer leur raisonnement à voix haute, mais d'animer une discussion entre eux, souvent à partir d'une série de questions ouvertes (Hattie, 2009). Lorsque, durant les discussions, les élèves font l'exercice d'articuler et de justifier leurs propres idées, d'expliquer leur raisonnement, de comprendre celui de leurs camarades et de le confronter au leur afin de le développer, ils s'engagent dans ce que Barth (2004) appelle un dialogue cognitif. Ces échanges contribuent à faire évoluer leur point de vue et à préciser leurs connaissances.

Les discussions mathématiques peuvent être suscitées par une question posée par l'enseignant ou par les élèves et prendre la forme d'un échange basé sur les représentations. L'enseignant peut, par exemple, demander aux élèves de traduire les représentations visuelles en symboles mathématiques ou inversement, ou de décrire une situation du quotidien faisant appel à un concept mathématique (Greeno et Hall, 1997). Les élèves peuvent choisir le meilleur moyen pour exprimer leurs pensées et expliquer leur réflexion (NCTM, 2000) ce qui permet de transposer les principes visant à rendre visibles les apprentissages et à exploiter des représentations riches.

Durant les discussions, l'enseignant doit savoir choisir les idées des élèves qui ont un potentiel pour générer une conversation féconde, mettre l'emphase sur les caractéristiques des représentations et penser à voix haute lorsqu'il verbalise les concepts qui sous-tendent les différentes représentations (McCallum et al., 2011). Il aide ainsi les élèves à rendre visibles leurs raisonnements à développer leur métalangage et à préciser les relations entre les différents concepts évoqués dans le problème à travers une série d'exemples et de contre-exemples qui permettent aux élèves d'identifier les attributs et leurs frontières (Barth, 2004). Lorsqu'il a accès aux différents raisonnements, l'enseignant peut mieux soutenir les élèves pour qu'ils réussissent à faire le passage du concret à l'abstrait et développer ainsi une meilleure compréhension des concepts, notamment en mathématique (Carpenter, Falkner et Levi, 2003).

#### *Guider la démarche d'apprentissage*

La guidance offerte à l'élève peut prendre la forme d'un étayage dégressif et adapté au niveau de chacun pour l'amener à expérimenter la mise en œuvre d'une stratégie et à voir les effets que cela peut avoir (EEF, 2021). Par exemple, l'enseignant peut segmenter la tâche et offrir aux élèves des indices ou leur proposer des ressources à manipuler. Giroux (2013) rappelle toutefois l'importance d'avoir un espace de dévolution où l'élève peut explorer et faire preuve de compétence pour que l'enseignant puisse voir ce qu'il est capable de faire seul.

Durant la phase de réalisation, l'enseignant peut soutenir l'élève en lui proposant des ressources fécondes pour le guider dans la construction du raisonnement et l'aider à comprendre et à avancer dans la tâche. Il peut aussi le guider dans le passage du concret à l'abstrait en variant le type de représentation utilisé et en œuvrant à l'organisation des connaissances avec des ressources fécondes, comme la carte conceptuelle par exemple. L'enseignant peut également modéliser la démarche que les élèves devront réaliser. Il peut, par exemple, expliquer sa démarche de résolution d'un problème en utilisant un métalangage précis pour permettre aux élèves d'avoir accès à ce qui se passe dans sa tête et illustrer le pouvoir d'une représentation plus abstraite. Toutefois, une modélisation ne suffit pas pour que l'élève puisse apprendre. Elle offre à l'élève la possibilité de s'exercer à utiliser une stratégie similaire à celle de l'enseignant. C'est lorsque l'élève s'exerce à mettre en œuvre ce raisonnement à plusieurs reprises et dans des situations de plus en plus complexes qu'il progresse vers l'autonomie.



En lien avec le principe d'apprentissage visible, l'enseignant peut aussi inviter les élèves à penser à voix haute pour expliquer leur démarche, si la situation le permet, et les guider en leur offrant des rétroactions pendant la réalisation de la tâche (Schunk et Cox, 1986). Lorsque les élèves parviennent à un certain niveau de maîtrise, ils s'engagent alors dans une pratique autonome qui permettra à l'enseignant d'observer les connaissances et les stratégies exploitées sans soutien par chaque élève. Durant l'ensemble de la démarche, l'enseignant peut favoriser la création de connexions entre les représentations concrètes et les représentations abstraites d'un même concept afin de faciliter le passage progressif des unes aux autres.

Jitendra et al. (1998) ont mené une étude en deux phases pour évaluer, dans un premier temps, les effets d'une stratégie d'enseignement explicite et d'une stratégie d'enseignement traditionnel, qui comprenait quelques pratiques pédagogiques retenues dans cette thèse, soit la modélisation de la démarche, la pratique guidée, la rétroaction et la pratique autonome sur le développement des compétences de résolution de problèmes simples et, dans un deuxième temps, la capacité des élèves à maîtriser les démarches enseignées et à mobiliser leurs nouvelles connaissances pour résoudre de nouveaux problèmes. Les chercheurs ont mené leur étude auprès de 34 élèves du primaire dont 25 éprouvaient des troubles d'apprentissage et 9 éprouvaient des difficultés en mathématiques. Ces élèves étaient répartis en 2 groupes : le groupe *Traditional* (17 élèves) et le groupe *Schema* (17 élèves). L'étude incluait aussi un groupe contrôle représenté de 24 élèves de la 3<sup>e</sup> année du primaire qui n'éprouvent pas de difficultés d'apprentissage. Les élèves ont participé à des séances d'enseignement de 40 à 45 minutes qui ont été menées dans de petits groupes de 3 à 6 élèves chacun. L'intervention a duré entre 17 et 20 jours. Trois jours supplémentaires ont été utilisés pour administrer le posttest, le posttest différé, ainsi que celui pour évaluer la capacité des élèves à transférer leurs connaissances. Ce dernier a été administré à tous les élèves le lendemain du posttest. Le posttest différé a permis d'évaluer leur capacité à mobiliser la démarche de résolution de problèmes une ou deux semaines après l'intervention. Il contient 15 problèmes portant sur les additions et les divisions des fractions, similaires à ceux du pré et posttest, mais tirés du programme de 4<sup>e</sup> et de 5<sup>e</sup> année. Durant les prétests et les posttests, les chercheurs ont invité les élèves à lire les problèmes et à faire de leur mieux pour les résoudre. Ils les ont encouragés à faire appel à l'examineur s'ils

rencontraient des difficultés. Aucune rétroaction concernant l'exactitude de leur solution ne leur était offerte pendant le test. Les chercheurs ont noté le nombre de réponses correctes.

Dans le groupe nommé *Schema*, l'enseignement comprenait des principes de l'approche de l'enseignement explicite tels que le modelage de la démarche, la pratique guidée, la rétroaction et la pratique autonome. Les élèves se sont d'abord exercés à identifier les différents types de problèmes dans les narratifs présentés, à traduire les informations et à transposer les caractéristiques qui identifient chaque histoire narrative sur des diagrammes. Ensuite, ils ont fait le même exercice avec des situations de problème. L'enseignant a aussi modélisé la tâche et a enseigné aux élèves une stratégie de transposition des connaissances. À la fin de chaque séance, les élèves ont rempli une feuille de travail contenant soit des histoires narratives, soit des problèmes sous forme de narratifs. Une fois le travail terminé, l'enseignant vérifiait la feuille de travail et offrait une rétroaction ciblée. Dans le groupe *Traditional*, l'enseignant a d'abord présenté et animé les activités mathématiques du programme pendant toute la période d'enseignement. Ensuite, il a enseigné l'utilisation d'une démarche pour résoudre des problèmes. Tous les élèves dans ce groupe ont reçu une rétroaction sur l'exactitude de leurs réponses. Dans le groupe contrôle, les élèves n'ont pas eu de séances d'enseignement supplémentaires.

Les résultats au prétest pour les groupes *Traditional* et *Schema* étaient respectivement de 49 % et 51 %. Une analyse de la variance n'a pas produit une taille d'effet significatif ( $F(1, 32) = 0,29$ ,  $p = 0,59$ ), ce qui indique que les performances des deux groupes lors du pré test étaient similaires. Les élèves du groupe *Traditional* ont répondu correctement à 65 % et 64 % des problèmes, aux postests différés qui ont eu lieu une ou deux semaines après l'intervention, respectivement. Les élèves du groupe *Schema* ont résolu correctement 77 % et 81 % des problèmes. Les résultats des élèves ont augmenté de 16 points de pourcentage dans le groupe *Traditional* et de 26 points de pourcentage, dans le groupe *Schema* entre le prétest et le posttest. En ce qui concerne le deuxième test visant à évaluer la capacité à transférer les connaissances dans de nouveaux problèmes, les deux groupes ont progressé. Toutefois, dans le groupe *Schema*, les élèves ont obtenu 51 %. Ils ont progressé davantage (34 % d'augmentation) que les élèves dans le groupe *Traditional* qui ont obtenu 49 % (14 % d'augmentation). Le groupe contrôle des élèves de 3<sup>e</sup> année, quant à lui, n'a pas progressé. Il a obtenu 83 % au prétest, 81 % au posttest et 82 % au

postest différé. Nous remarquons que les résultats des élèves aux postests dans les groupes *Traditional* et *Schema* sont inférieurs à ceux du groupe contrôle, mais ceux du groupe *Schema* s'en rapprochent. Les stratégies utilisées dans le groupe *Schema* notamment la modélisation de la tâche, la guidance et les rétroactions offertes semblent particulièrement bénéfiques pour les élèves ayant des difficultés d'apprentissage, contribuant ainsi à réduire les écarts. Ces résultats illustrent également que lorsque ces pratiques pédagogiques sont mises en œuvre, les élèves en difficulté d'apprentissage peuvent développer une démarche de résolution de problème et sont capables de transférer leurs connaissances dans de nouveaux problèmes.

### *Inviter à penser à voix haute*

Une autre pratique pédagogique à préconiser est de soutenir la pensée à voix haute durant la tâche ou de demander aux élèves d'expliquer leur stratégie après la réalisation (Schunk et Cox, 1986) afin d'avoir un accès à leur raisonnement pour mieux comprendre leur processus cognitif. Lorsque l'enseignant questionne les élèves pour qu'ils anticipent leur démarche ou l'expliquent à voix haute pendant la réalisation de la tâche, il les incite à réfléchir à la stratégie pour résoudre le problème plutôt qu'à faire uniquement des essais et des erreurs. L'enseignant peut aussi prévoir des tâches qui contribueront à rendre visibles les concepts partiellement inexacts en anticipant les types d'erreurs qu'ils sont susceptibles de commettre. Cela lui permet de leur offrir des rétroactions ciblées, immédiates et adaptées aux besoins de chacun pour corriger ses concepts erronés et l'accompagner dans la réussite de la tâche (Bosson et al., 2010). En étant capable d'observer l'exactitude du raisonnement de l'élève, l'enseignant peut également moduler le niveau d'étayage pour faire en sorte que l'élève devienne autonome. De leur côté, en expliquant leur démarche, les élèves ont plus de facilité à se concentrer et à se souvenir des éléments importants de la démarche (Schunk et Cox, 1986).

Dans l'étude de Schunk et Cox (1986), les élèves étaient répartis en trois groupes. Chaque groupe était constitué de 90 élèves de 6<sup>e</sup>, 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> année qui présentaient des difficultés d'apprentissage. Tous les élèves avaient reçu un enseignement du concept de la soustraction au cours de sessions de 45 minutes pendant 6 journées consécutives. L'assistant de recherche a d'abord lu à haute voix les étapes de la démarche de résolution et la façon de les appliquer pour les résoudre. Ensuite, il a donné aux élèves les instructions pour la pensée à voix haute. Les instructions étaient

similaires pour tous les élèves. Ils ont ensuite résolu les problèmes seuls pendant que le surveillant les observait. Ils pouvaient le consulter s'ils ne savaient pas comment résoudre un problème. Selon les instructions des chercheurs, les deux premiers groupes étaient invités à penser à voix haute pendant qu'ils réalisaient la tâche durant les trois premières séances. Au cours des trois séances suivantes, seul le premier groupe a été invité à penser à voix haute. Le troisième groupe, pour sa part, n'a été invité à penser à voix haute à aucune des séances. Les élèves du premier et du deuxième groupe ont obtenu des résultats plus élevés que ceux du troisième groupe,  $t(81) = 2,61, p < 0,05$ . Les élèves qui ont verbalisé pendant les six séances ont résolu plus de problèmes que les élèves qui ont verbalisé seulement durant les trois premières séances,  $t(81) = 2,51, p < 0,05$ . Ces résultats suggèrent que la pensée à voix haute est une pratique qui peut s'avérer efficace pour soutenir la construction d'un raisonnement par l'élève pour résoudre des problèmes mathématiques surtout lorsqu'elle est mise en œuvre à de multiples reprises.

#### *Offrir une rétroaction*

La rétroaction est l'information donnée à l'élève sur sa performance et sa progression par rapport aux intentions d'apprentissage ou aux critères de réussite. Elle peut être offerte à tout moment d'une activité d'apprentissage que ce soit lors des échanges en classe, pendant que l'élève réalise une tâche ou après la fin de l'exercice. Elle peut aussi aider l'élève à mieux organiser ses connaissances lors de la phase d'intégration (Hattie, 2009).

Dans le cadre de la phase de réalisation, par exemple, la rétroaction est essentielle pour permettre à tous les élèves d'atteindre les critères de succès. Elle peut être verbale et écrite, entre autres (EEF, 2021). La rétroaction n'est pas obligatoirement donnée par l'enseignant. Il peut prévoir les situations où l'action de l'élève génère un retour qui le renseigne sur la validité ou la pertinence de son action pour lui permettre de poursuivre (Brousseau, 1988). Certaines ressources numériques peuvent aussi offrir des rétroactions pendant la tâche, notamment en simulant les effets d'une manipulation dans l'environnement proposé. Ce retour d'information redirige ou recentre les actions de l'apprenant pour qu'il soit capable d'aligner ses efforts pour atteindre l'intention visée (EEF, 2021) tout en permettant à l'enseignant d'observer le fruit de ce travail à plusieurs reprises. À partir de cette observation, l'enseignant doit être prêt à profiter des

opportunités qui se présentent pour offrir un raisonnement qui va permettre à un élève de progresser dans la construction de ses connaissances.

Les interventions de l'enseignant doivent, au moment opportun, certifier les actes de compréhension en indiquant à l'apprenant ce qui est correct ou non dans son raisonnement. Elles peuvent aussi l'informer sur son état d'avancement actuel et sur sa progression en relation avec les critères de succès, sur la prochaine étape à réaliser et, parfois, sur ce que ses nouveaux apprentissages lui permettent d'accomplir (EEF, 2021). La rétroaction efficace doit cibler les besoins de chaque élève et l'aider à approfondir ses connaissances sur le plan cognitif (Hattie, 2008). Marzano (1998) souligne que l'enseignant doit offrir la rétroaction pendant l'activité afin que l'élève ait assez de temps pour en tenir compte et modifier sa démarche en conséquence. Cette rétroaction ne doit pas annoncer à l'élève s'il a eu la bonne réponse ou lui dicter des stratégies à appliquer pour réussir. En revanche, elle doit être capable de susciter un raisonnement chez l'élève et le pousser à utiliser ses connaissances requises et à les développer pour se rapprocher des critères de réussite. L'enseignant peut aussi donner à l'élève des rétroactions sur les stratégies métacognitives qu'il utilise pour s'autoréguler en lui offrant des pistes pour l'aider à s'autoévaluer et à gérer sa progression dans la tâche. Ce type de rétroaction est basé sur des questions qui invitent l'élève à réfléchir sur la tâche et à exercer son jugement sur sa propre démarche et ses résultats tout le long de son apprentissage. Les rétroactions sont également l'occasion de susciter un dialogue cognitif entre l'élève et l'enseignant s'ils sont ensemble pendant que l'enseignant verbalise la rétroaction à voix haute ou entre les élèves quand ils sont en train de travailler en équipe et se donnent des rétroactions mutuellement.

Bien que plusieurs études suggèrent l'efficacité de la rétroaction sur l'apprentissage, ses effets varient selon les caractéristiques de la rétroaction offerte (Bangert-Drowns, R. L. et al., 1991 ; Hattie et Clarke, 2019). Elle peut parfois même avoir des impacts négatifs et aggraver la situation selon Kluger et DeNisi (1996), entre autres lorsque l'enseignant juge les qualités personnelles de l'élève et ses capacités à réussir, au lieu de se baser sur les tâches qu'il a accomplies pour tenter de l'accompagner vers la réussite.

Dans le cadre d'une étude, Tournaki (2003) a comparé l'effet de la rétroaction à celui d'un enseignement faisant appel à l'exercitation sans modélisation de la démarche et à celui d'un

groupe contrôle qui n'a pas reçu d'enseignement supplémentaire. Quarante-deux élèves de 2<sup>e</sup> année ne présentant pas de difficultés d'apprentissage et quarante-deux élèves présentant des difficultés d'apprentissage ont appris les concepts de base de l'addition à un chiffre (par exemple,  $5 + 3 = ?$ ). Les élèves ont reçu l'enseignement par (a) enseignement explicite de la stratégie d'addition (*Strategy instruction*), (b) exercisation (*Drill and practice*), ou (c) enseignement de base (*control*). L'efficacité des trois méthodes a été mesurée par un pré et un posttest et une tâche de transfert (par exemple,  $5 + 3 + 7 = ?$ ).

Tous les élèves recevaient au moins une période (45 minutes) d'enseignement des mathématiques par jour. L'enseignement traditionnel des concepts mathématiques de base était déjà terminé. Au moment de l'étude, les élèves travaillaient sur des problèmes qui comprenaient des narratifs (*Story problems*) et des calculs à plusieurs chiffres. Tous les élèves ont été exposés à un éventail de démarches de résolution de problèmes. Les élèves ont suivi un enseignement à l'aide d'un manuel classique et de divers matériels de manipulation. De plus, ils ont reçu un maximum de huit séances de 15 minutes individuellement pendant des jours d'école consécutifs. Dans le groupe (a), quelques caractéristiques de l'enseignement explicite évoquées précédemment ont été mises en œuvre. Chaque session commençait par un modelage de la démarche. Ensuite, les assistants de recherche demandaient aux élèves de faire des calculs le plus rapidement qu'ils pouvaient. Chaque fois que les élèves faisaient une erreur, la leçon était interrompue et la démarche était examinée à nouveau. Dans le groupe (b), au début de chaque session, les assistants de recherche demandaient aux élèves de faire des calculs le plus rapidement qu'ils le pouvaient. Aucune rétroaction n'était donnée pendant que les élèves travaillaient. Dans le groupe (c), les élèves n'ont obtenu aucune instruction supplémentaire à celle reçue en classe.

Avant l'intervention, les élèves ont complété un prétest sous forme d'un questionnaire de 20 équations d'addition pour démontrer leur capacité à faire un raisonnement mathématique. Ils étaient évalués sur l'exactitude de leurs résultats et le temps qui leur faut pour compléter l'équation. Après l'intervention, les élèves ont complété un posttest similaire au prétest.

Les résultats (voir Tableau 2) suggèrent que les élèves ayant des difficultés d'apprentissage dans le groupe (a) et qui ont reçu un enseignement explicite de la démarche où ils recevaient de la

rétroaction ont obtenu des résultats significativement plus élevés au posttest (M = 96,16, ÉT = 10,16) que leurs pairs ayant des difficultés d'apprentissage dans le groupe (b) (M = 76,16, ÉT = 15,53) ou le groupe contrôle (M = 68,66, ÉT = 12,86).

De plus, les élèves sans difficulté d'apprentissage dans le groupe (a) (M = 89,73, ÉT = 14,38) et dans le groupe (b) (M = 86,87, ÉT = 13,79) ont obtenu des résultats significativement plus élevés que ceux du groupe contrôle.

**Tableau 2**  
Résultats de l'étude de Tournaki (2003)

Groupe	Condition		
	Groupe (a) Enseignement explicite de la stratégie	Groupe (b) Exercisation	Groupe Control Enseignement de base
<b>Difficulté d'apprentissage</b>			
<b>Prétest</b>			
M	59,01	60,80	66,16
ÉT	15,14	11,72	12,73
<b>Posttest</b>			
M	96,16	76,16	68,66
ÉT	10,16	15,53	12,86
<b>Sans difficulté d'apprentissage</b>			
<b>Prétest</b>			
M	65,09	69,01	67,59
ÉT	11,32	8,31	12,26
<b>Posttest</b>			
M	89,73	86,87	69,20
ÉT	14,38	13,79	12,41
<b>Total</b>			
<b>Prétest</b>			
M	62,05	64,91	66,87
ÉT	13,54	11,20	12,31
<b>Posttest</b>			
M	92,95	81,51	68,93
ÉT	12,72	15,50	12,46

La seule différence significative entre les résultats des élèves ayant des difficultés d'apprentissage et ceux n'en ayant pas se trouve dans le groupe (b) où les résultats des élèves sans difficulté d'apprentissage (M = 86,87, ÉT = 13,79) étaient significativement plus élevés que ceux des élèves avec difficultés d'apprentissage (M = 76,16, ÉT = 15,53). La taille d'effet de 0,73 entre les groupes est considérée comme modérée et représente des différences significatives entre les groupes. Nous constatons que la pratique dans le groupe (a) a contribué à accélérer les apprentissages et a permis aux élèves dont les connaissances sont plus embryonnaires de progresser et d'accélérer leurs apprentissages.

Dans la tâche de transfert, les élèves donnaient des réponses significativement plus précises, uniquement dans le groupe (a), tandis que les élèves dans les groupes (a) et (b) étaient significativement plus rapides que leurs pairs du groupe contrôle.

Les résultats de cette étude vont dans le même sens que ceux de l'étude de Jitendra et al. (1998). Ils suggèrent que, lorsque les élèves ayant des difficultés d'apprentissage ne parviennent pas à réaliser la tâche, l'approche d'enseignement nommée *strategy instruction* (enseignement explicite de la stratégie) combinant le modelage, la rétroaction et un soutien offert aux élèves est plus efficace que l'enseignement par exercisation. Les auteurs expliquent que le fait que les élèves ayant des difficultés d'apprentissage soient arrivés à donner des réponses aussi précises que celles des élèves n'ayant pas de difficultés d'apprentissage après avoir reçu un enseignement combinant des caractéristiques de l'enseignement explicite avec notamment de la rétroaction suggère que cette approche est particulièrement efficace pour soutenir les apprentissages de tous les élèves. Elle permet à un élève qui n'a pas les connaissances requises pour réaliser l'exercice de gagner en fluidité et de progresser dans la construction de ses connaissances. Elle peut ainsi contribuer à accélérer les apprentissages des élèves ayant des difficultés d'apprentissage et favoriser leurs habiletés à résoudre des problèmes au point de les rendre aussi efficaces que ceux n'ayant pas de difficultés.

Les pratiques pédagogiques identifiées dans cette section ont été retenues, car elles permettent de répondre aux principes pédagogiques identifiés dans la problématique et ont été identifiées, sur le plan de la recherche, comme susceptibles de soutenir les apprentissages, notamment ceux des élèves qui éprouvent des difficultés. De plus, elles peuvent être soutenues par l'intégration de certaines ressources numérique en classe, ce qui fait partie des objectifs de cette thèse. Notons, toutefois, que l'enseignement en classe ne peut être réduit à un ensemble de pratiques isolées à mettre en œuvre (EEF, 2021). Il existe des interactions et des dépendances entre ces pratiques et les enseignants doivent faire des choix selon différentes variables comme le concept à l'étude, le contexte d'apprentissage et les besoins des élèves.



## **2.4 Apport des ressources éducatives numériques**

Dans cette recherche, nous nous intéressons aux ressources numériques qui peuvent être employées en classe. Ces ressources représentent un très large ensemble et peuvent prendre différentes formes. Elles peuvent être utilisées sur les ordinateurs fixes ou les appareils mobiles tels que les portables, les tablettes ou les téléphones intelligents. Compte tenu du concept de fraction visé et des principes et pratiques pédagogiques retenus dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons aux ressources éducatives numériques qui possèdent des caractéristiques de nature à soutenir la mise en œuvre des pratiques pédagogiques et le développement des apprentissages des élèves. C'est le cas, notamment, de l'application *Slice Fractions*. À l'aide de cette application, les élèves peuvent progresser dans des niveaux de difficulté croissante, voir les résultats de leurs actions pour se réguler, obtenir des rétroactions et du soutien sous forme d'indices, entre autres, pour les accompagner dans leur progression.

Dans cette section, nous présentons les caractéristiques des ressources numériques cohérentes avec les principes et les pratiques pédagogiques évoqués à la section précédente.

### **2.4.1 Situer les élèves dans leur ZPD**

Une ressource numérique peut contribuer à garder la tâche dans la ZPD des élèves si elle est conçue pour permettre une progression dans les niveaux de difficulté et dans la complexité des représentations. Par exemple, dans *Slice Fractions*, plus l'élève progresse, plus les défis se rapprochent des concepts abstraits mathématiques et plus leur niveau de complexité augmente. Une autre façon de garder l'élève dans sa ZPD lorsqu'il travaille dans une ressource numérique comme *Slice Fractions* est de lui permettre de réaliser plusieurs essais. En effet, en travaillant dans la ressource numérique, l'élève a la responsabilité de résoudre les défis et de réussir la tâche (Brousseau, 1988). Toutefois, il n'a pas forcément toutes les connaissances requises pour développer une démarche efficace dès le premier essai. Lorsqu'il peut réaliser plusieurs essais pour un même défi ou un qui porte sur le même concept mathématique, il est constamment confronté à des obstacles qui le forcent à ajuster son raisonnement. C'est ainsi qu'il développe ses connaissances et commence à élaborer une démarche de résolution qui est plus efficace et

qui lui permet de relever des défis de plus en plus complexes qui demeurent dans sa ZPD puisque ses apprentissages, à chaque essai, modifient les frontières de celle-ci.

Afin que la tâche demeure dans la ZPD de l'élève (Vygotsky, 1978) et que ce dernier soit en mesure de réussir le défi et d'acquérir les connaissances requises pour passer au prochain niveau, la ressource numérique peut aussi offrir des indices, comme mentionné à la section 1.3.1, qui vont offrir une forme de guidance à l'élève s'il se trompe à plusieurs reprises. Puisque les indices sont souvent donnés sous forme de représentations visuelles, cette option sera détaillée à la section 2.4.3. Toutefois, le rôle de l'enseignant est important lorsque cela se produit, car il doit s'assurer que les indices répondent aux besoins des élèves et que leur usage ne rend pas la tâche trop facile pour certains ou inhibe la construction d'un raisonnement (Brousseau, 1988). C'est pourquoi, en concevant l'activité d'apprentissage, l'enseignant doit analyser la tâche au préalable et diriger les échanges avec les élèves pour soutenir les apprentissages de tous à travers des discussions mathématiques.

De plus, l'utilisation des ressources numériques peut aider l'enseignant à varier sa façon d'expliquer une leçon ou de présenter un concept pour l'adapter selon les besoins de ses élèves (Tomlinson, 2010) et s'assurer par conséquent que la tâche reste dans leur ZPD. Par exemple, l'enseignant peut utiliser des représentations visuelles ou des vidéos pour aider les élèves qui ont du mal à se représenter certains concepts. Il peut aussi demander aux élèves de manipuler des objets sur une tablette ou au tableau blanc interactif (TNI). Puisque les principes sont interdépendants, cette option sera également détaillée à la section 2.4.3.

Les ressources numériques sont donc fécondes quand elles sont complémentaires ou en soutien aux pratiques pédagogiques et non un substitut (EEF, 2021). Leur efficacité dépend des liens que l'enseignant est en mesure d'établir avec les connaissances antérieures des élèves (EEF, 2021) et des opportunités qu'auront les élèves d'expérimenter, de découvrir la limite d'une représentation et de se rendre compte du besoin d'abstraire. Afin d'avoir un effet sur les apprentissages, le choix et l'utilisation d'une ressource numérique doivent répondre à un besoin et suivre une analyse judicieuse de l'outil et des possibilités qu'il offre. Cette analyse doit permettre de comprendre la valeur ajoutée de l'outil et de savoir agir sur les tâches proposées pour les adapter aux besoins de chacun. Avant d'utiliser une ressource numérique, l'enseignant doit donc se demander : quel

est le problème rencontré ? Quelle est la solution recherchée ? Quel impact cette utilisation aura sur les activités d'apprentissage conçues ou à concevoir ? Comment cet usage affectera-t-il les apprentissages des élèves ? (EEF, 2021)

#### **2.4.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves**

Certaines ressources numériques peuvent contribuer à rendre visibles les apprentissages. Lorsqu'elles proposent des tâches de complexité croissante qui requièrent une forme de manipulation, l'enseignant peut observer la démarche de l'élève (EEF, 2021). Il peut également l'inviter à penser à voix haute pour accéder à son raisonnement. Le moment venu, il peut lui demander d'utiliser un métalangage précis pour expliquer sa démarche avant chaque série d'actions (EEF, 2021). Il peut ainsi voir à partir de quel niveau de complexité l'élève rencontre des difficultés et mieux en comprendre la cause.

Une ressource numérique permet également d'enregistrer le raisonnement de l'élève pendant la tâche. L'option d'enregistrement de l'écran, sur un iPad par exemple, est intégrée à l'appareil, simple d'utilisation et permet d'enregistrer le déroulement de l'activité ainsi que, s'il y a lieu, la voix de l'élève. Cette option peut s'avérer particulièrement utile si une observation pendant la tâche n'est pas possible ou si, sur le plan pédagogique, l'enseignant souhaite revenir avec l'élève sur la tâche ou mettre en œuvre une activité de coenseignement avec les pairs.

Dans *Slice Fractions*, certains défis sont marqués par un drapeau qui signifie qu'ils sont essentiels. Les concepteurs expliquent dans le guide pédagogique que ces défis peuvent être projetés sur un grand écran et résolus en groupe. Ils invitent l'enseignant à animer des séances de discussions durant lesquelles il incite les élèves à expliquer leur raisonnement à voix haute en utilisant le métalangage propre aux mathématiques et aux fractions créant ainsi une opportunité pour qu'il y ait un dialogue cognitif entre lui et l'élève. Dans ce genre de dialogue, l'enseignant peut écouter le raisonnement de l'élève et comprendre non seulement ce qu'il comprend, mais aussi s'il est capable de justifier son propre raisonnement et d'expliquer le raisonnement opposé. Pour tirer parti des représentations riches, l'enseignant peut aussi demander aux élèves d'identifier les éléments importants dans la représentation et les caractéristiques de la démarche pour qu'ils deviennent en mesure d'élaborer leur raisonnement et de développer une démarche efficace de

résolution qu'il pourra transposer dans les prochains niveaux. Cette interaction peut être bonifiée en utilisant d'autres ressources numériques, comme *Nearpod* introduit à la section 1.3.2, qui permettent de questionner les élèves sur des images capturées dans le jeu, par exemple, et de recueillir toutes leurs réponses avant d'amorcer une discussion. Si l'enseignant conçoit des questions qui suscitent un raisonnement chez les élèves, il peut y avoir accès, détecter ceux qui sont différents, incomplets ou erronés et choisir ceux qui sont susceptibles de favoriser un dialogue cognitif pour aider tous les élèves à progresser vers l'atteinte des critères de succès. Lorsque l'enseignant est familier avec l'usage de *Nearpod*, cette ressource facilite le questionnement et l'animation de discussions fécondes. Contrairement, en demandant aux élèves d'écrire leurs réponses sur papier, l'enseignant risque de manquer du temps pour consulter les réponses de tous les élèves et en sélectionner ceux qui seraient intéressants à partager avec le groupe pour en discuter et préciser les incompréhensions.

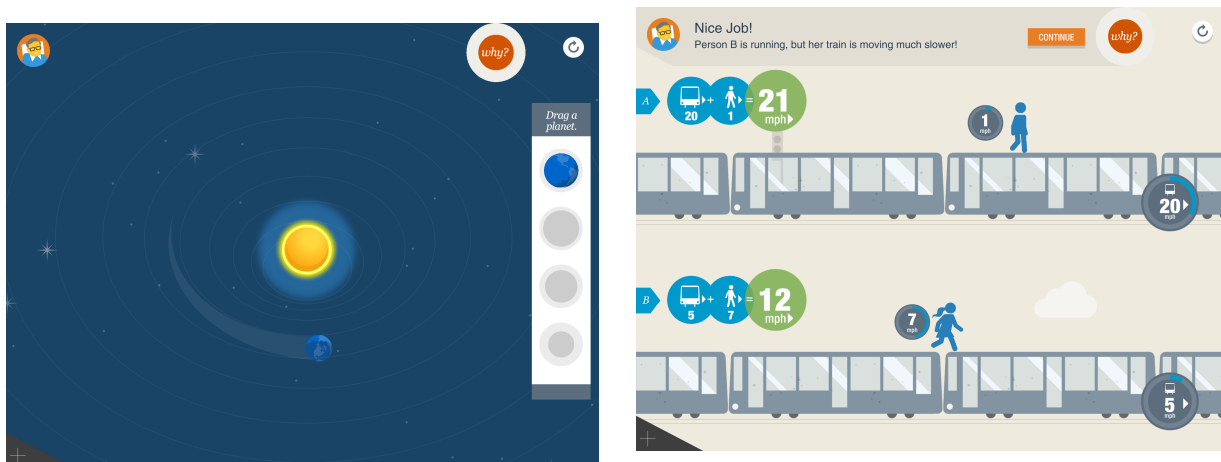
#### **2.4.3 Offrir des représentations qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu**

Pass et Schnabel (2005) suggèrent que les ressources éducatives numériques peuvent soutenir la construction de nouvelles connaissances à travers des représentations visuelles et des manipulations virtuelles des concepts. En effet, les représentations visuelles et les manipulations peuvent jouer un rôle important, car elles peuvent illustrer un phénomène réel (Trollip et Alessi, 2001). Elles permettent de construire un environnement qui est difficile, couteux ou complexe à mettre en scène dans la réalité pour susciter un raisonnement spécifique chez les élèves. De plus, elles permettent de représenter les comportements des objets qui se rapprochent assez de la réalité afin d'aider les élèves à établir des liens avec leurs connaissances antérieures et de soutenir leurs apprentissages. Par exemple, *Stephen Hawking's Snapshots of the Universe* est une application qui modélise les lois de la physique, entre autres celles en lien avec la vitesse et la gravité dans la théorie de la relativité restreinte ou générale. Les élèves expérimentent en appliquant ces principes à diverses situations.

Les représentations visuelles des concepts soutiennent aussi la construction de modèles mentaux (Schnotz et Bannert, 2003). Comme mentionné à la section 2.2.3, elles peuvent améliorer les stratégies métacognitives des apprenants et les encourager à approfondir leur compréhension de sujets complexes (Ainsworth et Loizou, 2003). En utilisant des représentations visuelles dans des

environnements tels que *Slice Fractions* (voir Section 1.3.2) et *Stephen Hawking's Snapshots of the Universe*, les apprenants sont encouragés à interagir avec ces simulations et à induire des préconceptions en mobilisant leurs connaissances antérieures. Cette participation active aide l'élève à s'engager dans la tâche et à tisser des liens plus précis entre le phénomène réel et le concept qu'il sous-tend (Miller, Lehman et Koedinger, 1999). Dans *Stephen Hawking's Snapshots of the Universe*, par exemple, une animation de personnages qui marchent sur un train virtuel aide les élèves à se représenter le concept de la relativité restreinte (voir Figure 1). Il peut, dans cette simulation, observer la vitesse du train et la comparer à celle du personnage qui marche sur le train et à celle du personnage qui est stationnaire à côté de la voie.

**Figure 1**  
Exemples de défis dans Stephen Hawking's Snapshots of the Universe



De telles représentations dynamiques ne seraient pas possibles avec les ressources éducatives traditionnelles, comme le cahier d'exercices, en raison des contraintes dans l'espace et de la nature statique et non manipulable du médium. Par extension, les cahiers d'exercices ne permettent pas à l'élève de voir les effets de ses actions dans un univers simulé ni d'offrir une variété de parcours en fonction de la progression de son raisonnement.

Dans une ressource éducative numérique qui présente des défis variés et de plus en plus complexes, la capacité de l'élève à résoudre des problèmes dépend de sa capacité à mobiliser et à transposer les connaissances qu'il aura acquises à chaque défi. La possibilité de passer rapidement d'un défi à l'autre peut contribuer à cette mobilisation. De plus, la progression dans

le niveau de complexité oblige l'élève à mobiliser ses connaissances en les adaptant (Gee, 2003), ce qui peut soutenir la généralisation et le passage du concret à l'abstrait comme nous le verrons dans la section 2.4.4.

Certaines ressources numériques peuvent aussi offrir à l'élève une forme de rétroaction sur sa démarche et ainsi influencer son processus d'autorégulation (Bober, 2010). La rétroaction est la réponse que donne la ressource numérique à l'action ou aux résultats de l'élève. Elle résulte de la richesse des représentations que peut offrir la ressource éducative numérique pour illustrer l'effet de l'action. Par exemple, elle peut offrir des simulations qui renseignent l'élève sur l'exactitude de la manipulation et, le cas échéant, lui permettent d'avancer. C'est le cas, par exemple, dans *Slice Fractions* (voir Section 3.3). Pour que le personnage principal du jeu puisse poursuivre son chemin, l'élève doit couper des morceaux de lave ou de glace, selon les niveaux, qui soient égaux aux morceaux de lave ou de glace qui se trouvent au sol afin de les annuler et de libérer le chemin. S'il reste encore, des carrés de lave ou de glace sur le sol, le raisonnement de l'élève et ses manipulations s'avèrent inexacts (voir Figures 2 et 3). L'élève doit alors refaire le défi. Cette rétroaction visuelle l'aide à identifier ses connaissances erronées et à les modifier en fonction de ce qu'il a observé. Il peut reprendre le défi immédiatement après avoir reçu la rétroaction.

La ressource éducative numérique peut aussi donner à l'élève des indices, à la suite d'un nombre donné de tentatives, pour l'aider à trouver la démarche requise pour réussir ; il s'agit d'une forme de guidance. Dans *Slice Fractions*, le jeu réduit le niveau de complexité du défi en affichant la fraction pour que l'élève n'ait pas à la déduire pas lui-même ou en diminuant le nombre de possibilités. La ressource éducative numérique peut donc s'adapter en partie au niveau de l'élève et contribuer à le garder dans sa ZPD. Un bouton « aide » est parfois présent pour permettre à l'élève d'accéder aux tutoriels et aux questions fréquemment posées ou pour avoir des indices pour poursuivre le jeu. Certaines ressources éducatives numériques visant l'apprentissage des mathématiques, comme *Lynette* par exemple, donnent des indices aux élèves s'ils en demandent (Long et Alevan, 2017). D'autres, comme *Dragon Box Algebra*, offrent des indices lorsqu'elles s'aperçoivent que le joueur est bloqué. Toutefois, comme mentionné à la section 1.3.4, l'enseignant doit analyser la tâche et anticiper le type de guidance à offrir plutôt que de se fier

aux indices offerts par la ressource afin de diminuer le risque que les indices ne contribuent à la réduction de l'espace de dévolution que doit avoir l'élève.

De plus, à la fin de chaque étape, ces applications de type ludique offrent parfois un bilan indiquant le nombre d'opérations que l'élève a fait pour aboutir au bon résultat, l'amenant ainsi à réfléchir sur l'efficacité de ses actions ou sur ses erreurs. Par exemple, dans *Dragon Box Algebra* (voir Section 1.3.4), lorsque l'élève réussit la tâche, il peut observer visuellement que les cartes ont disparu et voir qu'il a réussi. À la fin de chaque défi, le jeu indique à l'élève combien d'étoiles il a reçues. S'il en reçoit trois, c'est qu'il a réussi le niveau en faisant le nombre optimal d'étapes. Il a également le choix de répéter le défi pour recevoir ses trois étoiles. Aussi, les défis permettent à chaque élève de progresser à son rythme. Alors, pendant qu'un élève essaie de réussir un défi, un autre pourrait l'avoir fini et être arrivé à un défi plus avancé. Il n'a donc pas à attendre ses camarades.

Toutefois, la ressource n'informe pas nécessairement l'élève sur la qualité de son raisonnement et le type d'erreurs qu'il a commises (Gee, 2003 ; J. C. Herz, 1997). L'enseignant doit donc s'assurer de bien comprendre la nature et la portée des rétroactions offertes par une ressource numérique pour situer sa propre contribution afin de maximiser l'effet sur les apprentissages tout en recherchant une certaine complémentarité dans un souci d'efficacité.

**Figure 2**  
Exemple d'un défi dans Slice Fractions



**Figure 3**  
Exemple d'un défi dans Slice Fractions



#### 2.4.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait

Les représentations visuelles et les manipulations possibles dans les ressources éducatives numériques peuvent soutenir le principe du *Concreteeness fading*<sup>3</sup> qui vise le passage du concret à l'abstrait et offrir des conditions favorisant l'abstraction (Moreno et Duran, 2004 ; Shaftel, Pass et Schnable, 2005). Ce principe est utilisé dans *Dragon Box Algebra* (voir Section 1.3.4) où, au lieu d'utiliser seulement des représentations abstraites d'équations algébriques, durant les premiers niveaux du jeu, les concepteurs ont remplacé l'algèbre standard par des boîtes sur lesquelles on retrouve des dessins. Ces dessins peuvent être utilisés pour représenter différents éléments mathématiques, comme les nombres ou les variables. Aux niveaux plus avancés, les dessins se transforment progressivement en notations algébriques. Par exemple, une boîte peut être utilisée pour représenter une variable, comme  $x$  ou  $y$ , et les joueurs peuvent manipuler ces boîtes pour résoudre des équations et des problèmes mathématiques. Dans *Slice Fractions* (voir Section 3.3), l'élève doit découper des carrés en quatre morceaux égaux, d'abord en suivant des lignes pointillées, ensuite sans les lignes. Après la réussite de ces deux étapes, il doit faire les mêmes manipulations, mais cette fois-ci, les carrés seront cachés par des fractions comme  $\frac{1}{4}$ . Ainsi, graduellement, il est amené à faire le passage du concret (l'image du carré) à l'abstrait (le symbole de la fraction). Les activités d'apprentissage proposées suscitent donc le besoin de

---

<sup>3</sup> Le principe du *Concreteeness fading* est un concept utilisé en design et en psychopédagogie. Il ressemble à ce qui est appelé en didactique « le processus d'abstraction » ou plus spécifiquement « l'abstraction mathématique ». L'abstraction mathématique est le passage de l'utilisation d'objets concrets à l'utilisation de symboles les représentant (Radford, Demers et Miranda, 2009).



recourir à des représentations symboliques plutôt que des objets concrets pour, notamment, résoudre un problème plus rapidement.

Toutefois, si l'élève ne parvient pas à conceptualiser, il risque de percevoir les symboles de fractions de la même manière qu'il perçoit des représentations graphiques et il aura de la difficulté à résoudre des équations par la suite. C'est à l'enseignant de favoriser ce passage à travers la mise en œuvre d'un soutien dégressif, afin de développer l'autonomie (Ottomar, Weitnauer et Landy, 2016). L'enseignant fait en sorte que le problème permette à l'élève de faire preuve de compréhension dans des exemples de problèmes du même type, mais avec des niveaux de difficulté qui progressent. Cette démarche lui permet de faire en sorte qu'une représentation symbolique puisse être associée à des représentations concrètes. Elle lui permet également d'aider l'élève à faire le lien entre les concepts concrets et ceux qui sont plus abstraits et à éventuellement parvenir à généraliser ses connaissances et les transposer pour réussir d'autres niveaux et des problèmes mathématiques conventionnels.

Pour assurer ce passage, l'enseignant peut utiliser les manipulations pour engendrer une réflexion et activer des processus cognitifs qui vont favoriser la construction de liens avec les connaissances antérieures et aider à résoudre des problèmes (Ottomar, Weitnauer et Landy, 2016). Il peut aussi modéliser son raisonnement en expliquant sa démarche à voix haute et en employant un métalangage précis pour indiquer les liens entre les représentations concrètes et celles qui sont plus abstraites. Une autre stratégie serait de questionner les élèves pour qu'ils le fassent seuls, les guider pour soutenir le développement de leur raisonnement et susciter un dialogue cognitif pour les faire réfléchir à leurs actions. Ce dialogue peut avoir lieu lorsqu'un élève écoute ses camarades et emploie le métalangage pour expliquer, justifier ou mettre en valeur leur raisonnement. L'utilisation d'un dispositif de type *Nearpod* permet de faciliter cette démarche en offrant à l'enseignant la possibilité d'accéder aux réponses de tous et de partager avec le groupe des exemples de raisonnement d'élèves qui suscitent une discussion féconde au niveau de la conceptualisation. Lorsque l'élève perçoit la nécessité de l'abstraction mathématique, l'enseignant pourra travailler à l'institutionnalisation (Brousseau, 1988, Giroux, 2013).

Dans le cadre de leurs travaux, Jacob et McGovern (2015) ont observé que les dispositifs de développement professionnel traditionnels n'ont pas les effets escomptés sur le développement des pratiques pédagogiques et, par conséquent, sur les apprentissages des élèves. Les enseignants s'engagent souvent dans des formations de courte durée pour ensuite se buter au défi de la transposition dans leurs pratiques en classe (Narvaez et Brimikoin, 2010). À ce sujet, Leclerc et Labelle (2013) estiment que le développement professionnel traditionnel n'est plus suffisant pour favoriser le déploiement de pratiques qui peuvent soutenir les apprentissages de tous les élèves. Dans la prochaine section, nous nous intéressons aux dispositifs de développement professionnel qui peuvent favoriser l'appropriation de certaines pratiques pédagogiques ainsi que l'intégration de ressources éducatives numériques qui vont soutenir leur mise en œuvre.

## **2.5 Développement professionnel**

Le CSÉ (2014) indique qu'il est difficile de définir le développement professionnel puisque le terme est polysémique dans les écrits à ce sujet. Le Conseil retient toutefois la définition proposée par Uwamariya et Mukamurera (2005) à la suite d'un examen des écrits sur le sujet. Selon elles, le développement professionnel est « un processus de changement, de transformation, par lequel les enseignants parviennent peu à peu à améliorer leur pratique, à maîtriser leur travail et à se sentir à l'aise dans leur pratique » (Uwamariya et Mukamurera, 2005, p. 148). Cette définition est complémentaire à celle de Guskey (2000) qui affirme que le développement professionnel constitue l'ensemble des stratégies et activités conçues pour développer les connaissances, les habiletés, et les attitudes professionnelles des enseignants.

### **2.5.1 Études sur les dispositifs de développement professionnel efficaces**

Dans l'enquête *The Mirage* à laquelle nous référons dans la section 1.4, Jacob et McGovern (2015) ont tenté d'identifier les caractéristiques des dispositifs de développement professionnel qui ont le plus d'effet sur le développement des pratiques. Pour rappel, ils ont interrogé plus de 10 000 enseignants et 500 directeurs d'établissement et interviewé plus de 100 membres du personnel impliqués dans le développement professionnel des enseignants. Malgré l'ampleur de l'étude, le nombre élevé de sujets et l'accès à des données d'observation des pratiques en classe,

les chercheurs ne sont pas parvenus à identifier un dispositif plus efficace que les autres. Leurs résultats ne permettent pas d'identifier un ensemble précis de facteurs permettant de prédire le développement des pratiques pédagogiques. De plus, les chercheurs sont plus mitigés sur l'effet que cela a sur les apprentissages des élèves. Par exemple, selon les données recueillies dans un district, parmi l'ensemble des enseignants ayant obtenu une faible évaluation en 2011-2012 relativement à leur capacité à engager les élèves, 28 % ne s'étaient pas améliorés à ce niveau deux ans plus tard, 43 % s'étaient améliorés suffisamment pour obtenir la note « en développement » et 26 % avaient progressé suffisamment pour devenir « efficaces » dans ce domaine. Les chercheurs soulignent donc les limites de la formation qui est offerte. De plus, les chercheurs observent que la plupart des enseignants surestiment leur niveau de compétence même s'ils n'ont pas atteint un niveau de maîtrise. Selon les chercheurs, le fait que le processus de développement professionnel varie d'un enseignant à l'autre et que les stratégies qui semblent efficaces pour l'un ne le sont pas forcément pour l'autre expliquerait ces résultats. Cette variation dépend notamment de variables spécifiques à chaque enseignant. Les résultats peuvent aussi être affectés par la combinaison de plusieurs variables que les chercheurs n'ont pas identifiées. Le type et la fréquence du développement professionnel offerts dans les districts étudiés pourraient également expliquer les résultats obtenus.

Toutefois, le dispositif mis en œuvre dans un réseau d'écoles à charte et son effet sur le développement des pratiques a retenu leur attention. Dans ce réseau, les chercheurs ont observé une progression nettement plus élevée de l'expertise des enseignants indépendamment du nombre d'années d'expérience. Ce dispositif se caractérise par le fait que les enseignants se rencontrent hebdomadairement pendant deux à trois heures par semaine et analysent leurs pratiques et les effets observés sur les apprentissages de leurs élèves. Ils préparent les activités à venir en présence d'un formateur qui leur offre aussi des rétroactions sur leurs pratiques. Les chercheurs attribuent la croissance observée, entre autres, à ce qu'ils nomment *mindset* et qui réfère à la perception qu'ont les enseignants de leur pratique, de leur croissance et des effets découlant des efforts qu'ils déploient pour leur développement. Il est intéressant de noter que, dans ce réseau d'écoles, les enseignants sont moins susceptibles de surestimer leur compétence

et ils reconnaissent qu'ils ont encore des progrès à faire. Cela suggère qu'une perception plus réaliste du niveau de compétence contribue à son développement.

Les caractéristiques de ce dispositif de développement professionnel sont similaires à celles identifiées dans la méta-analyse conduite par Darling-Hammond et al. (2017) regroupant 35 études expérimentales portant sur différents modèles de développement professionnel et sur leurs effets sur les apprentissages des élèves. Leur synthèse porte sur des études des dernières décennies qui utilisent des méthodologies rigoureuses pour établir des liens entre les pratiques et la réussite des élèves. Ils se sont aussi appuyés sur une étude antérieure du développement professionnel des enseignants, publiée dans le rapport du *National Staff Development Council* (NSDC) en 2009 (Darling-Hammond et Richardson, 2009). Ce rapport présente les éléments nécessaires pour un développement professionnel efficace des enseignants et utilise les résultats d'une enquête élaborée par le *National Center for Education Statistics' 2003-04 Schools and Staffing Survey* (SASS). Elle a deux objectifs. Le premier est d'obtenir des informations sur les écoles, notamment sur la répartition du personnel, les caractéristiques des élèves et les programmes et services offerts. Le deuxième est d'obtenir des informations sur les enseignants, notamment sur leurs antécédents professionnels, leur domaine d'enseignement et leur charge de travail. Elle a été administrée à plus de 130 000 enseignantes dans des écoles publiques et privées de 50 états des États-Unis et du District de Columbia. Les questionnaires du SASS destinés aux enseignants recueillent des données sur l'éducation et la formation de ces derniers, ainsi que sur leur fonction, leur certification, leur développement professionnel, leur charge de travail de même que leurs perceptions et attitudes à l'égard de l'enseignement. Les chercheurs se sont également basés sur les résultats du questionnaire du NSDC *Standards Assessments Inventory* (SAI) (2007-2008) pour mesurer la perception des enseignants à l'égard du développement professionnel. Le questionnaire a été administré à plus de 150 000 enseignants dans plus de 5400 écoles de 11 états américains et une province canadienne. Les chercheurs ont examiné en détail les données des quatre états suivants : Alabama, Arizona, Georgia, et Missouri où le questionnaire a été administré sur l'ensemble de l'état. Le rapport inclut aussi les données de la *MetLife Survey of the American Teacher* et du *National Education Association's Survey of America's Teachers and Support Professionals on Technology*, qui ont permis de comparer les

résultats avec ceux du *School and Staffing Surveys (SASS)*. Darling-Hammond et al. (2017) identifient des caractéristiques qui distinguent les dispositifs efficaces : les formations offertes doivent être intensives, elles doivent être concentrées sur l'amélioration des pratiques pédagogiques qui permettent d'avoir un effet positif sur les apprentissages des élèves, elles doivent être alignées avec les objectifs et les priorités de l'école et elles doivent être basées sur la collaboration et les échanges entre les enseignants. Un développement professionnel efficace doit également offrir aux enseignants la possibilité de réaliser plusieurs essais en contexte réel, leur offrir des conditions favorables au développement de leur regard professionnel et le soutien nécessaire pour enrichir leurs connaissances et leur réflexion.

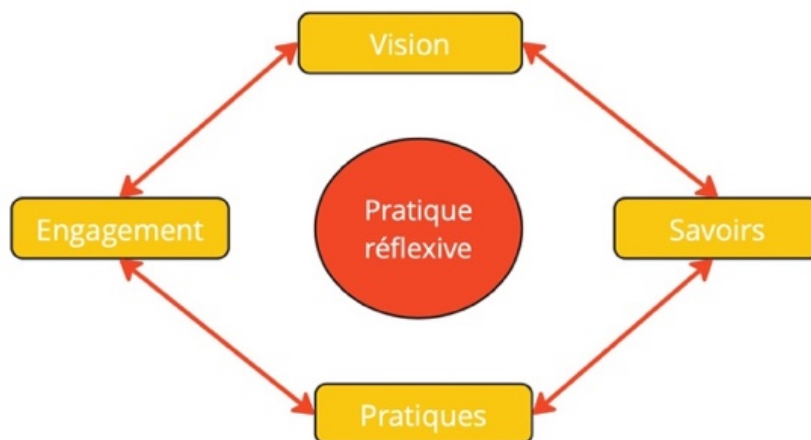
De plus, plutôt que de faire des ateliers de quelques jours, les formations doivent être de longue durée pour avoir des effets plus importants sur l'apprentissage des enseignants (Corcoran et al., 2003 ; Darling-Hammond et Richardson, 2009 ; Lafortune, 2008). Selon Darling-Hammond et Richardson (2009), les programmes de développement professionnel qui comprennent entre 30 à 100 heures et s'étalent sur une période de 6 à 12 mois ont un effet significatif sur les résultats des élèves (les formations de 49 heures en moyenne ont engendré une augmentation moyenne des résultats de 21 %) alors que celles qui comprennent entre 5 et 14 heures de formation n'ont aucun effet significatif. Toutefois, malgré l'importance de la durée, faire des activités non efficaces pendant une plus longue période ne les rend pas plus efficaces. Il faut que le contenu de la formation réponde à des critères, soit bien organisé et clairement ciblé (Guskey, 2000). Nous présenterons le dispositif de développement professionnel de Guskey (2000) dans la section 2.5.6.4.

### **2.5.2 Modèle de développement professionnel de Shulman et Shulman (2004)**

Plusieurs modèles tentent d'identifier les dimensions qui interagissent dans le cadre d'un processus de développement professionnel. Le modèle de Shulman et Shulman (2004) permet de mettre en relation les caractéristiques mises de l'avant par Darling-Hammond et al. (2017). Selon ce modèle (voir Figure 4), le changement est un processus complexe qui requiert le développement simultané de quatre dimensions : la vision, l'engagement, les savoirs et les pratiques (Shulman, 1986). Par exemple, lorsque la vision qu'il a sur la pratique à mettre en œuvre change, l'engagement de l'enseignant peut augmenter le conduisant ainsi à acquérir de nouveaux

savoirs et à réguler ses pratiques. Ce modèle constitue ainsi un cadre de référence pour planifier le développement professionnel, favoriser l'intégration des différents savoirs et préciser les gestes pédagogiques tout en soutenant l'engagement et en permettant à la vision d'évoluer de façon cohérente.

**Figure 4**  
Schéma du modèle de Shulman et Shulman (2004)



Selon ce modèle, en plus d'observer les effets des pratiques mises en œuvre sur le développement des apprentissages de ses élèves, il faut que l'enseignant puisse faire évoluer sa vision puisque l'aptitude à adopter une nouvelle pratique est influencée par les croyances, attitudes et valeurs propres à chaque enseignant. Les résultats rapportés par l'étude *The Mirage* (2015) illustrent également l'influence que peut avoir la perception des enseignants de leur propre compétence sur le développement de leurs pratiques. Arpin et Carpa (2008) vont dans le même sens en suggérant que le changement dans les pratiques des enseignants doit venir d'un besoin ou d'un questionnement qui les motive à apprendre et les mènent à changer leurs valeurs et leurs convictions, c'est-à-dire leur vision. En effet, si l'enseignant continue à douter qu'une pratique puisse aider un élève à mieux apprendre, il va être réticent quant à son adoption. D'où l'importance, comme le suggère Darling-Hammond (2017), de faire des allers-retours entre la pratique en classe où l'enseignant a des opportunités de faire des essais et le travail d'analyse de ses pratiques avec d'autres enseignants, par exemple, afin de prendre conscience des effets de ses pratiques sur les apprentissages de ses élèves. Cette approche est cohérente avec l'observation de Guskey (2009) à l'effet que lorsque les enseignants réalisent des essais féconds,

observent leurs effets sur les apprentissages et réfléchissent sur les erreurs et les solutions possibles, ils ont plus de chance de s'ouvrir au changement, car ceci influence le sentiment de compétence des enseignants.

De plus, selon Perrenoud (2001) et Darling-Hammond et Richardson (2009), les échanges entre les enseignants peuvent favoriser une prise de conscience. En effet, lorsque les enseignants confrontent leurs idées à celles de leurs pairs, ils les verbalisent et créent des interactions qui engendrent des dialogues cognitifs, ce qui permet d'enrichir leurs bagages de connaissances et d'en construire de nouvelles. Lorsque les rétroactions sont ciblées et constructives, elles aident l'enseignant à discerner les effets de ses pratiques et à les ajuster (EEF, 2021 ; Hattie, 2023). Elles l'incitent ainsi à réfléchir sur ses propres apprentissages afin d'être en mesure de se réguler pour obtenir de meilleurs résultats (EEF, 2021). Toutefois, à l'instar de la démarche d'apprentissage des élèves, les essais réalisés en classe par l'enseignant et le travail d'analyse qui s'ensuit doivent être soutenus par des pratiques comme l'étayage qui sont susceptibles de situer les pratiques innovantes dans sa ZPD et de s'assurer qu'il puisse se sentir compétent, ce qui sera susceptible d'accroître son engagement.

Ces conditions peuvent contribuer au développement des savoirs chez les enseignants. Or, selon Shulman et Shulman (2004), lorsque l'enseignant acquiert les savoirs essentiels dont il a besoin, il est plus susceptible de changer sa vision et par conséquent de développer sa pratique. Ces savoirs sont divisés en six catégories : les savoirs relatifs au curriculum, à la pédagogie, au contenu disciplinaire, à la connaissance des élèves, au contexte et aux fondements de l'école. Cochran-Smith et Lytle (1999) expliquent que les savoirs peuvent servir pour la pratique, y être incorporés et en découler. Bien que les savoirs provenant de la recherche soient soutenus par des études empiriques, des savoirs d'expérience découlent des observations réalisées par l'enseignant en contexte, de ses pratiques et de celles de ses pairs, ainsi que de leurs effets en classe lui permettant ainsi de développer sa vision et son niveau d'engagement (Guskey, 2009).

### **2.5.3 Modèle TPaCK**

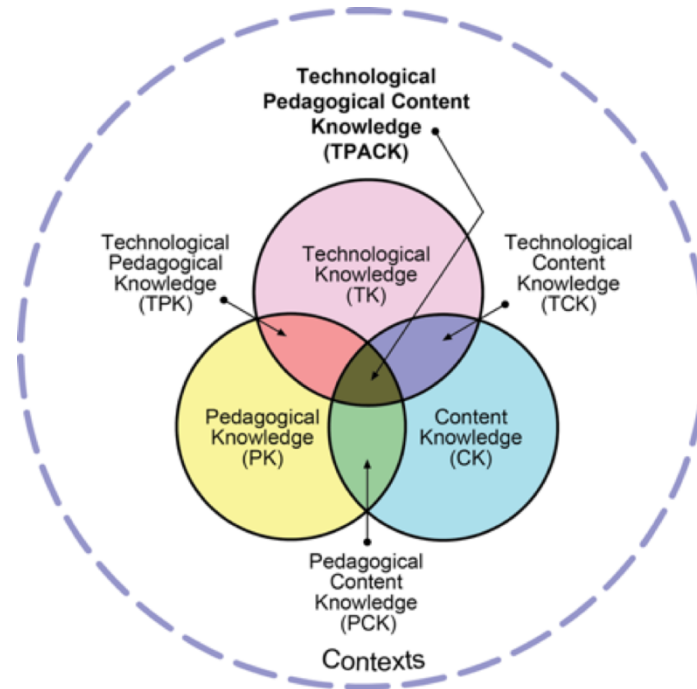
Selon les quatre dimensions de développement professionnel du modèle de Shulman et Shulman (2004), l'enseignant doit acquérir les savoirs essentiels dont il a besoin. Le professeur Lee Shulman

a introduit en 1986 le concept de *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), ce qui correspond à ce que nous nommons aujourd'hui la didactique. Dans ce modèle, il explique que l'enseignant développe des connaissances spécifiques qui sont au croisement des savoirs pédagogiques et disciplinaires et qui peuvent soutenir efficacement les apprentissages des élèves dans un domaine ou un sous-domaine donné. Ces connaissances didactiques sont le fruit d'un travail d'intégration qui mobilise simultanément, généralement en contexte et à de multiples reprises, un ensemble de connaissances dans chacune des deux dimensions.

En 2006, dans le cadre de leurs travaux sur les usages des technologies en classe, les professeurs Punta Mishra et Matthew Koehler se sont appuyés sur ce modèle pour intégrer une troisième dimension, soit les savoirs technologiques et créer le modèle TPaCK (voir Figure 5). Mishra et Koehler (2006) ont ainsi mis en évidence l'importance de l'intégration des savoirs pédagogiques, disciplinaires et technologiques comme étant une condition favorable ou préalable à leurs usages en classe. Dans cette perspective, Mishra et Koehler (2006) insistent sur l'importance de mobiliser et de développer simultanément ces savoirs interdépendants pour soutenir leur intégration et une mobilisation fluide en classe. Par exemple, pour enseigner un concept spécifique dans le domaine des mathématiques, notamment les fractions, le modèle TPaCK prévoit que l'enseignant doit, tout d'abord, bien identifier les défis inhérents à l'apprentissage du concept avant de sélectionner les meilleures pratiques et les meilleures ressources pour soutenir celui-ci. Ce questionnement pourrait d'ailleurs porter sur tous les types de ressources, même si les auteurs de ce modèle se préoccupent essentiellement des ressources numériques. L'objectif de l'intégration des trois savoirs est que l'enseignant puisse faire un choix stratégique de la ressource numérique qu'il veut exploiter et des pratiques pédagogiques qu'il veut mettre en œuvre de façon fluide afin de pouvoir soutenir les élèves et les guider dans l'appropriation de certains savoirs disciplinaires (Mishra et Koehler, 2006 ; Rousseau, 2015).



**Figure 5**  
Modèle TPaCK (Mishra et Koehler, 2006)



Afin de soutenir les apprentissages de tous les élèves, l'enseignant peut partager les mêmes critères de succès avec eux et mettre en place les conditions pour qu'ils puissent faire preuve de compétence. Il doit être en mesure de mobiliser ses connaissances disciplinaires sur le concept étudié, par exemple celui de fraction. Il doit aussi développer ses connaissances pédagogiques afin d'être en mesure, par exemple, de comprendre et de cibler les besoins des élèves en prenant en considération leurs connaissances préalables. Le développement de ses connaissances sur les ressources disponibles peut, entre autres, favoriser sa capacité à cibler celles qui sont le plus susceptibles de soutenir le raisonnement des élèves. L'enseignant doit donc s'exercer à saisir le rôle que peuvent jouer les ressources qui sont à sa disposition, à les manipuler et à convoquer les plus fécondes selon le contexte (Mishra et Koehler, 2006). Il doit aussi se les approprier pour les manipuler avec aisance, pour soutenir ses gestes pédagogiques sans que la surcharge cognitive l'empêche de discerner les événements importants dans l'activité d'apprentissage.

Dans une enquête réalisée aux États-Unis, Garet et al. (2001) ont utilisé un échantillon probabiliste de 1027 enseignants de mathématiques et de sciences dans 358 districts et bénéficiaires State Agencies for Higher Education (SAHE) pour comparer les effets de différentes

caractéristiques du développement professionnel sur l'apprentissage des enseignants. Les chercheurs ont examiné les effets des caractéristiques des activités de formation sur la perception des enseignants de leurs propres apprentissages. Ils ont recueilli les réactions des enseignants sur leurs propres expériences et comportements. Les résultats suggèrent que les activités axées sur le contenu disciplinaire, mais qui ne développent pas les savoirs pédagogiques et celles relatives aux ressources nécessaires pour les soutenir freinent les changements des pratiques des enseignants (taille d'effet de -0,11). Par contre, les activités qui tiennent compte des expériences des enseignants et qui sont axées sur les savoirs pédagogiques et ceux relatifs aux ressources favorisent le changement des pratiques (taille d'effet de 0,44).

La recontextualisation, c'est-à-dire la transposition de gestes similaires dans un contexte nouveau, dépend de la capacité de l'individu à s'adapter à ce qui varie. Par exemple, un enseignant qui met en œuvre une pratique ou utilise des ressources numériques spécifiques pour enseigner un concept en mathématiques doit apprendre à transposer cette pratique dans un contexte précis tant au niveau des caractéristiques des élèves que de leurs connaissances antérieures (Jacob et McGovern, 2015). L'enseignant doit donc développer sa compétence à mobiliser et à combiner les savoirs nécessaires dans une situation qui l'exige pour faire preuve de compétence (Le Boterf, 2008). L'enjeu est donc de soutenir ce développement pour que les enseignants puissent intégrer les trois savoirs, pédagogiques, disciplinaires et relatifs aux ressources numériques, dans des contextes spécifiques et variés en classe. Ainsi, une stratégie de développement professionnel doit permettre aux enseignants de s'exercer dans de multiples contextes pour accroître la fluidité, soutenir la transposition et permettre aux enseignants de faire preuve de compétence.

#### **2.5.4 Modèles de développement professionnel pour soutenir l'intégration des trois dimensions du modèle TPaCK**

Dans les sections précédentes, nous avons examiné le modèle de développement professionnel de Shulman et Shulman (2004), notamment la difficulté que pose le changement de la vision des enseignants et l'importance de s'engager dans une pratique réflexive pour y parvenir. Nous avons présenté également l'importance, comme le suggère le modèle TPaCK, d'assurer une intégration fluide des savoirs pédagogiques, disciplinaires et relatifs aux ressources numériques.

Dans l'objectif de permettre aux enseignants de réaliser une intégration des ressources numériques de type TPaCK et de changer leur vision pour qu'ils poursuivent cette intégration dans leurs classes, Miller et Borowicz (2007) ont mis en œuvre la formation *Learning by design* intégrant des discussions fréquentes et des réflexions métacognitives qui sont des caractéristiques essentielles d'un dispositif de développement professionnel efficace selon Darling-Hammond (2017). De leur côté, Hofer et Harris (2010) ont décrit la mise en œuvre d'une formation inspirée du travail de Mishra et Koehler (2006) sur le modèle TPaCK. Cette formation regroupe également plusieurs caractéristiques évoquées par Darling-Hammond (2017) et Guskey (2000), soit les discussions et les rencontres fréquentes, les essais et les observations des effets. Ces travaux ont pour objectif d'amener les enseignants à intégrer les trois savoirs en mettant l'emphase sur la planification et le choix des ressources numériques. Dans ces études, les enseignants ont tenté de prendre en considération les principes de développement professionnel avec une préoccupation particulière pour intégrer les ressources numériques aux savoirs pédagogiques et disciplinaires. Dans cette section, nous faisons état de ces travaux afin de présenter des exemples de transposition du modèle TPaCK qui visent l'intégration fluide des trois savoirs ainsi que le développement de la vision des enseignants, qui sont cohérents avec le modèle de Shulman et Shulman (2004) et qui regroupent des caractéristiques d'une formation efficace selon Darling-Hammond (2017).

Miller et al. (2009) proposent de transformer les programmes de développement professionnel en des interventions visant à améliorer l'intégration des trois dimensions qui guident un enseignement efficace, plutôt que de favoriser des stratégies qui développent chacun des trois types de savoirs séparément les uns des autres. À l'instar de Guskey (2009), selon eux, l'essentiel est que la formation fasse appel à la multiplicité des essais, à l'analyse des effets des pratiques sur les apprentissages des élèves et au soutien. Comme le suggèrent Shulman et Shulman (2004), à travers la collaboration et la réflexion, ces formations sont susceptibles d'influencer la vision des enseignants et d'augmenter leur sentiment d'efficacité personnelle. Ainsi, ils seront en mesure de sélectionner des outils qui peuvent soutenir l'activité d'apprentissage et de les utiliser de façon à favoriser l'apprentissage des savoirs disciplinaires du curriculum.

Selon Miller (2007), il faut planifier des activités qui engagent les enseignants et leur permettent de lier les objectifs pédagogiques à leurs contextes de classe. La chercheuse applique le processus de *Learning by design* ou l'apprentissage par le design (traduction libre). Il s'agit d'une stratégie développée par Mishra et Koehler (2006) et employée par Miller (2007) afin d'explicitier les stratégies efficaces et les mettre en relation l'une avec l'autre. Dans le cadre d'un cours de Miller (2007), l'activité principale était la conception de vidéos pour l'apprentissage de l'anglais au secondaire. Il a été suivi par 95 enseignants en service et en formation cherchant à obtenir leur certification professionnelle. Les chercheuses Miller et Borowicz ont examiné le développement de la vision des enseignants et leur capacité à intégrer la conception de vidéo dans leur programme et dans leur enseignement (Miller et Borowicz, 2007). Pour planifier et concevoir les vidéos, les enseignants se sont engagés dans des activités d'écriture créative, de lectures, de théâtre et de musique. Ils ont travaillé individuellement et collectivement sur la conception et la création de ces projets. En cohérence avec les conclusions de l'étude de Darling-Hammond (2017), des discussions fréquentes ont incité les enseignants à partager des réflexions métacognitives à propos de leurs propres activités de conception pour justifier cette utilisation dans leurs classes respectives. À cette fin, ils ont réfléchi et discuté de la littérature théorique et empirique portant sur l'intégration de la conception de vidéos et de ses effets sur les résultats des élèves. Enfin, les enseignants ont développé un projet de vidéo numérique pour leurs élèves et l'ont utilisé dans leurs salles de classe pour voir les effets sur les apprentissages des élèves. Miller (2007) se concentre principalement sur les expériences de cinq enseignants en service et un enseignant en formation qui ont changé leurs visions et leurs pratiques de façon particulièrement intéressante, selon l'auteure. Les résultats ont montré que le potentiel de la production vidéo numérique en tant que pratique d'enseignement de l'anglais semblait émerger davantage lorsque les enseignants ont commencé à la considérer comme une activité de conception, semblable à l'écriture de texte, mais souvent plus attrayante pour eux. Dans leurs réflexions écrites, les enseignants ont utilisé des verbes actifs comme « j'ai décidé », « j'ai choisi », qui peuvent, selon Miller (2007), suggérer un engagement de la part des participants. En ce qui concerne l'apprentissage des élèves, en plus de la médiation de leurs pairs, des outils (caméra, scénarimage, programme d'édition) et de leurs connaissances antérieures (des vidéos, des

expériences de vie), les élèves avaient besoin du soutien de leurs enseignants. Ils avaient besoin d'avoir des réponses à certaines questions ou d'avoir des suggestions. Ce type d'accompagnement était répandu dans ces classes pendant les activités de conception de vidéos.

Par ailleurs, Hofer et Harris (2010) ont réalisé une étude où ils comparent les activités offertes aux enseignants et stagiaires en enseignement d'anglais langue maternelle selon le modèle TPaCK. Les participants sont des étudiants en formation dans deux cours de technologie éducative de premier et deuxième cycle. Ils se rencontrent avec le formateur pendant une heure et quarante minutes chaque semaine. Les étudiants dans les cours de premier cycle sont principalement des étudiants à temps plein au début de la vingtaine. Les étudiants à la maîtrise sont plus hétérogènes, ils ont entre 22 et 50 ans.

Cette étude vise à aider les enseignants à faire le lien entre le potentiel des technologies éducatives et le type d'activité d'apprentissage choisie. Plus spécifiquement, la formation qu'ils ont conçue, appelée *Activity types* ou Types d'Activité (traduction libre), vise à enseigner aux enseignants à choisir la ressource éducative numérique la plus appropriée pour une activité d'apprentissage spécifique et à savoir l'intégrer à leur cours. Ils ont constaté que les enseignants ont besoin d'avoir plus d'accompagnement durant la formation en raison de leurs faibles connaissances des méthodes de planification des activités en classe. La formation inclut donc des cours de planification de leçon combinant des aspects du contenu disciplinaire et technologique. Elle comprend aussi des activités techniques pour initier les enseignants à utiliser les ressources éducatives numériques.

Durant la formation, les enseignants pouvaient, comme suggéré par Darling-Hammond (2017), discuter en groupe à propos de l'apport des technologies à la formation. Selon Guskey (2010), ces discussions doivent être ciblées sur des sujets portant sur des savoirs technologiques et pédagogiques spécifiques et qui engendrent des réflexions, afin de soutenir l'intégration. Or, dans ce cas, nous n'avons pas d'information sur le contenu des échanges afin de pouvoir juger de l'efficacité de la stratégie et ses effets sur l'intégration des trois savoirs. Après avoir planifié leurs leçons, les étudiants justifiaient leurs choix par rapport à la faisabilité, la pertinence et les avantages de l'activité planifiée, ce qui, selon le modèle de Shulman et Shulman (2004), constitue une pratique réflexive qui peut influencer le développement des quatre dimensions de son

modèle. Ils discutent de leurs pratiques en groupe, ce qui selon Perrenoud (2001) peut favoriser leur prise de conscience et les encourager à développer leurs pratiques.

Les enseignants parviennent aussi à voir l'interdépendance des trois savoirs dans la planification des activités (Miller, 2007). La planification de la leçon décrite ci-dessous couvre généralement trois des quinze séances de classe. Les sections du cours sont formées de vingt étudiants chacun. Hofer et Harris (2010) ont identifié des ressources éducatives numériques qui pourraient aider à soutenir l'apprentissage des élèves pour amener les enseignants à choisir des ressources basées sur des activités d'apprentissage, plutôt que sur les caractéristiques des ressources. Une fois que les enseignants se sont familiarisés avec l'ensemble des activités d'apprentissage du curriculum, ils peuvent choisir parmi les ressources éducatives numériques, en combiner plusieurs et les utiliser dans leur enseignement. Les enseignants suivent le plan suivant : identifier les objectifs d'apprentissage des élèves, tenir compte du contexte de la classe et des besoins des élèves, sélectionner et séquencer les types d'activités pour former l'expérience d'apprentissage, sélectionner des stratégies d'évaluation formative et sommative, sélectionner des outils et des ressources qui aideront les élèves à tirer parti de l'expérience d'apprentissage. Ce processus n'est pas linéaire, les enseignants peuvent repasser par certaines étapes à n'importe quel moment. Cet exercice est basé sur *The TPACK Game* introduit pour la première fois par Koehler, Harris et Mishra en 2007 au Sommet national sur le leadership en technologie éducative et vise à aider les enseignants à prendre conscience du processus délibéré de sélectionner des activités d'apprentissage pour soutenir les apprentissages d'un élève en tenant compte à la fois des savoirs pédagogiques, disciplinaires, et ceux relatifs aux ressources numériques.

Les enseignants sont confrontés à plusieurs défis. Le premier est celui d'engager un dialogue cognitif afin d'expliquer comment les autres enseignants ont choisi de combiner des activités d'apprentissage dans une leçon. Ensuite, les formateurs aident les enseignants à apprendre comment ils pourraient sélectionner et combiner des activités d'apprentissage dans leur propre planification pédagogique à travers des discussions autour d'exemples. Une fois que les enseignants en formation ont compris que les activités peuvent être combinées de différentes façons dépendamment des objectifs d'apprentissage, Hofer et Harris (2010) introduisent la liste des différentes activités pertinentes. Ils discutent ensuite des suggestions de ressources

éducatives numériques particulières pour chacune des activités d'apprentissage dans la liste, et expliquent que l'utilisation de ces ressources peut ajouter de la valeur à l'apprentissage des élèves lorsqu'elles sont utilisées dans le cadre d'une activité planifiée. Enfin, les formateurs présentent aux enseignants les différentes activités. Chaque activité est associée à une ressource éducative numérique. Les enseignants sont encouragés à choisir une activité de la liste qui correspond à leurs disciplines et leçons. Ensuite, ils sont invités à choisir un outil parmi ceux proposés pour ajouter de la valeur à l'expérience d'apprentissage. Les formateurs encouragent les enseignants à combiner la ressource à l'activité et en discuter en équipes pour voir comment cette combinaison peut être efficace dans une leçon. Ceci crée des échanges autour des façons d'intégrer les pratiques aux ressources éducatives numériques en classe (Darling-Hammond et al., 2017) ce qui peut également engendrer des dialogues cognitifs entre les enseignants et favoriser ainsi le développement de savoirs d'expériences qui peuvent soutenir le changement de la vision des enseignants (Shulman et Shulman, 2004) et ainsi les encourager à développer leurs pratiques. À chacune de ces étapes, les enseignants doivent essayer la solution qu'ils présentent et tester son efficacité avant de pouvoir décider de sa pertinence. Une fois que les étudiants ont fini de concevoir leurs plans de cours en tenant compte de l'intégration de la ressource éducative numérique, l'instructeur évalue la qualité de l'intégration représentée. L'étude suggère que les enseignants ont besoin d'aide pour planifier leur cours et l'adapter aux besoins particuliers de leurs élèves. Hofer et Harris (2010) soupçonnent que les enseignants plus expérimentés avec les technologies ont plus de facilité à se concentrer sur des objectifs d'apprentissage et la planification d'activités lorsqu'ils sont familiers avec les ressources proposées, car ils mettent moins de temps à comprendre comment les utiliser.

Pour faire le point sur les deux modèles décrits précédemment, nous remarquons qu'ils mettent en œuvre la réflexion et les échanges sur les pratiques respectives des enseignants du groupe tout en réfléchissant à l'intégration des savoirs technologiques. Ils favorisent également la mise à l'essai et la possibilité d'avoir des savoirs expérimentiels, dans des situations réelles. Lorsqu'elles sont conçues pour favoriser l'intégration des savoirs technologiques aux pratiques pédagogiques et combinées à des essais en classe ou à des observations de pratiques, ces caractéristiques peuvent soutenir le développement des pratiques (Guskey, 2009, Darling-Hammond et al., 2017,

Shulman et Shulman, 2004). De plus, la formation *Activity types* (Hofer et Haris, 2010) mise plus sur la pratique que le modèle *Learning by Design* (Miller, 2007) ce que nous estimons être un principe essentiel dans une formation surtout lorsqu'il permet de voir les effets des activités conçues dans différents contextes. De plus, nous croyons qu'il faudrait mettre plus d'emphasis, durant ces formations, sur le développement du sentiment d'efficacité personnelle des enseignants et de leur regard professionnel (Sherin et Van Es, 2009), et ce à travers un accompagnement plus ciblé de la part du formateur.

### **2.5.5 Communautés de pratiques**

Dans la section précédente, nous avons présenté des études qui s'inspirent du modèle TPaCK pour aider les enseignants à planifier leur leçon en y intégrant des ressources numériques. Ces travaux sont de type *Learning by design* et mettent en œuvre plusieurs caractéristiques d'un dispositif de développement professionnel efficace. Les formations de type communauté de pratique quant à elles permettent d'accompagner les enseignants, pendant et à la suite de la mise en œuvre de leurs cours en classe. Dans cette section, nous les présenterons et décrirons les conditions qui peuvent augmenter leur efficacité.

Les communautés d'apprentissage professionnel (CAP) constituent un contexte pour réfléchir sur sa pratique et la réguler (Cochran-Smith et Lytle, cité dans CSÉ, 2014), une composante qui est à la base du modèle de développement professionnel de Shulman et Shulman (2004). Elles suscitent de l'intérêt particulièrement lorsque l'objectif est de soutenir les apprentissages de tous les élèves (Leclerc et Labelle, 2013), car elles contribuent au développement des connaissances, du sentiment d'efficacité personnel et d'idées innovatrices (CSÉ, 2014).

Selon Leclerc, Dumouchel et De Grandpré (2015), il n'existe pas de définition universelle du terme « communauté d'apprentissage professionnel », mais il existe un consensus dans la littérature scientifique pour dire que c'est :

« un regroupement d'individus qui travaillent en collaboration pour améliorer le rendement des élèves ; qui exercent une pratique réflexive et qui cherchent en collaboration à se perfectionner sur le plan professionnel. De plus, l'accent mis sur les résultats doit amener les enseignants, à titre de professionnels, à prendre des décisions basées sur des preuves (DuFour, 2004, 2011) » (p. 58).



Une CAP est donc un dispositif de formation professionnelle qui regroupe les caractéristiques favorables discutées dans la section précédente (Darling-Hammond, 2015 ; CSÉ, 2014) et encourage les enseignants à faire des essais, à partager leurs savoirs et à collaborer entre collègues pour y réfléchir et pour trouver des solutions (Leclerc et Labelle, 2013).

L'étude multicas de Leclerc et Labelle (2013) présente les effets d'une CAP sur le développement professionnel des enseignants. Leurs résultats suggèrent que les enseignants ont besoin de collaborer avec leurs collègues pour mettre en œuvre de nouvelles pratiques pédagogiques et répondre aux besoins de tous leurs élèves. En effet, à la question : « quelle est l'importance que vous accordez à chacun des éléments du développement professionnel suivants, un étant le moins important et huit le plus important ? » les enseignants ont accordé 6 à l'importance de partager lors des rencontres collaboratives. Comme Darling-Hammond et al. (2017) et Shulman et Shulman (2004), Leclerc et Labelle (2013) font ressortir l'importance des interactions, de la pratique réflexive et du questionnement autour des besoins des élèves et de leurs apprentissages. Selon eux, une CAP se déroule en trois étapes. Avant la rencontre, les enseignants déterminent les priorités et préparent l'apprentissage collectif. Ils doivent également identifier les ressources nécessaires, se partager les responsabilités et déterminer les priorités desquelles ils veulent discuter ainsi que le temps à passer sur chacune. Pendant la rencontre, les enseignants confrontent leurs idées, interagissent avec leurs pairs et font des réflexions en groupe. Durant cette étape, ils réfléchissent à partir de leurs expériences personnelles et des situations vécues en contexte authentique, comme suggéré par Guskey (2009). Ils observent leurs pratiques et en discutent afin d'essayer collectivement de trouver des solutions à des problèmes rencontrés. Ainsi, ils s'approprient des concepts théoriques et tentent de les transposer dans leur pratique. À la fin de la rencontre, les enseignants font une consignation des réflexions. Ils expérimentent les stratégies identifiées, observent leurs élèves pendant la tâche et collectent des données régulièrement auprès d'eux pour discerner l'impact de leurs pratiques et en discuter lors de la prochaine rencontre en CAP. Cette organisation permet de mettre de l'avant certaines caractéristiques d'un dispositif de formation professionnelle semblable aux cercles pédagogiques et jugées efficaces selon la méta-analyse de Darling-Hammond et Richardson (2009) citée à la section 1.4. Cependant, elle n'inclut pas l'analyse de la documentation des pratiques sur vidéo.

En l'absence cet aspect, lors des discussions en cercle pédagogique les enseignants peuvent discuter de ce qu'ils discernent dans leurs pratiques en faisant appel uniquement à leur mémoire, c'est pourquoi, afin de leur permettre de voir les effets de leurs pratiques sur les apprentissages des élèves, Sherin et Van Es (2009) ont voulu introduire une documentation sur vidéo des pratiques du travail des élèves.

Le cercle pédagogique est une forme spécifique de communauté de pratique. Il peut inclure à la fois des enseignants débutants et expérimentés et contribuer à réduire les écarts que ressentent certains enseignants en mathématiques entre ce qu'ils apprennent en formation initiale en classe et ce qu'ils expérimentent dans les écoles (Bednarz et Proulx, 2010 ; Charbonneau, 2006 ; NCTM, 2000 ; Seago, 2003). Il peut être à la fois intensif, de longue durée, lié à un contexte réel et peut intégrer des stratégies de collaboration et de réflexion (Sherin et Van Es, 2009) ce qui rappelle les caractéristiques d'un dispositif de formation efficace selon Darling-Hammond et Richardson (2009), Guskey (2009) et le modèle de Shulman et Shulman (2004).

Ce dispositif nous intéresse particulièrement pour cette recherche puisqu'il permet à un petit groupe d'enseignants de se réunir pour analyser de façon interprétative la documentation sur vidéo des activités d'apprentissage incluant les pratiques pédagogiques et les démarches des élèves. Il peut parfois être jumelé à des séances de formations pour illustrer des concepts précis (Santagata, 2009). Elles consistent en de courtes séances d'appropriation de certains éléments ou en un travail de conceptualisation à partir d'observations. Les rencontres en cercles pédagogiques peuvent inclure des séances de formation à condition qu'il y ait une alternance entre celles-ci et qu'elles soient rapprochées dans le temps permettant ainsi la réalisation d'un certain nombre d'essais, idéalement pour chaque concept étudié dans les échanges en petits groupes. Ainsi, les enseignants se familiarisent avec de nouvelles pratiques pédagogiques (Bednarz et Proulx, 2010). C'est le cas dans les recherches menées par Giguère (2015) et Poirier (2020) où le choix d'offrir des formations était justifié, car elles contribuent à amener les enseignants à faire des observations fécondes et à cibler les discussions lors des séances d'analyse de pratiques dans un contexte qui se distingue par une variété au niveau des disciplines abordées et des niveaux scolaires auxquels enseignent les participants.

Giguère (2015) a mené une étude qui vise à décrire les effets d'un cercle pédagogique d'une durée de neuf mois sur les pratiques pédagogiques et didactiques dans le contexte de l'enseignement de la grammaire actuelle. Pour y parvenir, la chercheuse a analysé des échanges provenant des cercles pédagogiques vécus durant une année scolaire. Elle a également analysé deux activités, avant et après une formation en grammaire offerte sous forme de capsules. Elle a enfin analysé les réponses des enseignants à un questionnaire sur leur perception à l'égard du dispositif de formation. Les 18 participants constituaient un échantillon de convenance et provenaient de différents niveaux : 10 enseignants du 3<sup>e</sup> cycle du primaire, un enseignant du 2<sup>e</sup> cycle et deux enseignants de 1<sup>re</sup> secondaire. Les formations qui ont été jumelées aux rencontres d'analyse de pratiques sont des courtes capsules sur des sujets liés à la grammaire animées par une conseillère pédagogique autre que la chercheuse. Cette distinction permettait d'éviter que l'animatrice soit perçue comme une experte du sujet, ce qui pourrait être de nature à placer les participants dans une posture d'écoute plutôt que de participation active.

Poirier (2020) a mené une étude qui vise à mieux comprendre, au sein d'un cercle pédagogique, le travail d'appropriation de pratiques pédagogiques réalisé par cinq enseignants du secondaire dans des disciplines variées qui utilisent les ressources numériques. Dans ce contexte hétérogène, le sujet commun de discussion portait sur un ensemble de pratiques pédagogiques et leur transposition en classe. Des formations jumelées aux séances d'analyse de pratiques en cercle pédagogique ont permis de faciliter le déroulement des échanges et de permettre aux enseignants de focaliser leur attention sur des objets d'observation communs pour ensuite réaliser des transpositions dans leurs contextes respectifs. Ces formations d'une durée d'une heure étaient animées par une personne-ressource experte du domaine et externe à l'établissement. Les enseignants étaient encouragés à participer activement, à interagir et à poser leurs questions afin de s'assurer qu'ils puissent mobiliser leurs connaissances sur le concept abordé.

Durant les séances d'analyse de pratique, afin que les enseignants puissent faire preuve de compétence, l'animateur ne doit pas prendre le rôle d'expert, mais doit plutôt soutenir le travail d'interprétation des participants autour des activités d'apprentissage, des pratiques pédagogiques et des démarches des élèves (Darling-Hammond et Richardson, 2009 ; Sherin et

Van Es, 2009). Il crée ainsi un environnement propice au développement du regard professionnel (Sherin et Van Es, 2009). Les enseignants écoutent les vidéos attentivement, font un travail d'interprétation du lien entre les pratiques pédagogiques et les effets sur les apprentissages durant le visionnement. Le but est d'amener les participants à développer leur regard professionnel à partir d'échanges entre eux dans une posture interprétative et non argumentative, c'est-à-dire sans porter de jugement sur les pratiques.

La possibilité de faire des essais en contextes réels, d'observer et d'analyser leurs pratiques et le travail des élèves, comme le suggèrent Guskey (2009), Shulman et Shulman (2004) et Sherin et Van Es (2009) aide notamment les enseignants à percevoir le rôle des erreurs et leurs importances dans le développement du raisonnement de l'élève (Bednarz et Proulx, 2010). Elle permet aussi à l'enseignant d'être confronté à des situations problèmes qui nécessitent une adaptation ce qui, selon Perrenoud (2001), est susceptible d'engendrer un apprentissage professionnel. Si les essais sont fructueux, ceci peut aussi avoir un effet positif sur le sentiment d'efficacité personnel des enseignants et les encourager à continuer d'essayer de nouvelles pratiques tout en intégrant leurs savoirs disciplinaires et pédagogiques du modèle TPaCK et en mettant à profit les ressources nécessaires pour planifier leurs leçons et améliorer l'apprentissage de leurs élèves (Oonk, Goffree et Verloop, 2003).

Leroux et Vivegnis (2019) ont intégré le dispositif de formation professionnelle de type cercle pédagogique dans le cadre d'un cours universitaire faisant partie du parcours de baccalauréat en éducation préscolaire et en enseignement primaire et se déroulant sur deux trimestres. Les cercles pédagogiques ont eu lieu pendant deux séances de cours d'une durée de trois heures chacune. Les personnes étudiantes stagiaires (PES) ont été invitées à documenter leurs pratiques sur vidéo lors de leur stage et à en discuter en groupe de deux ou trois durant des séances de 30 à 45 minutes. Les échanges portaient sur leurs pratiques et leurs choix pédagogiques. Au terme de l'analyse de leurs pratiques, les PES devaient expliciter les apprentissages développés et les pistes de développement à transposer dans leurs classes à la suite de la formation. Dans un second cours, qui a eu lieu l'année suivante, les PES étaient invitées à réaliser une analyse de cas. Cette dernière portait sur une problématique vécue par une enseignante lors de son stage. En équipe de trois ou quatre, les PES devaient choisir un des trois cas proposés et réaliser une

démarche d'analyse en 5 étapes en suivant un modèle proposé, pendant 45 minutes. Leurs résultats suggèrent que les PES ont perçu que la formation de type cercle pédagogique permet de cibler des dimensions identitaires et d'aller au-delà de l'observation de la pratique mise en œuvre pour comprendre les raisons qui justifient les choix pédagogiques de l'enseignante. Les PES ont également perçu l'utilité d'observer des documentations sur vidéo et d'y réfléchir de façon collaborative pour développer leurs pratiques. Les questionnements et les rétroactions qu'elles ont offerts les unes aux autres semblent aussi avoir contribué à enrichir les échanges en cercle. L'analyse de cas, quant à elle, a favorisé le développement du processus d'apprentissage, surtout la capacité des PES à identifier le problème. Elle a aussi engendré des apprentissages en lien avec la différenciation pédagogique et a développé la capacité des personnes étudiantes stagiaires à exprimer différents points de vue en contexte collaboratif. Les deux dispositifs combinés se sont avérés complémentaires pour favoriser les apprentissages des PES sur trois niveaux, soit le processus, l'objet d'analyse et les effets de la réflexion. Cette étude met de l'avant les caractéristiques qui favorisent l'efficacité d'un cercle pédagogique, en particulier la collaboration et les échanges sur les pratiques. Celles-ci rejoignent celles identifiées par Leclerc et Labelle (2013) concernant l'efficacité des CAP et celles jugées efficaces par Mukamurera (2005). Elles sont cohérentes avec plusieurs des recommandations de Darling-Hammond et al. (2017) et le modèle de Shulman et Shulman (2004).

#### **2.5.6 Caractéristiques d'un dispositif de développement professionnel efficace**

Les activités de développement professionnel sont multiples et variées. Comme discuté à la section 2.5.1, dans l'étude *The Mirage* (2015), il ne semble pas y voir une liste de conditions bien définies pour augmenter le degré d'efficacité d'un dispositif de développement professionnel. Cependant, dans la métaanalyse de Darling-Hammond et al. (2017), les chercheurs ont pu consigner quelques caractéristiques qui déterminent l'efficacité en examinant des études où ont été mis en place des dispositifs de développement professionnel. Elles font écho à ce que soutient le CSÉ (2014) eu égard à l'importance que le développement professionnel soit ancré dans la pratique, basé sur la collaboration, enrichi par des réflexions sur les propres pratiques des enseignants et les apprentissages de leurs élèves et qu'il offre du soutien et de l'accompagnement. Nous y avons déjà fait référence pour souligner leur contribution dans un

dispositif de développement professionnel de type cercle pédagogique et leur apport au développement des quatre dimensions du modèle de Shulman et Shulman (2004) et des trois types de savoirs du modèle TPaCK (Koehler et Michra, 2006). Dans cette section, nous décrivons l'ensemble de ces caractéristiques et nous terminerons avec une présentation de la démarche d'évaluation des effets d'un dispositif de développement professionnel de Guskey (2000).

### **2.5.6.1 Faire de multiples essais**

Les études de Miller et Borowicz (2007) et de Hoffer et Harris (2010) suggèrent l'importance des multiples essais pour familiariser les enseignants avec les nouvelles ressources et les aider à planifier leur intégration dans les cours. La multiplicité des essais permet de s'assurer que l'enseignant est en mesure d'internaliser les nouveaux savoirs qu'ils soient disciplinaires, pédagogiques ou relatifs aux ressources numériques. Plus l'enseignant a la chance de pratiquer dans différents contextes, plus sa capacité à développer ses pratiques en classe (Guskey, 2009) et plus particulièrement à combiner les trois savoirs du modèle TPaCK augmente (Hoffer et Harris, 2010 ; Miller et Borowicz, 2007). De plus, en réalisant des essais sous des conditions simulées, l'enseignant acquiert une certaine fluidité dans sa pratique et une capacité à transposer ce qu'il a appris dans de nouveaux contextes. C'est ce qui, selon Darling-Hammond et al. (2017), contribue à accroître l'efficacité d'un dispositif de développement professionnel.

De plus, si nous partons du principe que l'enseignant est aussi un apprenant qui suit des formations pour acquérir de nouvelles connaissances et s'exercer à introduire de nouvelles composantes dans sa pratique, il faut lui offrir la chance de l'expérimenter dans des situations où il peut faire preuve de compétence dans le contexte d'une salle de classe (Darling-Hammond et Richardson, 2009 ; Guskey, 2009 ; Hattie, 2008 ; Legault, 2004 ; Marzano, 1998). D'après les observations de Darling-Hammond et al. (2017), ces situations doivent permettre à l'enseignant de faire face aux défis quotidiens et le sensibiliser aux solutions qu'il peut mettre en place pour résoudre quelques problèmes qu'il pourrait rencontrer lors de la réalisation. Ainsi, les enseignants devraient être en mesure de suivre une démarche intégrée où ils expérimentent dans des circonstances les plus authentiques possibles pour la réexploiter ultérieurement. En effet, lorsque ces essais sont documentés, il est possible de les analyser afin d'en faire ressortir des pistes de développement, ce qui contribue au développement du regard professionnel comme nous le

verrons dans la prochaine sous-section. Le travail d'analyse peut être le fruit des échanges en cercle pédagogique, comme dans l'étude de Sherin et Van Es (2009) qui est une sorte de concrétisation de la dimension de pratique réflexive de Shulman et Shulman (2004). L'étude *The Mirage* (2015) et celle de Darling-Hammond et al. (2009) soutiennent aussi cette dimension puisque les chercheurs suggèrent qu'offrir des rétroactions sur les pratiques pédagogiques observées permet aux enseignants de mieux se situer.

#### **2.5.6.2 Développer le regard professionnel**

Pour se préparer à discerner les éléments importants dans différents contextes, les enseignants doivent développer leur regard professionnel (Sherin et Van Es, 2009). Pour favoriser ce développement et se préparer à ces observations dans des contextes variés, il peut s'avérer intéressant d'élargir l'expérience des enseignants en leur donnant accès à des exemples variés pour leur offrir une vision claire de ce à quoi ressemblent les pratiques efficaces (Darling-Hammond et al., 2017). En effet, lorsqu'un enseignant observe une pratique réussie dans un contexte précis, par exemple celle mise en œuvre par son collègue et documentée sur vidéo, ceci lui servira de modèle et il sera plus facile pour lui de la reproduire (Darling-Hammond et Richardson, 2009). Il faut aussi offrir aux enseignants la possibilité de discuter des expériences des membres du groupe pour les partager, tenter de trouver des solutions à des problèmes que les autres rencontrent dans leurs classes et identifier des moyens d'intégrer de nouvelles pratiques, d'où l'importance de la collaboration mise de l'avant par le CSÉ (2014) et les résultats de l'étude *The Mirage* (2015).

En observant leurs pratiques et la démarche de leurs élèves, les enseignants peuvent mieux comprendre les difficultés que peuvent rencontrer les élèves dans une situation spécifique et réfléchir en groupe aux moyens utilisés pour y remédier. Ensuite, ils peuvent, en groupe, analyser ce qu'ils ont vu pour faire le lien avec leurs pratiques en classe. Lorsque réalisé en groupe, chaque enseignant apprend des expériences des autres (Darling-Hammond et al., 2017) et apporte des questionnements pour améliorer la pratique ou trouver des moyens de l'adopter dans d'autres cours ou disciplines (Shulman et Sherin, 2004). Dans une telle pratique, les enseignants peuvent apprendre à distinguer les éléments disciplinaires, les gestes pédagogiques liés à la pratique sur la vidéo et les ressources numériques ou encore les usages qu'en font les élèves. Dans une

perspective d'intégration des trois savoirs proposés dans le modèle TPaCK, ils identifient aussi le type d'activités ou de ressources mis en œuvre pour faciliter l'apprentissage et les façons de les manipuler pour planifier les cours.

L'étude de Sherin et van Es (2009) porte sur le développement du regard professionnel chez les enseignants et leurs capacités à remarquer et à interpréter la nature des interactions en classe, durant leur participation à un cercle pédagogique. Dans le dispositif qu'elles proposent, les enseignants peuvent ainsi développer leur sens critique et une capacité à discerner les éléments significatifs d'une leçon, d'une pratique et des interactions entre les élèves et les interpréter pour leur permettre de prendre les décisions appropriées et de réguler leur pratique. C'est ce que Sherin et Van Es (2005, 2009) appellent le regard professionnel. Elles suggèrent que lorsque l'enseignant réussit à discerner et à comprendre les erreurs des élèves, il aurait plus de facilité à concevoir des façons pour y pallier (Sherin et Van Es, 2005). Plus il est exposé à des expériences variées, plus ses connaissances des besoins des élèves se précisent. Par la suite, il sera outillé pour recourir à des interventions mieux ciblées auprès d'un plus large éventail d'élèves et avec une plus grande diversité de disciplines.

L'étude de Sherin et Van Es (2009) a duré deux ans durant lesquels les enseignants se rencontraient tous les mois pour analyser des extraits de vidéos de pratiques. Les chercheuses ont documenté chacune des rencontres et analysé les entrevues avant et après les cercles pédagogiques. Leur but était d'amener les enseignants à discerner les éléments importants dans le raisonnement des élèves et à les interpréter. Quatre enseignants volontaires ont participé à sept rencontres d'une durée de 40 minutes, durant la première année et sept enseignants se sont rencontrés dix fois, pendant une heure environ, durant la deuxième année. Une chercheuse documentait sur vidéo la pratique d'un enseignant dans la classe et sélectionnait un court extrait où l'apprentissage était visible (environ 5 minutes) pour le présenter durant les cercles à la rencontre suivante. Durant les rencontres, la chercheuse invitait les enseignants à parler et à élaborer sur ce qu'ils avaient remarqué lors du visionnement. Les rencontres durant les cercles, les observations de pratiques pédagogiques en classe et les entrevues avec les enseignants ont été analysées. Durant les cercles, la chercheuse qui jouait aussi le rôle d'animatrice posait des questions pour diriger la discussion et amener les enseignants à élaborer sur leurs observations.



Pour les fins de la recherche, l'analyse des cercles portait essentiellement sur la première et la dernière rencontre durant chacune des deux années. Les vidéos étaient transcrites et un code a été attribué à chaque segment. Les codes sont spécifiques pour chaque type d'acteur (la personne qui prend la parole) et le sujet de la conversation soit : la gestion de classe, le climat, les pratiques pédagogiques et le raisonnement mathématique. Ils identifient également la nature du raisonnement des enseignants pour identifier si, dans leurs propos, ils décrivaient, évaluaient ou interprétaient ce qu'ils voyaient. Ils portaient aussi sur le type d'intervention des enseignants : restitution, compréhension ou synthèse des idées des élèves. Finalement, les chercheuses ont observé la capacité des enseignants à porter attention au raisonnement mathématique des élèves. Elles ont étudié deux aspects : le premier consiste à voir l'évolution du regard professionnel des enseignants durant les rencontres de cercles pédagogiques ; le second est de voir l'influence des cercles pédagogiques sur les attitudes des enseignants en dehors des cercles, dans le contexte réel de salles de classe. Pour mesurer les attitudes en dehors des cercles, les enseignants étaient interviewés et les entrevues contenaient des questions sur des extraits de vidéos de pratiques en classe. Les résultats suggèrent que les enseignants ont montré une capacité à analyser le raisonnement mathématique des élèves donc la démarche a permis aux enseignants de préciser leur regard professionnel et leur capacité à discerner davantage d'éléments qui permettent de mieux comprendre les difficultés des élèves et qui permettent de préciser leurs pratiques. En effet, la fréquence des interventions des enseignants au sujet de l'interprétation du raisonnement mathématique des élèves a augmenté au fil des rencontres et des entrevues. L'intention des échanges s'est progressivement déplacée des pratiques pédagogiques au raisonnement des élèves. Les enseignants ont aussi appris à interpréter et à intervenir au sujet du raisonnement mathématique plutôt que principalement sur la gestion de classe. En effet, il y a eu une augmentation dans leur capacité à faire des liens entre les idées et méthodes des différents élèves et à remarquer lorsque les élèves expliquent leurs méthodes et verbalisent des idées et des concepts mathématiques. Cependant, les résultats diffèrent d'un enseignant à l'autre. Deux enseignants ont fait un progrès remarquable en ce qui concerne la capacité à faire des liens entre des idées des différents élèves. Par exemple, un enseignant a progressé de 0 % à 47 % tandis qu'une autre est passée de 0 % à 63 % lors de l'analyse d'un court

extrait. Pour leur part, deux enseignantes sont passées de 0 % à 5 % et de 0 % à 9 % respectivement. Ces résultats mettent de l'avant deux caractéristiques qui, selon le CSÉ (2014), contribuent à l'efficacité d'un dispositif de développement professionnel, soit la réalisation d'essais et l'analyse des pratiques sur vidéos, en groupe. De plus, à l'opposé de la lecture d'exemples dans des livres, l'étude des expériences des pairs mène les enseignants à s'apercevoir de la faisabilité d'un exercice et l'évidence de ses effets positifs. Par conséquent, ils acquièrent des savoirs d'expérience et s'ouvrent au changement (Shulman et Shulman, 2004).

### **2.5.6.3 Offrir un soutien**

Selon Darling-Hammond et al. (2017) et les résultats de l'étude *The Mirage* (2015), les enseignants doivent profiter d'un accompagnement et du soutien d'un expert pour les informer sur les pratiques efficaces fondées sur des données probantes et axées directement sur les besoins individuels de chacun d'entre eux. Si le formateur ne connaît pas les besoins du groupe d'enseignants, peu importe les stratégies qu'il emploie, les enseignants vont accumuler des connaissances par-dessus celles qu'ils avaient, sans être en mesure de les mettre en pratique (Snow-Renner et Lauer, 2005 dans Darling-Hammond et Richardson, 2009).

En effet, les enseignants sont aussi des apprenants alors « si notre objectif est d'aider les étudiants à devenir des apprenants tout au long de la vie en cultivant l'aspiration au questionnement et la capacité d'investigation, nous devons fournir les mêmes conditions aux enseignants » (Sergiovanni, 1996, p. 152). Afin qu'il puisse rester dans sa ZPD, l'enseignant a besoin que la formation lui offre du contenu qu'il comprend, mais qui est assez enrichissant pour l'intéresser, comme le suggèrent Guskey (2000) et Darling-Hammond et al. (2017). Ce contenu s'appuie sur les expériences et connaissances antérieures de chacun (Bednarz, 1987). Il faut donc avoir une compréhension approfondie de leurs expériences afin de leur offrir du soutien qui leur convient.

Rosenshine (1986) rappelle que, durant une formation, il faut que le formateur accompagne les apprenants dans leurs pratiques en leur offrant les rétroactions nécessaires pour éviter qu'ils internalisent des erreurs. Ce critère apparaît aussi dans les résultats de l'étude de Darling-Hammond et al. (2017). Ensuite, le formateur diminue le soutien jusqu'à ce qu'il s'aperçoive que les apprenants sont devenus capables, seuls, de mettre en œuvre la nouvelle pratique

(Rosenshine, 1986). Durant les activités de groupe, nous estimons que les discussions doivent être dirigées pour cibler des contenus qui répondent aux besoins des enseignants et tenir compte de leurs expériences. Toutefois, ce soutien doit être étudié et ne doit pas constituer un obstacle face à l'émergence du regard professionnel afin que les enseignants puissent avoir l'espace pour discerner les éléments dans leurs pratiques et celles de leurs collègues et en discuter comme suggéré par Guskey (2009).

Aussi, les intentions derrière le travail collaboratif et les discussions en groupe doivent être claires dès le début (Hattie, 2008 ; Marzano, 1998 ; Leclerc et Labelle, 2013, CSÉ, 2014). Si l'intention est d'acquérir des savoirs disciplinaires sur des concepts mathématiques spécifiques par exemple, les discussions doivent cibler ce besoin. Par contre, si l'intention est d'intégrer les trois dimensions du TPaCK, les discussions devraient porter sur les trois dimensions simultanément, comme l'illustre l'exemple *Learning by design* de Miller et al. (2009) et Hofer et Harris (2010). Nous avons expliqué les effets d'une telle formation dans la section 2.5.4, que nous avons consacrée aux stratégies relatives au TPaCK.

Dans l'étude de Doppelt et al. (2009) portant sur l'évaluation de l'impact d'une communauté d'apprentissage sur la pratique des enseignants et la réussite des élèves, les participants ont été répartis en trois groupes. Dans le premier groupe constitué de 5 enseignants et 405 élèves, les enseignants ont continué à suivre le programme de sciences de 8<sup>e</sup> année, déjà en place. Dans le deuxième groupe, constitué de 5 enseignants et 274 élèves, les enseignants ont adopté le nouveau programme sans avoir suivi de formation. Dans le troisième groupe, constitué de 13 enseignants et 977 élèves, les enseignants ont suivi une formation et ont adopté le nouveau programme. Durant la formation, les enseignants ont participé à des rencontres en groupes où ils ont réfléchi aux activités à mettre en œuvre dans leurs classes et discuté de leurs pratiques pédagogiques. Plus précisément, les enseignants ont participé à cinq séances de formation d'une durée de quatre heures chacune. Deux séances ont eu lieu avant que les enseignants ne mettent en œuvre la pratique en classe et deux séances ont eu lieu pendant la mise en œuvre des pratiques en classe. La dernière séance a eu lieu à la fin, afin d'amener les enseignants à faire une réflexion finale sur les quatre séances précédentes et la mise en œuvre en classe. Durant les cinq séances, les enseignants ont reçu un soutien continu et ciblé pour répondre à leurs

préoccupations. Les enseignants participaient aux séances de formation en tant qu'étudiants, ce qui a permis de mettre l'emphase sur leurs apprentissages et de les engager dans le même processus que celui de leurs élèves. Les enseignants ont été invités à réfléchir à cette expérience dans une perspective pédagogique. Les ateliers ont également permis aux enseignants de partager leurs idées avec leurs collègues dans un cadre de collaboration et sans jugement.

Les élèves dont les enseignants ont suivi cette formation ont eu des résultats scolaires plus élevés ( $M = 0,49$ ) que ceux dont les enseignants n'avaient pas suivi de formation ( $M = 0,40$ ) avec une taille d'effet de 1,17. Les élèves des enseignants qui ont poursuivi le programme de science déjà en place ont obtenu une moyenne de 0,44, supérieure à celle des élèves des enseignantes qui n'ont pas suivi de formation, mais inférieure à celle du groupe des enseignants qui ont suivi une formation. Ces résultats suggèrent que le développement professionnel est un facteur important et nécessaire pour que la réforme du programme ait un impact positif sur les résultats des élèves. Les résultats suggèrent aussi que la combinaison des caractéristiques efficaces d'une formation professionnelle est susceptible d'avoir un impact sur les résultats et que pour observer des effets positifs sur l'apprentissage des élèves, il faut que les enseignants suivent des formations où ils sont accompagnés de manière réfléchie à intégrer les nouvelles pratiques. Toutefois, cette étude ne nous donne pas de détails sur le type de rétroactions offertes, la base des observations et la direction des réflexions partagées durant les activités de formation. Par ailleurs, nous n'avons pas d'information sur le rôle précis du formateur dans ce processus.

L'étude de Kleickmann et al. (2016) nous donne plus de détails à cet égard et présente des résultats similaires à ceux de Doppelt et al. (2009). Les chercheurs ont comparé trois groupes de 18 enseignants de sciences au secondaire. Dans le premier groupe, 18 enseignants ont reçu des formations animées par un expert qui offrait du soutien. Dans le deuxième, 18 enseignants ont participé à des formations où le soutien était moins présent que dans le premier groupe. Dans le troisième groupe, 18 enseignants n'ont pas reçu de soutien d'experts ; ils ont uniquement reçu le matériel pédagogique. Il y avait aussi un groupe contrôle de neuf enseignants qui n'ont pas reçu de formation, mais ont rempli des questionnaires. Dans cette étude, le formateur joue le rôle de l'animateur expert du groupe qui dirige les conversations et accentue les éléments clés de la discussion. En fonction du prétexte, il faisait valoir les savoirs disciplinaires, pédagogiques ou

relatifs aux ressources utilisées. Ensuite, il provoquait une réflexion chez les enseignants pour les pousser à faire le lien entre les trois types de savoirs lors de la planification de la leçon. Les élèves avaient de meilleurs résultats scolaires quand leurs enseignants avaient accès à la combinaison des modèles et du soutien d'experts et qu'ils pouvaient collaborer avec leurs pairs pour réfléchir sur les nouvelles pratiques. Un écart-type de 0,78 dans les résultats des élèves a été observé entre le groupe d'élèves dont les enseignants ont reçu une formation avec soutien et ceux dont les enseignants n'ont pas eu de formation. Ces résultats permettent de mieux comprendre l'apport d'un soutien par des experts dans le cadre d'une formation.

#### **2.5.6.4 Travail d'analyse de pratiques**

Afin d'évaluer l'impact d'un dispositif de développement professionnel dans lequel sont mises en place une ou plusieurs des caractéristiques présentées dans cette section, Guskey (2000) propose un modèle d'évaluation du développement professionnel en 5 niveaux. Le niveau 1 consiste à mesurer les réactions des participants face à un dispositif de développement professionnel à l'aide de questionnaires de satisfaction ou des groupes de discussion pour recueillir des commentaires sur l'expérience de l'apprenant. Le niveau 2 consiste à mesurer le niveau d'acquisition de connaissances et de développement des compétences des participants à l'aide de tests de connaissances ou des évaluations de compétences avant et après la formation. Le niveau 3 consiste à mesurer le soutien de l'organisation quant à l'utilisation des nouvelles connaissances et des compétences acquises par les participants. Pour ce faire, des observations ou des questionnaires peuvent être menés auprès des collègues ou des superviseurs. Le niveau 4 concerne l'utilisation en classe par les enseignants des nouvelles connaissances et habiletés apprises. Afin de réaliser cette évaluation de façon précise, Guskey (2000) suggère de faire des observations sur le terrain soit en personne ou à travers des documentations sur vidéo. Finalement, le niveau 5 concerne les retombées pour les élèves en lien avec les savoirs et les stratégies acquis pendant la formation. C'est un travail d'analyse de pratiques centré sur les apprentissages des élèves que nous retrouvons aussi dans Sherin et Van Es (2009). Il vise à évaluer l'impact que cette mise en œuvre, entre autres, sur les apprentissages des élèves. Ces informations peuvent être obtenues à travers l'analyse des résultats des élèves ou de leurs comportements lors du travail sur des activités d'apprentissage en classe.

Dans cette recherche, nous nous intéressons particulièrement aux niveaux 4 et 5 de la démarche de Guskey (2000) puisqu'un de nos objectifs est de mettre en œuvre un dispositif de développement professionnel et d'analyser sa contribution au développement de pratiques efficaces. Les caractéristiques des dispositifs de développement professionnel efficaces décrites à la section 2.5.1 et de celles des cercles pédagogiques décrites à la section 2.5.5, nous ont servi de base afin de développer une méthodologie qui se caractérise par une séance de familiarisation avec le dispositif en amont, de nombreux essais en classe, une documentation des pratiques pédagogiques et du travail des élèves et des échanges en cercles pédagogiques. Ces échanges avaient pour objectif d'essayer de développer des pratiques pédagogiques et des activités d'apprentissage avec l'aide de la modélisation de celles-ci par une collègue ou une autre personne experte. Ils sont basés sur des analyses d'un nombre d'essais documentés sur vidéos, de l'appropriation des ressources numériques préalablement sélectionnées et des observations des effets sur les apprentissages des élèves. Dans notre étude, nous retrouvons aussi, dans la planification des séances et dans l'intégration des ressources numériques et des activités d'apprentissage, le volet *learning by design* mis en place par Miller et Borowicz (2007) et de Hoffer et Harris (2010).

## **2.6 Objectifs de la recherche**

Nous avons présenté dans ce chapitre les difficultés liées à la compréhension du concept de fraction. Nous avons ensuite décrit les principes pédagogiques retenus pour favoriser les apprentissages des élèves et les pratiques pédagogiques qui les sous-tendent. Puis, nous avons examiné les caractéristiques des ressources éducatives numériques pour soutenir ces principes. Nous avons conclu avec les composantes d'un dispositif de développement professionnel susceptible de soutenir le développement des pratiques pédagogiques.

Comme nous l'avons mentionné dans la problématique, notre question de recherche porte sur l'intégration des pratiques pédagogiques et des usages des ressources numériques afin de soutenir l'apprentissage de tous les élèves. Elle se présente ainsi : comment les enseignants intègrent-ils des pratiques pédagogiques efficaces et des ressources numériques en classe pour favoriser l'apprentissage de tous dans le contexte de l'apprentissage du concept de fraction ?

Pour y répondre, notre objectif principal est de mieux comprendre le processus d'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques en classe afin de favoriser une meilleure exploitation de ces ressources pour soutenir les apprentissages de tous les élèves dans le contexte de l'apprentissage du concept de fraction.

Pour ce faire, deux objectifs spécifiques sont ciblés, soit :

Objectif spécifique 1 : Décrire le développement des pratiques pédagogiques et le processus d'intégration des ressources numériques pour soutenir la mise en œuvre des quatre principes pédagogiques ciblés lorsqu'un dispositif de développement professionnel jumelant un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation est mis en œuvre.

Objectif spécifique 2 : Décrire l'effet de la mise en œuvre progressive des pratiques pédagogiques associées aux quatre principes ciblés soutenus par l'intégration de ressources numériques sur la démarche et le processus d'apprentissage du concept de fraction par les élèves.

## Chapitre 3 – Méthodologie

Pour répondre à notre objectif visant à mieux comprendre le processus d'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques en classe afin de favoriser une meilleure exploitation de ces ressources pour soutenir les apprentissages de tous les élèves dans le contexte de l'apprentissage du concept de fraction, ce chapitre présente tout d'abord la nature de notre recherche. Nous présentons ensuite les étapes de sa planification incluant le choix des critères de sélection des participants et des ressources numériques mises en œuvre ainsi que celui du modèle de formation. Dans un troisième temps, nous décrivons le déroulement des activités en classe et des rencontres en cercles pédagogiques. Nous justifions également le choix des instruments de collecte de données utilisés et leurs liens avec nos objectifs de recherche. Dans un quatrième temps, nous décrivons la procédure de traitement et d'analyse de données. Nous terminons par une présentation des forces, des limites et des considérations éthiques liées à notre recherche.

Rappelons que notre question de recherche principale est : comment les enseignants intègrent-ils des pratiques pédagogiques et des ressources numériques en classe pour favoriser l'apprentissage de tous dans le contexte de l'apprentissage du concept de fraction ?

### 3.1 Nature de la recherche

Notre recherche a une double finalité. Notre premier sous-objectif de recherche est de décrire le développement des pratiques pédagogiques et le processus d'intégration des ressources numériques pour soutenir la mise en œuvre des quatre principes pédagogiques ciblés lorsqu'un dispositif de développement professionnel qui intègre un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation est mis en œuvre. Notre deuxième sous-objectif est de décrire l'effet de la mise en œuvre progressive des pratiques pédagogiques associées aux quatre principes ciblés soutenus par l'intégration de ressources numériques sur la démarche et le processus d'apprentissage du concept de fraction par les élèves.

Nous voulons observer les pratiques pédagogiques, ainsi que la démarche et le processus d'apprentissage des élèves dans des contextes réels de classes au primaire où ces derniers ont accès à des tablettes numériques. Nous voulons aussi étudier l'apport d'un dispositif spécifique



de développement professionnel, le cercle pédagogique, pour soutenir le développement des pratiques des enseignants et l'intégration de ressources numériques.

Nous avons choisi de mener une recherche-action avec une analyse qualitative afin de permettre aux enseignants de participer à l'amélioration de leur pratique à travers leurs propres expériences et celles de leurs collègues, dans le contexte réel de leurs classes (Karsenti et Savoie-Zajc, 2011). Cette approche offre aux enseignantes l'opportunité de faire de multiples essais (Darling-Hammond et Richardson, 2009), de voir l'impact de leurs pratiques sur les apprentissages de leurs élèves (Guskey, 2009) et de travailler à développer ces pratiques tout en restant dans un contexte familier. Elle est adaptée à nos objectifs de recherche puisque nous avons invité les enseignantes à mettre en œuvre des pratiques pédagogiques avec des ressources éducatives numériques et nous les avons accompagnées pendant les cercles pédagogiques pour tenter de discerner les effets des activités d'apprentissage et de préciser leurs pratiques. Par extension, ces interventions nous ont permis, ainsi qu'aux enseignantes participantes, de mieux comprendre le processus d'intégration des pratiques pédagogiques dans un contexte réel (Fortin et Gagnon, 2022).

Cette recherche-action est basée sur l'observation et la documentation sur vidéo des pratiques pédagogiques, de l'intégration des ressources numériques, du processus et de la démarche des élèves. Elle fournit un cadre qui nous permet d'explorer les activités d'apprentissage et les interactions entre les enseignantes, les élèves et les ressources utilisées (Fortin et Gagnon, 2022). Elle permet de découvrir et d'interpréter les événements observés (Merriam, 1998). Elle est donc pertinente pour répondre à nos objectifs de recherche, d'autant plus que, dans notre étude, les enseignantes ont planifié elles-mêmes les activités d'apprentissage et les pratiques pédagogiques qu'elles privilégient. Nous n'avons pas contrôlé ou approuvé les activités ou les pratiques. Notons que nous n'avons pas documenté le travail de planification qu'ont pu faire les enseignantes entre chaque rencontre en cercle pédagogique et le travail en classe qui l'a suivi.

Dans cette étude, nous avons eu, comme chercheuse, une interaction avec les enseignantes. Nous avons collaboré et participé activement à la recherche. La construction du savoir s'est déroulée dans deux contextes, soit en classe et dans les cercles pédagogiques. Les enseignantes y ont participé et mis en œuvre leurs propres activités d'apprentissages en classe au moment qu'elles estimaient approprié en fonction de la progression de leurs élèves. Notre recherche se situe donc

dans un paradigme socioconstructiviste où existe un processus d'interaction entre la chercheuse et les enseignantes qui participent à la recherche ainsi qu'entre elles et l'environnement, notamment les élèves et les ressources utilisées (Fortin et Gagnon, 2022).

Nous avons animé les cercles pédagogiques pendant lesquels notre rôle principal était de faire des observations et de soutenir les échanges entre les enseignantes en portant une attention particulière à l'intégration des ressources numériques en classe. En raison de son expérience en animation de cercles pédagogiques, le directeur de recherche nous accompagnait quelques fois et prenait la même posture que nous, soit celle d'animateur lors des rencontres en cercle pédagogique. Nous avons choisi d'adopter ces postures afin de donner aux enseignantes la posture d'expertes et accroître leur engagement tout en leur permettant de s'exprimer librement.

Comme faisant partie du dispositif de formation, nous avons offert aux enseignantes la possibilité d'avoir du soutien technique, de la modélisation ou du coenseignement (Darling-Hammond et al., 2017). Elles en ont profité puisqu'à certains moments dans les rencontres, elles ont exprimé le besoin d'avoir du soutien ou une modélisation de la tâche ou du travail avec la ressource. Pour répondre à ce besoin, dans le cadre de l'activité 3 de l'enseignante A, le directeur de recherche a modélisé l'usage de *Nearpod* en raison de son expertise avec cet outil numérique. À la demande des enseignantes, la chercheuse a coenseigné avec l'enseignante B lors de la quatrième activité et a fait une modélisation dans la classe C lors de la quatrième activité également. Afin de rassurer les enseignantes dans l'utilisation des ressources numériques, la chercheuse était présente en classe pour offrir un soutien technique pendant les activités 1 à 4, pour aider avec l'installation du matériel et pour résoudre les problèmes techniques qui pouvaient survenir.

Nous avons pu assister en personne à toutes les activités. Nous avons aussi documenté sur vidéo le travail des enseignantes et des élèves en grand groupe ainsi que le travail des élèves individuellement ou en équipes de deux dans les ressources numériques. Cela nous a permis de vivre l'expérience et nous a aidée à nous familiariser davantage avec le contexte et à faire des observations plus précises et mieux fondées que si nous nous étions seulement basés sur les vidéos (Fortin et Gagnon, 2022).

### 3.2 Participants

Afin de planifier notre recherche, nous avons d'abord précisé les critères de sélection des participants. Dans ce qui suit, nous décrivons dans un premier temps le processus de recrutement et de sélection des participants. Rappelons que nous avons choisi le contexte de l'enseignement et de l'apprentissage du concept de fraction au primaire et qu'il s'agit d'un concept essentiel pour de nombreux apprentissages ultérieurs, mais qui peut engendrer des difficultés aux élèves. De plus, nous avons pu identifier des ressources numériques qui répondent aux caractéristiques que nous avons décrites à la section 2.4. C'est pourquoi nous avons privilégié les classes de 4<sup>e</sup> année du primaire, car c'est entre la 3<sup>e</sup> année et la 5<sup>e</sup> année que les élèves acquièrent des connaissances relatives au concept de fraction. Les élèves ont alors de 9 à 10 ans et l'application *Slice Fractions* sélectionnée pour cette étude est conçue pour les élèves de 6 à 12 ans. Plus précisément, le curriculum du 2<sup>e</sup> cycle (3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> année) intègre les concepts que les élèves doivent mobiliser pour résoudre les problèmes proposés par l'application (MEQ, 2017) soit, notamment, la lecture, l'addition et la soustraction de fractions. En 3<sup>e</sup> année, les élèves acquièrent des connaissances de base sur le concept de fraction qu'ils peuvent ensuite mobiliser en 4<sup>e</sup> année. Le choix de ce niveau nous permet également d'observer l'apport de l'application auprès d'élèves ayant des connaissances plus embryonnaires sur les fractions.

Les participantes à cette étude constituent un échantillon de convenance et ont été sélectionnées parce qu'ils répondent aux critères de sélection suivants : être enseignant en 4<sup>e</sup> année dans une école primaire au Québec, avoir un intérêt pour l'intégration de ressources numériques en classe ainsi que l'intérêt et la disponibilité pour participer à un cercle pédagogique. Nous avons contacté des conseillers pédagogiques en mathématiques pour qu'ils puissent cibler des groupes d'enseignants potentiellement intéressés. Nous avons aussi contacté des directions d'école afin qu'elles valident l'intérêt de ces enseignants pour ensuite organiser une présentation des intentions et des modalités ainsi que des gains potentiels associés à leur participation.

Nous avons obtenu le consentement de 3 enseignantes (voir Annexe 22). Pour des raisons de confidentialité, nous les nommerons A, B et C (voir Tableau 3). Nous avons donc trois groupes : la classe de l'enseignante A, la classe de l'enseignante B et la classe de l'enseignante C. Cet échantillon convient pour notre recherche parce que, dans cette étude de cas, notre but n'est pas

de choisir un échantillon représentatif de la population, mais de sélectionner quelques participants et de faire une analyse approfondie des observations (Miller, 2007). Nous avons inclus dans notre échantillon les élèves des trois enseignantes sélectionnées (voir Tableau 3) et nous avons retenu ceux dont les parents ont donné leur consentement pour que leur enfant participe à la recherche (voir Annexe 21). Les autres élèves ont fait les mêmes activités, mais leurs interventions et leur travail n'ont pas été documentés ni utilisés pour la collecte de données. Les élèves participants ont déjà acquis quelques connaissances sur le concept de fraction, lesquelles sont mises à contribution dans les premiers niveaux de l'application *Slice Fractions*. Ils n'ont toutefois pas encore abordé la notion d'addition ou de soustraction de fractions avec leurs enseignantes respectives.

**Tableau 3**  
Détail des consentements par classe

Consentement	Classe A	Classe B	Classe C
Consentement pour être filmé en classe	19 élèves	18 élèves	16 élèves
Consentement pour enregistrer leurs écrans pendant le travail dans <i>Slice Fractions</i>	19 élèves	19 élèves	16 élèves
Consentement pour réaliser le test	20 élèves	20 élèves	18 élèves

Nous avons choisi de présenter dans les résultats le travail des élèves dont le raisonnement à voix haute pendant le travail sur la tâche était accessible sur les documentations sur vidéo et auprès de qui l'enseignante est intervenue au moins une fois pendant les activités. Parmi eux se retrouvent des élèves qui ont des niveaux variés de compréhension du concept de fractions. Au total, nous avons sélectionné six élèves. Selon leurs enseignantes, trois de ces élèves présentent des difficultés liées aux fractions, deux ont un niveau moyen et ne présentent pas de difficultés marquées dans ce domaine et une possède des connaissances plus développées. Afin de conserver l'anonymat, nous les avons nommés A1, A2, B1, B2, C1 et C3. C'est cette nomenclature que nous utiliserons dans l'ensemble de la thèse. Le tableau 4 ci-dessus présente cette répartition.

**Tableau 4**  
Portrait des élèves dans les trois classes

Élève	Genre	Classe	Niveau de compréhension du concept de fractions
A1	Fille	A	Présentant des difficultés
A2	Garçon	A	Ne présentant pas de difficultés particulières
B1	Fille	B	Ne présentant pas de difficultés particulières
B2	Fille	B	Ayant des connaissances plus développées
C1	Fille	C	Présentant des difficultés
C3	Fille	C	Présentant des difficultés

Les trois enseignantes travaillent dans une même école privée à Montréal. Cet établissement accueille une clientèle mixte d'environ 370 élèves chaque année, de la maternelle 5 ans à la 6<sup>e</sup> année. Leurs conditions socioéconomiques et leur appartenance culturelle sont variées. En raison du statut de l'école, une proportion élevée provient d'un milieu aisé. Cette école compte 20 enseignants, dont 3 en 4<sup>e</sup> année. Les classes sont équipées d'un tableau blanc interactif (TNI) (voir Tableau 5).

**Tableau 5**  
Présentation des participants

École	Classe	Enseignants	Élèves
École privée à Montréal	2 <sup>e</sup> année du 2 <sup>e</sup> cycle du primaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enseignante A possède moins de 5 années d'expérience</li> <li>- Les enseignantes B et C ont plus de 10 années d'expérience</li> </ul>	Les élèves dont les parents ont donné leur consentement dans les trois classes

Les enseignants ont accès à un budget qui leur permet d'acheter du matériel scolaire. Les trois enseignantes participantes à l'étude ont accès à un ordinateur portable et à un chariot de tablettes iPad. Deux des trois enseignantes avaient aussi déjà commandé et reçu une caméra

document pour leur classe. Pour que les élèves puissent parcourir l'ensemble du jeu, plusieurs tablettes numériques étaient disponibles à l'école. Nous avons également pu fournir des tablettes supplémentaires grâce à un prêt de la Faculté des Sciences de l'éducation de l'Université de Montréal, ce qui a permis d'organiser une période de travail par élève, environ une fois toutes les deux semaines.

À l'instar de la recherche de Sherin et Van Es (2009) portant sur le développement professionnel dans des communautés de pratique, décrite à la section 2.5.6, les enseignantes ont volontairement accepté de participer à la démarche de développement professionnel ainsi qu'au travail de documentation sur vidéo en classe. Nous reconnaissons que cela engendre un biais, car les enseignantes qui ont accepté de participer sont peut-être déjà ouvertes à l'idée d'intégrer des ressources numériques dans leurs classes et de participer à des cercles pédagogiques. Elles ont reçu des iPads dans leur école quelques mois avant la recherche et ont déjà participé à une communauté de pratique. Nous n'avons pas de détails quant au déroulement des rencontres dans la communauté de pratique à laquelle elles ont participé auparavant. Seule l'enseignante A était déjà familière avec *Slice Fractions*, mais ne l'avait jamais explorée en classe. Les trois enseignantes utilisaient des ressources numériques en classe de temps en temps. Toutefois, les ressources numériques qu'elles employaient ne sont pas de la même nature que *Slice Fractions*. Elles servaient à évaluer les élèves, à créer un portfolio de classe et à inviter les élèves à créer et à présenter du contenu.

### **3.3 Choix des applications**

Pour l'expérimentation, nous avons choisi l'application *Slice Fractions*, car elle regroupe les caractéristiques ciblées à la section 2.4 soit la résolution de défis qui s'apparentent à des problèmes mathématiques, la progression dans les niveaux, le *concreteness fading*, la répartition claire des concepts à travers les différents niveaux et des rétroactions immédiates. De plus, cette application permet de présenter plusieurs sous-concepts de la notion de fraction, étudiés au primaire. Par ailleurs, elle permet de répondre aux principes pédagogiques examinés. Enfin, elle est disponible en français puisqu'elle a été conçue au Québec.

De plus, lors des cercles pédagogiques, la ressource numérique *Neaprod* a été évoquée dans les discussions, car elle présente des fonctionnalités qui peuvent répondre à des besoins qu'ont partagé les enseignantes. Ayant discerné son potentiel, l'enseignante A a pris la décision de l'explorer dans son activité 2, en plus de *Slice Fractions*. Après avoir observé les effets sur les apprentissages de ses élèves, elle a poursuivi le travail avec cette application dans ses activités 3 et 4. Son expérience semble avoir influencé les enseignantes B et C qui ont quant à elles intégré cet outil dans leurs activités 4. Rappelons que ce sont les enseignantes qui ont décidé des activités et qui les ont conçues. Nous présenterons donc ces éléments dans le chapitre 4, car ils font partie des résultats de notre recherche.

Dans cette section, nous présenterons et justifierons le choix de l'application *Slice Fractions* que nous avons analysée au préalable et sélectionnée pour cette recherche. Nous présenterons également l'application *Nearpod* afin de donner une idée des fonctionnalités qu'elle offre, car les échanges dans les cercles pédagogiques ont amené les enseignantes participantes à choisir de l'utiliser dans certaines activités en plus de *Slice Fractions*.

#### *Description de l'application Slice Fractions*

Nous avons déjà présenté brièvement l'application *Slice Fractions* à travers des exemples dans les chapitres précédents. La présente section décrit l'application de façon plus détaillée afin de mettre l'accent sur les principes pédagogiques qu'elle peut soutenir.

*Slice Fractions* (voir Figure 6) est défini par ses concepteurs comme étant un jeu qui vise à familiariser les élèves avec le concept de fraction à travers la résolution de problème. Cette application contient des aspects ludiques comme les récompenses, la progression dans les niveaux et un personnage fictif animé, le tout dans un but éducatif. Elle est divisée en 6 niveaux, chaque niveau ciblant une intention d'apprentissage précise. Il est constitué de plusieurs défis organisés par degré de difficulté allant de 0 à 3. L'objectif est de diviser correctement les cubes de glace ou de lave pour se débarrasser des obstacles sur le sol afin de libérer la voie pour le personnage, un mammouth dans le cas présent.

L'application se caractérise par la qualité de ses représentations visuelles riches et plus variées que celles que nous pouvons retrouver en classe. Elle offre, par exemple, des situations où l'élève

doit découper des formes triangulaires pour représenter une fraction tandis qu'en classe, on retrouve souvent des représentations des fractions sous forme de cercle ou de rectangle à découper, mais rarement des triangles (Neagoy, 2017). Ces représentations répondent aux comportements naturels des objets que les élèves sont appelés à manipuler. Elles sont concrètes dans les premiers niveaux et deviennent de plus en plus abstraites en avançant dans les niveaux. Cette évolution des représentations illustre le concept du *concreteness fading*. Les élèves peuvent apprendre de leurs erreurs et avancer à leur rythme. Les concepteurs proposent aussi que les élèves travaillent à deux pour communiquer entre eux et apprendre à verbaliser leurs démarches de résolution de problème.

**Figure 6**  
Exemples des sens d'une fraction dans Slice Fractions.



Note. Tiré du site [ululab.com](http://ululab.com)

Les actions requises pour résoudre le problème sont des manipulations d'objets virtuels basées sur un raisonnement mathématique. Le joueur doit réaliser un raisonnement mathématique pour déterminer la ou les parties des morceaux de glace, par exemple, qu'il doit laisser tomber pour faire fondre toute la lave qui est sur le sol. Ensuite, il doit toucher les bulles pour laisser tomber la glace. Si son raisonnement n'est pas exact, il risque de faire tomber plus de glace que nécessaire, bloquant ainsi le chemin du personnage. Il peut donc voir immédiatement l'effet de ses actions, ce qui lui donne des indices sur l'exactitude de son raisonnement ou les limites de ses représentations. Dans certains niveaux, l'application identifie pour l'élève avec les lignes qu'il faut qu'il suive pour couper les blocs afin de faire tomber les portions requises. Dans certains cas, si, au bout de trois essais, il ne réussit pas, l'application montre à l'élève le prochain mouvement à faire. Dans d'autres cas, au bout de quelques essais, les bulles se transforment en pierres. Ainsi



le bloc de glace y restera attaché, peu importe l'action que choisit de faire l'élève. En éliminant un choix d'action, l'application facilite la prise de décision.

Ce genre de rétroaction est aussi bénéfique pour l'enseignant qui observe les manipulations des élèves. Il peut voir les actions que le joueur exerce et se baser sur ses observations pour lui demander d'expliquer sa démarche, de verbaliser son raisonnement et de se questionner pour voir comment corriger son erreur et réussir à progresser dans les niveaux.

### *Analyse des tâches dans Slice Fractions*

Pour jouer, les enfants n'ont pas besoin de connaître formellement le concept de fraction. Ils apprennent à l'exploiter au fur et à mesure en réalisant les défis proposés aux différents niveaux. Il y a une progression entre les niveaux qui suscite une construction non formelle du concept et qui permet aux élèves de réaliser les tâches en mobilisant les connaissances acquises aux niveaux précédents ; un élève ne pourrait pas débiter à un niveau supérieur s'il n'a pas préalablement développé son concept de fraction dans un autre contexte. Cette progression permet de situer les élèves dans leur ZPD à tout moment, sauf s'ils rencontrent un problème qu'ils ne parviennent pas à résoudre auquel cas le soutien de l'enseignant est requis. Aux premiers niveaux, ils s'exercent, par exemple, à diviser un groupe en ensembles égaux. Nous ferons une analyse des différents niveaux présentés dans les paragraphes suivants.

Dans *Slice Fractions*, à travers une série de défis, le joueur apprend à découper des formes et à les diviser en parties égales. Le niveau de difficulté varie. Parfois, les blocs ont des lignes de coupe prédéfinies tandis que d'autres présentent un motif avec des ciseaux pour indiquer qu'ils peuvent être tranchés librement. Le joueur apprend ensuite à comparer les blocs de glace et les blocs de lave à un ensemble commun et à interpréter la valeur de la fraction cachée derrière la fumée (voir Figure 10). En associant la représentation visuelle d'une fraction à son symbole correspondant, le joueur apprend à lire et à interpréter le numérateur et le dénominateur d'une fraction.

Dans une autre série de défis, le joueur renforce sa compréhension du dénominateur en explorant différentes façons de diviser un tout en parties égales. Dans la deuxième partie du niveau 3, le joueur s'entraîne à couper un cercle en demi, quarts et huitièmes, et à additionner les morceaux coupés pour obtenir la fraction demandée. Ensuite, il apprend à comparer les fractions qui ont

des numérateurs ou des dénominateurs différents, afin de déterminer laquelle représente la plus grande quantité et dans quelle proportion. Le joueur manipule ensuite des fractions aux dénominateurs différents pour décider si elles sont équivalentes. En s'exerçant avec différents niveaux, l'élève développe sa compétence à reconnaître des fractions équivalentes. Il apprend également à placer les fractions en ordre croissant selon la taille, en se basant uniquement sur la valeur de leur numérateur et leur dénominateur. Dans les derniers niveaux, le joueur déduit la valeur des parties d'un ensemble à partir de l'information affichée. Finalement, le joueur choisit les fractions à soustraire pour obtenir la fraction demandée.

**Figure 7**  
Exemple d'un défi dans Slice Fractions


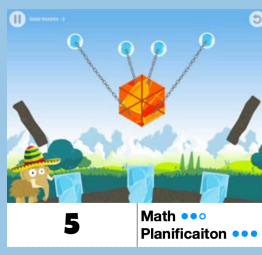
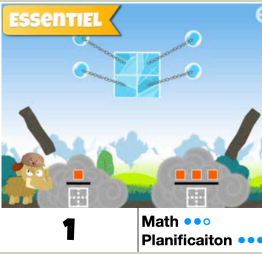




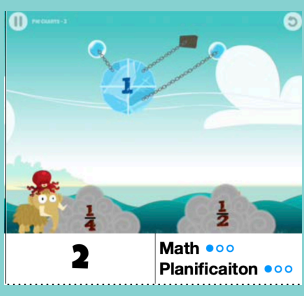
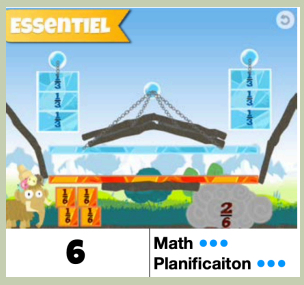
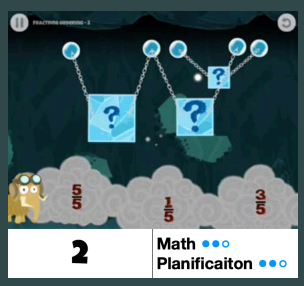

### *Sens des fractions dans Slice Fractions*

Notre analyse du jeu suggère que *Slice Fractions* est cohérente avec les intentions visées par le Programme de Formation de l'École Québécoise (PFEQ, 2009) (voir Tableau 6).

**Tableau 6**

Cohérence entre les niveaux de Slice Fractions et les intentions du PFEQ (2009)

Intention visée dans le PFEQ en lien avec les fractions	Exemple de niveau dans <i>Slice Fractions</i>
Reconnaître des fractions se rapportant à des éléments du quotidien (représentations concrètes ou imagées)	
Représenter une fraction de différentes façons à partir d'un tout ou d'une collection	
Associer une fraction à une partie d'un tout (parties isométriques ou parties équivalentes) ou d'un groupe d'objets et vice versa	
Reconnaître différents sens de la fraction (partage, division, rapport)	
Lire et écrire une fraction	

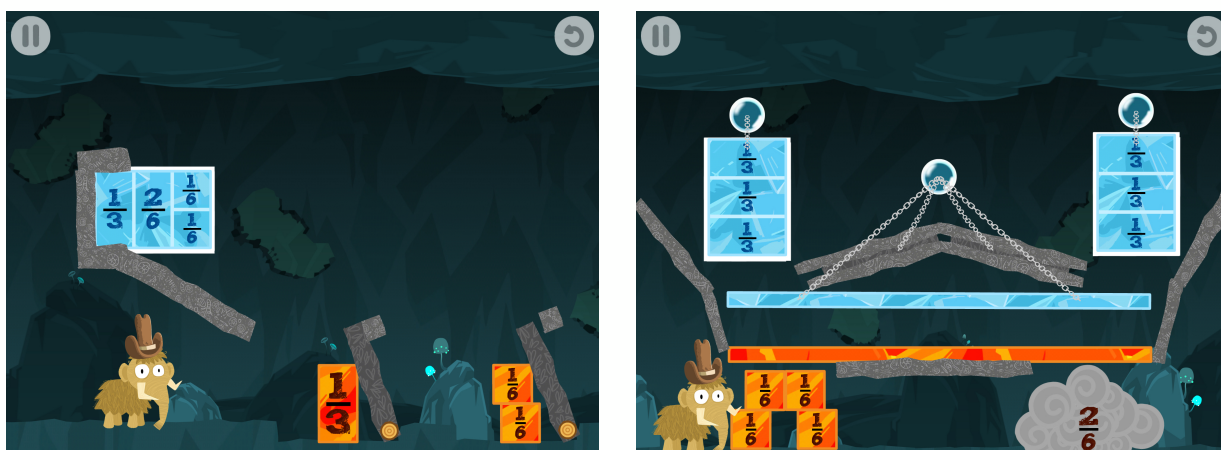
Intention visée dans le PFEQ en lien avec les fractions	Exemple de niveau dans <i>Slice Fractions</i>
Comparer une fraction à 0, à $1/2$ ou à 1	
Vérifier l'équivalence de deux fractions	
Ordonner des fractions ayant un même dénominateur	
Ordonner des fractions, le dénominateur de l'une étant un multiple de l'autre (ou des autres)	

Cette application aborde également trois des cinq sens des fractions qu'il faut maîtriser au primaire (voir Section 2.1) soit la partie d'un tout, l'opérateur et la mesure. Dans *Slice Fractions*, le jeu présente des situations qui permettent de comprendre qu'une fraction peut désigner la relation entre un tout et un nombre de ses parties en se basant sur le concept d'équivalence des surfaces. Par exemple, au niveau 4 (voir Figure 8), les élèves sont invités à comparer les fractions.

Aux défis 10 à 18, l'intention est de comprendre la définition de fractions équivalentes. Plus précisément, au défi 13 (voir Figure 8), les élèves doivent faire tomber  $2 \times \frac{1}{6}$  pour obtenir  $\frac{1}{3}$ . Ensuite, ils doivent faire tomber  $\frac{2}{6}$  pour annuler  $\frac{1}{6} + \frac{1}{6}$ . Dans ce défi, les élèves n'ont pas le choix que de faire tomber les morceaux présents, mais ceci les familiarise avec la possibilité que les deux fractions soient équivalentes.

**Figure 8**

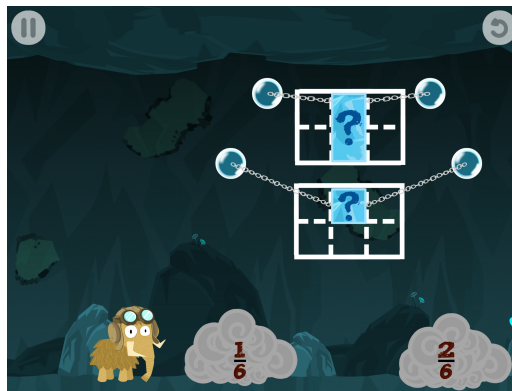
Slice Fractions: Niveau 4, défis 13 et 14



Dans le défi suivant, la tâche se complexifie. L'élève doit trouver combien y a-t-il de  $\frac{1}{3}$  dans  $4 \times \frac{1}{6}$  et combien y a-t-il de  $\frac{1}{3}$  dans  $\frac{2}{6}$  (voir Figure 12). L'intention est de l'amener à comprendre que  $2 \times \frac{1}{3} = 4 \times \frac{1}{6}$  et que  $\frac{1}{3} = \frac{2}{6}$ .

Au niveau 4, plus précisément dans les défis 1 à 9, l'intention est de comprendre qu'une fraction peut prendre le sens d'un opérateur et est  $x$  fois plus grande qu'une autre. Dans le défi 3 (voir Figure 9), par exemple, nous avons  $\frac{1}{6}$  d'un côté et  $\frac{2}{6}$  de l'autre. À travers des représentations visuelles et des manipulations, l'élève comprend que  $\frac{2}{6} = 2 \times \frac{1}{6}$ .

**Figure 9**  
Slice Fractions: Niveau 4, défi 3



Comme mentionné à la section 2.1, dans le niveau 4, défi 20, l'élève comprend qu'une fraction est une mesure, par exemple que  $\frac{4}{6} = 4 \times \frac{1}{6} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6}$  ou  $\frac{4}{6} = 2 \times \frac{1}{3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3}$ . La fraction  $\frac{4}{6}$  est donc l'itération de la fraction  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{6}$  étant l'unité.

#### *Slice Fractions pour enseigner le concept de fraction*

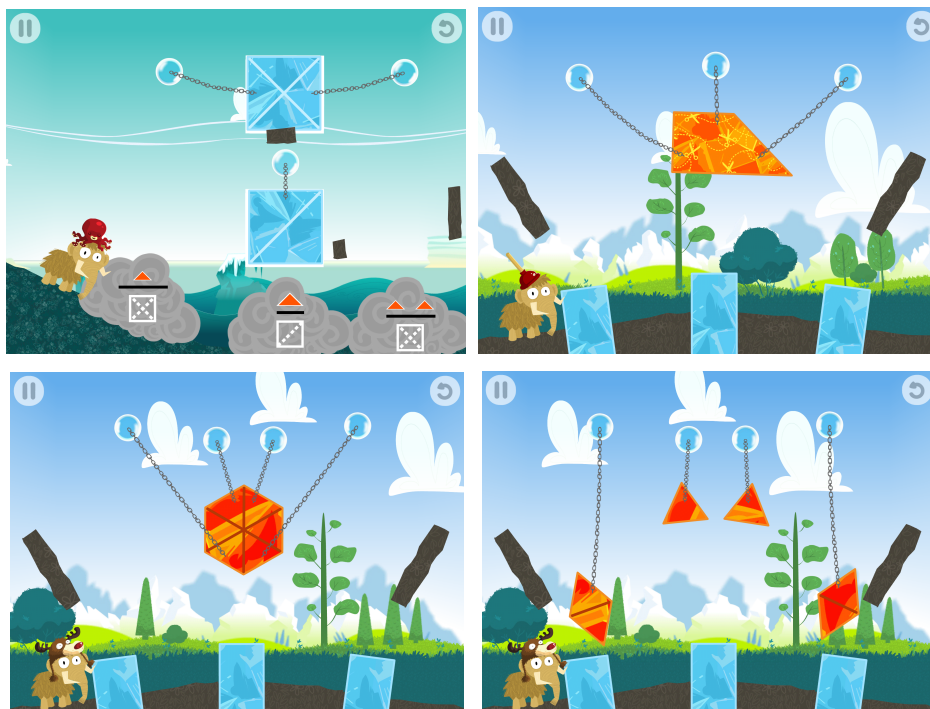
Nous avons présenté des caractéristiques du jeu *Slice Fractions* en mathématiques ainsi que des pistes d'exploitation. Nous présentons maintenant les pratiques pédagogiques que cette application permet de mettre en œuvre pour corriger certains concepts erronés chez les élèves.

Le jeu *Slice Fractions* place les élèves dans un environnement virtuel où ils jouent avec le concept de fraction et où il est possible de les faire réfléchir à voix haute pour avoir accès à leurs raisonnements à travers leurs interactions avec les fractions (voir Section 2.4.2). Pour ce faire, il faut pouvoir les observer pendant le jeu et s'engager avec eux dans des discussions mathématiques (Neagoy, 2017). Selon Neagoy (2017), ceci aide à développer une flexibilité dans la compréhension des fractions. Ce jeu incite également les élèves à réfléchir à différentes possibilités et à discuter de leurs choix puisqu'il permet d'essayer différentes solutions pour un même problème et de découvrir différentes façons d'interpréter une fraction (Neagoy, 2017). En effet, on y retrouve la manifestation de différents sens de la fraction présentés à la section 2.1. Cette variation est importante puisqu'en classe les élèves travaillent souvent avec la notion de la fraction « partie d'un tout » et pas assez avec les autres sens de la fraction (Neagoy, 2017). Il en est de même pour la représentation des fractions. En effet, les élèves savent surtout représenter la fraction à partir d'un cercle (Neagoy, 2017). Cette application leur permet de voir d'autres types

de représentations comme les triangles ou les hexagones (voir Figure 10). Aussi, dans *Slice Fractions*, les élèves sont guidés à travers une progression du concret à l'abstrait (voir Figure 11) comme proposé dans les recherches de Butler et al. (2003) et Witzel, Mercer et Miller (2003) (voir Section 2.2.4).

Dans son livre, Neagoy (2017) explique les connaissances erronées qu'ont les élèves sur le concept de fraction. Par exemple, les élèves ont tendance à perdre de vue l'importance que les parties soient égales (voir Figure 12). Ils croient aussi que les parties doivent forcément être délimitées par des lignes et avoir la même forme (voir Figure 13). Finalement, ils pensent que les régions colorées doivent être groupées et connectées ou collées (voir Figure 14). Ce jeu permet d'aborder ces connaissances erronées à plusieurs niveaux.

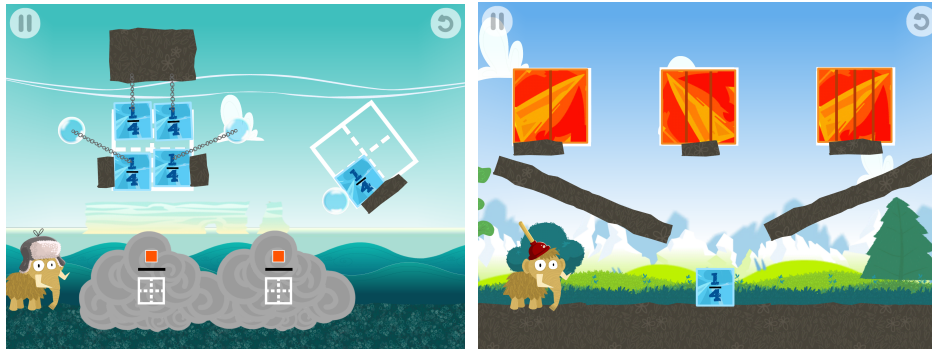
**Figure 10**  
Exemples de Slice Fractions avec une variété de représentations de surface





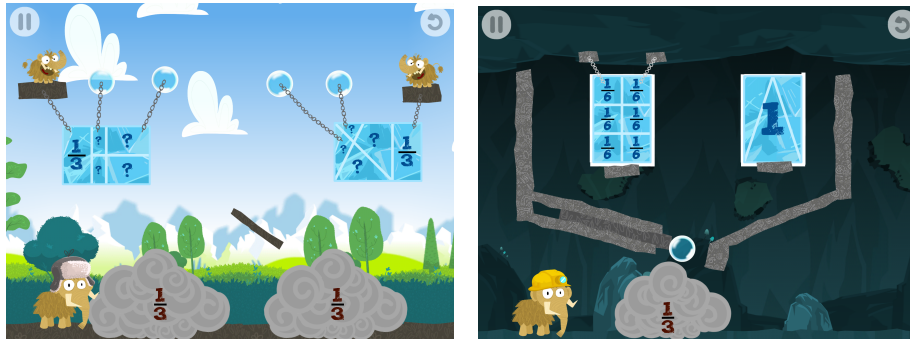
**Figure 11**

Exemples de Slice Fractions avec des représentations abstraites du concept de fraction



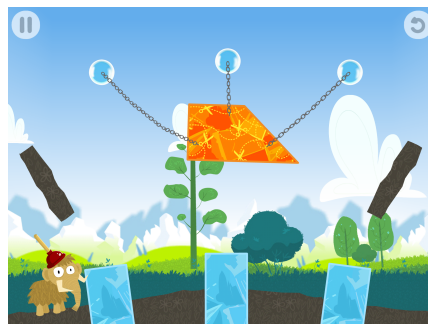
**Figure 12**

Deux exemples de Slice Fractions pour montrer que les parties doivent être égales



**Figure 13**

Exemple de Slice Fractions pour montrer que les parties ne doivent pas être délimitées par des lignes





**Figure 14**

Exemple de Slice Fractions pour montrer que les parties n'ont pas toujours la même forme



### Usage de Nearpod

Bien qu'il n'ait pas été imposé pour la recherche, le dispositif *Nearpod* que nous avons présenté dans la section 1.3.2 a été utilisé dans plusieurs activités en classe pour décomposer quelques défis de *Slice Fractions*, notamment pour questionner les élèves et recueillir les réponses de tous (voir Figure 15). L'enseignante A l'a utilisé dans les activités 2, 3 et 4 tandis que les enseignantes B et C l'ont utilisé dans l'activité 4. L'Annexe 13 présente un résumé des différentes activités durant lesquelles *Nearpod* a été utilisé pour questionner les élèves avant la séance de travail dans *Slice Fractions*.

**Figure 15**

Exemple d'une diapositive créée dans Nearpod avec une capture d'écran de Slice Fractions



L'application *Nearpod* permet d'ajouter des questions de type *DrawIt* où l'élève peut écrire ou dessiner sur l'écran pour répondre (voir Figure 15). Elle donne à l'enseignante le contrôle sur le

changement de diapositives et permet de les afficher directement sur les écrans des élèves. Ces derniers répondent à une question à la fois et l'enseignante peut voir les réponses des élèves au fur et à mesure qu'elles sont soumises. Elle peut ensuite partager les réponses qu'elle sélectionne avec le reste des élèves de façon anonyme en les affichant sur leur écran respectif. Ce partage avec tous les élèves d'une image précise contribue à susciter un dialogue cognitif.

### **3.4 Instruments de collecte de données**

Pour répondre à nos deux objectifs de recherche, nous avons employé l'observation comme instruments de collecte de données afin de comprendre les activités d'apprentissage et les interactions telles qu'elles se présentent dans le contexte réel de salles de classe (Fortin et Gagnon, 2022). Nous débuterons avec une présentation du tableau de cohérence (voir Tableau 7) afin de montrer les liens entre nos objectifs, notre méthodologie et nos instruments de collecte. Nous poursuivons avec une description des outils de collecte de données et de leur emploi durant la recherche.

#### **3.4.1 Tableau de cohérence**

Nous avons réalisé une collecte de données de type qualitative à partir d'observations. Nous avons documenté sur vidéo les pratiques des enseignantes tout le long de l'intervention pour les analyser ensuite (Saxe et al., 2001) (Chapitre 4 – Résultats). Les observations nous ont permis de comprendre et de décrire le déroulement des activités et les interactions comme ils se présentent naturellement dans les salles de classe afin de pouvoir en faire une analyse minutieuse (Beaugrand, 1988 ; Marcel et al., 2002). Elles permettent ainsi d'observer la progression des enseignantes durant la formation avec plus de fidélité que des pratiques rapportées. Étant participante, cette observation nous a aussi permis de découvrir le sens et la dynamique des groupes en nous imprégnant personnellement de leur milieu pour comprendre les phénomènes d'interaction (Fortin et Gagnon, 2022). De plus, le fait que les pratiques soient documentées nous a permis de visionner plusieurs fois les vidéos et de raffiner la description (Beaugrand, 1988).

**Tableau 7**  
Tableau de cohérence de la recherche

Objectifs spécifiques de recherche	Activité	Éléments de la méthodologie qualitative	Instruments de collecte et d'analyse des données
1. Décrire le développement des pratiques pédagogiques et le processus d'intégration des ressources numériques pour soutenir la mise en œuvre des quatre principes pédagogiques ciblés lorsqu'un dispositif de développement professionnel jumelant un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation est mis en œuvre.	Animer et documenter des rencontres en cercle pédagogique.	Initier les enseignants à mettre en œuvre des pratiques pédagogiques ciblées. Engendrer une réflexion sur les pratiques et voir l'effet des cercles sur l'apprentissage de nouvelles pratiques.	Observation et analyse des documentations sur vidéos selon une grille d'observation de cercles.
2. Décrire l'effet de la mise en œuvre progressive des pratiques pédagogiques associées aux quatre principes ciblés soutenus par l'intégration de ressources numériques sur la démarche et le processus d'apprentissage du concept de fraction par les élèves	Documenter sur vidéos les pratiques et le travail réalisé par les élèves dans l'application.	Mieux comprendre la mise en œuvre des pratiques pédagogiques en classe avec les ressources numériques. La documentation couvre les interactions avec les élèves pendant le travail dans la ressource et hors de la ressource numérique (enseignement en groupe, travail d'équipe, exercices sur papier) pour notamment tenter d'observer le travail d'intégration.	Observation et analyse des documentations sur vidéos selon deux grilles d'observation des pratiques et du travail des élèves.

### 3.4.2 Grilles d'observation

Nous avons documenté sur vidéo les pratiques des enseignantes en salle de classe (Saxe et al. 2001) et le travail réalisé par les élèves dans l'application. Dans nos observations des pratiques pédagogiques des enseignantes, nous nous sommes intéressée à voir si, pendant que l'élève joue, l'enseignante l'observe et l'accompagne en mettant en œuvre des pratiques pédagogiques. Nous avons aussi voulu documenter ce que l'enseignante discerne lorsqu'un élève se trompe ainsi que l'effet sur l'autorégulation de ses pratiques pédagogiques afin de mieux soutenir les apprentissages de ses élèves.

Des grilles d'observation des pratiques pédagogiques et du travail des élèves ont été utilisées. Elles sont présentées dans les Tableaux 8 et 9. De plus, les cercles pédagogiques ont également été filmés et une grille d'observation a été élaborée. Celle-ci est détaillée dans le Tableau 10.

Chaque pratique pédagogique constitue une catégorie de notre grille d'observation et contient plusieurs items. Ces derniers sont les modalités selon lesquelles est mise en œuvre chacune des pratiques. Nous avons identifié les pratiques pédagogiques en nous basant sur celles présentées dans notre cadre conceptuel (voir section 2.3), car elles sont cohérentes avec les principes identifiés et susceptibles de soutenir les apprentissages de tous les élèves. Il s'agit de la rétroaction, la guidance, le questionnement et l'animation de dialogues cognitifs et de discussions mathématiques. Nous nous sommes aussi basée sur ce que nous avons observé dans les documentations pour identifier les différentes modalités. Elles se retrouvent également dans les Tableaux 8 et 9.

Nous avons procédé à des codages préliminaires pour tester notre grille et la réduire afin de n'en garder que les items dont l'analyse contribue à nous aider à répondre à nos objectifs de recherche. Nous avons également observé certaines pratiques que nous n'avions pas anticipées ou répertoriées dans la grille, mais qui semblent pertinentes au regard du processus d'apprentissage. Ainsi, outre les catégories présentées précédemment, nous avons regroupé ces pratiques dans une nouvelle catégorie « préparation » : la clarification des intentions d'apprentissage et des critères de réussite, la mobilisation des connaissances antérieures, la prise en compte de la ZPD. Nous avons aussi ajouté deux catégories sur l'usage du métalangage et les objets de discussion.

**Tableau 8**  
Grille d'observation des pratiques pédagogiques

	<b>Pratiques pédagogiques</b>	<b>Rôles</b>
<b>Phase de préparation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]</li> <li>• Clarifier les critères de succès [PC]</li> <li>• Prendre en compte la ZPD [ZPD]</li> <li>• Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyser l'activité proposée et définir une intention d'apprentissage claire et compréhensible.</li> <li>• Analyser l'activité et se questionner sur les parcours possibles pour que tous les élèves puissent faire preuve de compétence dans la réalisation de l'activité.</li> </ul>

	Pratiques pédagogiques	Rôles
<b>Guidance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]</li> <li>• Décomposer le problème en questionnant [GQ]</li> <li>• Modéliser son raisonnement [GM]</li> <li>• Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Offrir un étayage dégressif et adapté au niveau de chacun pour l'amener à expérimenter la mise en œuvre d'une stratégie et à voir les effets que cela peut avoir.</li> <li>• Modéliser la démarche que les élèves devront réaliser.</li> <li>• Proposer des ressources fécondes pour guider l'élève dans la construction du raisonnement et l'aider à comprendre et à avancer dans la tâche.</li> <li>• Guider l'élève dans le passage du concret à l'abstrait en variant le type de représentations utilisées.</li> </ul>
<b>Questionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]</li> <li>• Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]</li> <li>• Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]</li> <li>• Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]</li> <li>• Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoir accès aux connaissances que les élèves parviennent à mobiliser au début d'une démarche d'apprentissage.</li> <li>• Demander aux élèves d'expliquer ou de justifier leurs démarches pendant la réalisation de certaines tâches qui requièrent un raisonnement élaboré afin de rendre explicites certains raisonnements.</li> <li>• Aider les élèves à discerner les éléments importants dans une représentation féconde.</li> <li>• Demander aux élèves de penser à voix haute et de verbaliser leur raisonnement pendant la réalisation de la tâche.</li> </ul>
<b>Rétroaction</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]</li> <li>• Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]</li> <li>• Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]</li> <li>• Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]</li> <li>• Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Offrir des rétroactions ciblées, immédiates et adaptées aux besoins de chacun pour corriger ses concepts erronés et l'accompagner dans la réussite de la tâche.</li> <li>• Aider l'élève à mieux organiser ses connaissances.</li> </ul>

	Pratiques pédagogiques	Rôles
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC] Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	Inviter l'élève à présenter son raisonnement et à comprendre celui des autres. Voir ce que chaque élève discerne dans une représentation féconde et comment il l'interprète. Inviter l'élève à argumenter en faisant appel à un métalangage mathématique.
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF] Travailler autour des stratégies [OS] Travailler sur la dimension affective [OA]	Demander aux élèves d'expliquer leur stratégie après la réalisation afin d'avoir un accès à leur raisonnement pour mieux comprendre leur processus cognitif.
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA] Utiliser un métalangage erroné [ME] Nommer les fractions [MF] Utiliser un métalangage [MP] Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC] Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR] Reformuler la question en nommant les fractions ou en utilisant un métalangage mathématique [MQ]	Inviter les élèves à formuler leur raisonnement en utilisant le métalangage et soutenir l'organisation de leurs connaissances.

Pour analyser le processus d'apprentissage des élèves, nous avons ajouté, dans une nouvelle grille, des items que nous avons sélectionnés parmi les démarches attendues des élèves chaque fois qu'une des pratiques observées est mise en œuvre. Comme pour la sélection des modalités de pratiques pédagogiques, pour sélectionner les démarches des élèves qui constituent les différentes catégories de la grille, nous avons procédé à plusieurs itérations de codage et testé notre grille au fur et à mesure afin d'aboutir enfin à une version qui soit représentative des pratiques des enseignantes et des démarches des élèves que nous retrouvons dans les documentations sur vidéos, relativement à la manifestation d'un raisonnement et à la progression dans les niveaux. Notre liste des démarches des élèves est constituée des catégories suivantes : progression dans l'activité, caractéristiques du raisonnement, nature du dialogue cognitif, métalangage employé par l'élève.

Nous avons aussi documenté, sur vidéo, le travail réalisé par les élèves dans l'application afin de mieux comprendre leurs actions, leurs erreurs, leur raisonnement et leur progression. En observant le travail réalisé par les élèves dans l'application, nous nous sommes intéressée aux questions suivantes : à quoi ressemble le raisonnement de l'élève ? Comment progresse-t-il ? Et quel est l'effet de l'intervention de l'enseignante sur ses actions dans l'application ?

**Tableau 9**  
Grille d'observation du travail des élèves

	<b>Travail des élèves</b>
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr] Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps] Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr] Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd] Justifier sa réponse [rj] Segmenter sa démarche [rs] Interpréter son erreur [ri]
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds] Discuter autour des fractions [df] Discuter autour de la dimension affective [da]
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma] Utiliser un métalangage erroné [me] Nommer les fractions [mf] Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]

Nous avons également observé et analysé la contribution au développement de pratiques pédagogiques du dispositif de développement professionnel que nous avons mis en œuvre et qui intègre un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation. Pour ce faire, nous avons documenté en format audio le travail d'analyse de certains segments des activités d'apprentissage mises en œuvre en classe, elles-mêmes documentées sur vidéo. Une grille d'observation a également été élaborée. Lors de l'analyse des documentations, nous nous sommes particulièrement intéressée au lien entre les cercles pédagogiques et des pratiques

pédagogiques des enseignantes (Sherin et Van Es, 2009) (voir Tableau 10). Nous décrivons le déroulement des rencontres à la section 3.5.

Notre grille d'observation est basée sur celle de Sherin et van Es (2009, p. 24) (voir Annexe 16) qui vise à mieux comprendre les effets des cercles pédagogiques sur l'apprentissage des mathématiques. Nous avons modifié et enrichi la grille selon nos objectifs de recherche et modèles théoriques, notamment celui du développement professionnel dans une communauté de pratique de Shulman et Shulman (2004) pour identifier si l'enseignante parlait plus de sa vision, son engagement, ses savoirs, ou ses pratiques. Nous avons ajouté la dimension du TPaCK pour évaluer l'intégration de la ressource numérique (Mishra et Koehler, 2006) et la dimension « modalité ou ressource numérique » pour identifier sur quel contexte portait l'intervention de l'enseignante. Notre grille d'observation (voir Tableau 10) est donc constituée de 6 catégories : modalité ou ressource numérique, nature de l'intervention, objet de la réflexion (travail des élèves), objet de la réflexion (pratiques pédagogiques), dimension du développement professionnel, TPaCK.



**Tableau 10**  
Grille d'observation des cercles pédagogiques

<b>Modalités ou ressources numériques</b>	<b>Nature de l'intervention</b>	<b>Objet de la réflexion (Travail des élèves)</b>	<b>Objet de la réflexion (pratiques des enseignantes)</b>	<b>Dimension du développement professionnel</b>	<b>TPACK</b>
Travail dans <i>Slice Fractions</i> individuellement ou en équipe	<b>Observation</b> L'intervention est un témoignage de ce qui est vu par le participant, un fait rapporté, ce peut être une observation sur le processus d'apprentissage ou sur une pratique pédagogique	Progression de l'élève dans l'activité	Précision des intentions d'apprentissage	<b>Vision</b> L'intervention du participant témoigne d'une vision de l'apprentissage comme un processus métacognitif non limité à la discipline qu'il enseigne	CK
Retour en grand groupe	<b>Interprétation</b> Intervention où le participant établit un lien entre la pratique et le processus d'apprentissage. Changement dans sa vision ou perception de l'apprentissage/clarification d'un concept/démonstration d'une réflexion	Caractéristiques du raisonnement	Mobilisation des connaissances antérieures	<b>Engagement/motivation</b> L'intervention suggère une motivation à adopter concrètement de nouvelles pratiques.	TK
Activité sur papier	<b>Réinvestissement</b> L'intervention est liée à une proposition de développement	Nature du dialogue cognitif	Questionnement	<b>Savoir</b> L'intervention fait référence à une connaissance de la discipline et du curriculum enseignés, aux principes de gestion de classe, à des principes pédagogiques, à des pratiques évaluatives et à une connaissance de la population étudiante	PK

Modalités ou ressources numériques	Nature de l'intervention	Objet de la réflexion (Travail des élèves)	Objet de la réflexion (pratiques des enseignantes)	Dimension du développement professionnel	TPACK
Activité en grand groupe avec <i>Nearpod</i>	<b>Accompagnement aux participants</b> L'intervention réfère à des propos de soutien, de conseils ou de références	Métalangage	Guidance	<b>Pratique</b> L'intervention du participant fait référence à une maîtrise de la différenciation des pratiques et de flexibilité dans les stratégies pédagogiques adoptées	PCK
	<b>Questionnement/recherche de validation</b> L'intervention est liée à des interrogations des participants au regard de la théorie, de pratiques pédagogiques ou du processus d'apprentissage		Rétroaction		TCK
	<b>Exposé du processus ou de la pratique</b> L'intervention de nature à présenter une activité réalisée ou documentée ou une situation vécue en classe sans en donner une interprétation		Animation d'un dialogue cognitif		TPK
			Développement du métalangage		TPaCK

*Note.* Adapté du modèle de grille descriptive par Poirier (2020), p. 167

### 3.5 Déroulement

Le projet s'est déroulé sur 7 semaines entre la mi-janvier et la mi-mars, selon les étapes présentées dans le Tableau 11.

**Tableau 11**  
Calendrier du projet

Période	Étapes	Liste des tâches
	Demande du certificat d'éthique	
	Obtention du certificat d'éthique de l'UdeM, sélection des écoles, et des enseignants et demande de certificats d'éthique auprès de ou des commissions scolaires sélectionnées si nécessaire.	
	Préparation des rencontres	Élaborer les modalités en collaboration avec chaque enseignante en fonction de l'organisation de la classe et de la disponibilité des tablettes.
P1	Semaine 1 : Rencontre préparatoire 1	Familiariser les enseignants avec <i>Slice Fractions</i> dans une rencontre préparatoire
I-1	Semaine 2 d'intervention : Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i>	Faire travailler les élèves dans <i>Slice Fractions</i> selon les modalités conçues par l'enseignante
I-2	Semaine 3 d'intervention : Rencontre en cercle pédagogique	Nous rencontrons les enseignantes en cercle pédagogique
I-3	Semaine 3 d'intervention : Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i>	Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i> selon les modalités conçues par l'enseignante
I-4	Semaine 4 d'intervention : Rencontre en cercle pédagogique	Nous rencontrons les enseignantes en cercle pédagogique
I-5	Semaine 5 d'intervention : Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i>	Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i> selon les modalités conçues par l'enseignante
I-6	Semaine 6 d'intervention : Rencontre en cercle pédagogique	Nous rencontrons les enseignantes en cercle pédagogique
I-7	Semaine 6 d'intervention : Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i>	Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i> selon les modalités conçues par l'enseignante
B1	Semaine 7 : Rencontre bilan : Rencontre en cercle pédagogique incluant un regard sur les données	Nous rencontrons les enseignantes en cercle pédagogique

Nous avons choisi les communautés de pratiques, car elles offrent un contexte de réflexion sur sa propre pratique (Cochran-Smith et Lytle, 1999, cité dans CSÉ, 2014). Plus particulièrement, nous avons choisi les cercles pédagogiques, comme dispositif de formation parce que, comme le suggèrent les recherches de Saxe et al. (2001), Kleickman et al. (2016) et Sherin et Van Es (2009), ils constituent une forme d'intervention qui est crédible parmi les dispositifs de formation et qui permet d'engager les enseignantes dans le processus de réflexion sur leurs pratiques, faisant d'elles des participantes actives qui se reconnaissent dans la recherche. Nous avons choisi de réunir les enseignantes physiquement à l'école pour qu'elles travaillent ensemble à l'analyse de leurs pratiques, car, selon Shulman et Shulman (2004), la collaboration contribue au développement d'une expertise collective, de savoirs et d'une vision partagés.

Avant le début des interventions, nous avons fait une rencontre préparatoire pour présenter la recherche. Son objectif était d'explorer le jeu, de discuter de la mobilisation des sous-concepts de fraction dans le jeu et d'identifier des possibilités d'intégration dans l'ensemble de la démarche d'enseignement du concept. Pour mieux connaître l'application, les enseignantes avaient la possibilité de l'explorer de leur côté, même à l'extérieur des cercles. Nous avons présenté les formulaires de consentement aux enseignantes et expliqué ce en quoi consiste notre recherche. Ensuite, nous leur avons montré *Slice Fractions* et avons discuté avec elles de pratiques pédagogiques qui peuvent être mises en œuvre avec cette application pour favoriser la réalisation des apprentissages. Nous avons discuté notamment de la nature du questionnement, des façons de développer le métalangage, de l'importance de développer le raisonnement de l'élève et d'observer ce qu'il fait afin d'être en mesure de le questionner sur les apprentissages qu'il a développés. Afin de mieux illustrer ces pratiques, nous avons présenté aux enseignantes deux exemples concrets. Le premier exemple porte sur un exercice de résolution de problème mathématique avec des engrenages. Le deuxième est un exemple de programmation au primaire dans code.org. Finalement, nous avons fait des liens avec l'application *Slice Fractions* et les concepts mathématiques qu'elle permet de développer.

Nous avons expliqué aux enseignantes ce qu'elles peuvent faire avec *Slice Fractions*, soit :

- Concevoir des activités d'apprentissage
- Accompagner les élèves dans *Slice Fractions* en les questionnant, les guidant, leur demandant de verbaliser et de penser à voix haute, leur offrant de la rétroaction, le tout dans le but de développer leur métalangage et de les aider à développer leurs raisonnements dans l'application.
- Choisir des moments marquants de l'activité en classe ou des extraits intéressants du travail d'un élève pour en discuter avec lui ou dans les cercles pédagogiques.

Nous avons rencontré les enseignantes lors de cercles pédagogiques pour leur permettre de développer leurs habiletés à soutenir les élèves tout le long de leur réalisation d'un parcours avec l'application. Nous avons enregistré en format audio les interactions dans les cercles pédagogiques.

Contrairement à ceux mis en œuvre par Sherin et Van Es (2009) qui durent 2 ans, les cercles pédagogiques que nous avons mis en œuvre se déroulent sur une courte période. Toutefois, ils se caractérisent par une alternance rapide entre des essais en classe et des séances d'analyse de pratique. Les rencontres ont lieu toutes les deux semaines et sont associées à des transpositions en classe dans les jours qui suivent. Elles ont eu lieu 4 fois après les heures de classe, durant 7 semaines, et ont duré entre 85 et 110 minutes chacune, pour un total d'environ 6 heures. La rencontre préparatoire a duré 90 minutes (voir Tableau 12).

Avant chaque rencontre, nous avons sélectionné un ensemble de vidéos qui documentent soit l'activité en grand groupe qu'a fait une des enseignantes, soit le travail de ses élèves. Pendant les rencontres, afin de tenir compte de l'intérêt des enseignantes, nous leur avons offert la possibilité de choisir elles-mêmes une documentation sur vidéo autour de laquelle elles aimeraient échanger ou de piger dans la sélection que nous avons faite au préalable. Durant les rencontres, les enseignantes sont invitées à regarder les documentations sur vidéo de leurs pratiques pédagogiques ou du travail de leurs élèves afin de discerner des éléments qu'elles analysent afin de mieux comprendre les pratiques pédagogiques mises en œuvre et leurs effets sur les apprentissages de leurs élèves. Selon Sherin et Van Es (2009), ce travail est susceptible de

contribuer au développement de leur regard professionnel. Le dispositif de développement professionnel de type cercle pédagogique que nous avons conçu se distingue donc par les caractéristiques identifiées dans notre cadre conceptuel comme étant susceptibles d'augmenter le degré d'efficacité d'un dispositif de développement professionnel (Darling-Hammond et al. 2017 ; Guskey, 2000, Sherin et Van Es, 2009), soit la réalisation de multiples essais en classe, le travail d'analyse de pratiques qui s'en suit et le développement du regard professionnel. Il se caractérise également par un soutien offert aux enseignantes que nous aborderons également dans cette section 3.5.

Nous nous sommes assurée, durant les rencontres, de donner la chance à toutes les enseignantes du groupe d'observer et d'interpréter les pratiques de leurs collègues documentées sur vidéo et de s'engager avec elles dans une activité de réflexion pour tenter d'analyser le lien entre les pratiques pédagogiques et les apprentissages des élèves (Darling-Hammond et al., 2017). La documentation des pratiques sur vidéo a permis de garder des traces des actions, échanges, paroles et réalisations.

**Tableau 12**  
Calendrier des rencontres avec les enseignants

Semaine	Type de rencontre	But de la rencontre
Une rencontre avant le début de l'expérimentation.	Rencontre de 90 min	Explorer le jeu, discuter de la mobilisation des sous-concepts de fraction dans le jeu et identifier des possibilités d'intégration dans l'ensemble de la démarche d'enseignement du concept.
Semaines 3, 4, 6 et 7	Cercles pédagogiques d'une durée de 85 min, 110 min, 90 min et 85 min respectivement.	Durant la première rencontre en cercle, nous avons discuté de la première expérience des enseignantes avec <i>Slice Fractions</i> et des pistes de développement pour les prochaines activités. Analyse de pratique aux semaines 4, 6 et 7 : un enseignant montre un extrait de sa pratique ou du travail de ses élèves sur vidéo et en discute avec le groupe. La 4 <sup>e</sup> rencontre a aussi fait l'objet d'un bilan.

Dans le cadre des cercles pédagogiques, les enseignantes ont tenté de discerner les composantes de la démarche qui informent sur les apprentissages des élèves pour mieux comprendre le lien entre les pratiques pédagogiques, l'usage de la ressource numérique et le développement du concept de fraction. Ce travail collectif d'interprétation a permis aussi de cibler des pistes de

développement et d'expérimentation au terme de chaque séance d'analyse des pratiques (Darling-Hammond et al, 2017 ; EEF, 2021 ; Fullan, 2007 ; Little, 2003). Dans les cercles pédagogiques, les enseignantes amorçaient aussi la planification de leurs propres activités. Dans nos observations des cercles, nous nous sommes intéressée à identifier ce que les enseignantes discernent sur le plan du concept de fraction, des difficultés d'apprentissage, des pratiques qui ont contribué à les surmonter et des pratiques pédagogiques qu'elles mobilisent.

Pour concevoir le contenu des cercles pédagogiques, nous avons tenu compte des résultats de l'étude de Garet et al. (2001) décrite dans la section 2.5.3. Nous avons combiné des échanges axés sur le contenu disciplinaire avec des échanges sur les savoirs pédagogiques et les ressources numériques afin de guider le regard et le travail d'interprétation vers la mise en œuvre de pratiques pédagogiques avec la ressource éducative numérique. Dans le cadre des cercles, l'objectif est de permettre aux enseignantes de développer leurs habiletés à intégrer les trois savoirs (pédagogiques, disciplinaires et technologiques) en se basant sur le modèle TPaCK (Mishra et Koehler, 2006). Elles se sont exercées aussi à expliquer le raisonnement pédagogique qui guide leurs choix des pratiques mises en œuvre tout en tentant de mettre en évidence l'interdépendance des trois types de savoir du modèle TPaCK (Miller, 2007 ; Mishra et Koehler, 2006). Le but était de soutenir le développement simultané des quatre dimensions du modèle de Shulman et Shulman (2004) à travers des échanges dans une posture interprétative et non argumentative.

Contrairement aux recherches de Poirier (2020) et de Giguère (2015) où des personnes expertes offraient des séances de formation sur des concepts précis en plus des séances d'analyse de pratiques animées par les chercheuses, nous n'avons pas d'intention de former les enseignantes sur des concepts pédagogiques ou disciplinaires spécifiques. Notre rôle est de faciliter les échanges entre les participantes durant les séances d'analyse de pratiques (Kleickmann et al., 2016). Nous leur avons également offert la possibilité d'avoir du soutien technique, de la modélisation ou du coenseignement (Darling-Hammond et al., 2017). Ces choix tiennent compte du contexte de notre étude où, sur le plan pédagogique, les enseignantes ont la liberté de concevoir leurs propres activités d'apprentissage et d'expérimenter et de choisir comment y intégrer la ressource numérique et quelles pratiques pédagogiques mettre en œuvre pour

enseigner le concept en question. Sur le plan des savoirs disciplinaires, l'étude se fait dans le cadre de l'enseignement et de l'apprentissage d'un concept précis en mathématiques qui est celui des fractions. Enfin, sur le plan des ressources numériques, l'application *Slice Fractions* que les enseignantes doivent intégrer est déterminée au préalable. L'objectif des rencontres en cercle pédagogique n'est donc pas de leur offrir des formations sur du contenu disciplinaire, pédagogique ou relatif aux ressources numériques, mais de développer leur capacité à discerner des éléments dans leurs pratiques et dans celles de leurs collègues, de les analyser et de développer des pistes de développement qu'elles pourront transposer dans leurs futures activités en classe.

Comme mentionné à la section 3.1, la chercheuse et son directeur de recherche ont animé les cercles. Afin de familiariser les enseignantes avec *Slice Fractions* qui est la ressource numérique proposée et avec la possibilité de son intégration dans des activités en classe pour enseigner les fractions, ils ont rappelé les intentions derrière les échanges, au début de chaque rencontre. Ils se sont assurés de bien comprendre les expériences des enseignantes afin de s'assurer que les échanges restent dans leur ZPD (Vygotsky, 1987), de répondre aux questionnements, de leur permettre de réfléchir et de faire des liens avec leurs pratiques en classe (Darling-Hammond et al., 2017 ; EEF, 2021). Leur rôle est d'amener les enseignantes à comprendre la transposition du concept de fraction dans la ressource numérique. Durant chaque rencontre, ils ont expliqué comment les activités des enseignantes s'intégraient selon les différents types de savoirs du modèle TPaCK. Ils ont également facilité les échanges entre les enseignantes durant les rencontres d'analyse de pratiques (Kleickmann et al., 2016). Ils se sont assurés que l'interprétation que fait une enseignante cible les éléments qui peuvent aider ses collègues à mobiliser leurs savoirs pour parfaire leurs pratiques (Kleickmann et al., 2016). Ils leur ont proposé les interactions suivantes : écouter les vidéos attentivement, prendre la parole pour intervenir durant le visionnement, échanger des idées en lien avec la vidéo et les commentaires émis, analyser la pratique visionnée en réfléchissant sur ses effets sur les apprentissages des élèves.

À la suite de chaque séance d'activité en classe, aux semaines 3, 4, 6 et 7 (voir Tableau 12) nous avons rencontré les enseignantes en cercle pédagogique pour discuter de leurs pratiques, deux fois en présence du directeur de recherche. À la 1<sup>re</sup> rencontre suivant la rencontre préparatoire,



les enseignantes échangeaient ensemble sur leur première expérience d'intégration de *Slice Fractions* et discutaient des pistes de développement pour les activités futures. Aux semaines 4 à 7, nous avons animé une discussion autour d'un extrait de la pratique d'une enseignante du groupe ou du travail de ses élèves. Nous avons démarré la vidéo et, à un moment qui suscitait l'intérêt des enseignantes, nous arrêtons la vidéo pour discuter. Ces moments correspondent à ceux où l'enseignante a émis un commentaire, une question ou une réflexion ou à des moments où il serait important d'attirer l'attention des enseignantes sur un élément ou de susciter une réflexion. La rencontre à la semaine 7 a aussi servi de bilan.

Enfin, les enseignantes avaient la responsabilité de planifier leurs propres activités en classe. Les séances de travail dans *Slice Fractions* ont eu lieu environ une fois toutes les deux semaines. Cette fréquence tient compte de l'horaire des enseignantes et de leur décision de répartir les activités selon leur propre jugement pour permettre à leurs élèves de réaliser des apprentissages (voir Tableau 12).

### **3.6 Traitement et analyse des données**

Afin d'analyser les rencontres en cercle pédagogique et les observations en classe, nous avons procédé à une description des activités, de la rencontre préparatoire et des cercles pédagogiques selon les grilles d'observation que nous avons créées (voir Tableaux 8, 9 et 10). Dans cette section, nous présenterons, d'abord, l'outil d'analyse de données utilisé, le synopsis. Nous expliquerons, ensuite, le processus de description appliqué avec l'outil. Nous terminerons par une description du processus de codage des verbatims.

#### **3.6.1 Choix de l'outil synopsis**

Nous avons analysé nos données issues des documentations sur vidéo des pratiques des enseignantes en deux temps. Dans un premier temps, nous avons transcrit et codé l'ensemble des vidéos selon une grille d'observation pour obtenir des fréquences d'apparition des pratiques pédagogiques observées et du processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves. Dans un deuxième temps, nous avons décrit chaque activité en utilisant l'outil nommé « synopsis » (Scheuwly, Dolz et Ronveaux, 2006).

Le synopsis est un outil emprunté au Groupe Romand d'Analyse du Français Enseigné (GRAFE), de l'Université de Genève et a été employé par Scheuwly, Dolz et Ronveaux (2006) dans le but de décrire et de comprendre les objets enseignés en classe de français. Ces auteurs suggèrent la possibilité de l'utiliser pour analyser les pratiques dans diverses disciplines. D'ailleurs, il a été adapté par d'autres chercheurs étudiant les pratiques enseignantes comme Blaser (2007) et Falardeau et Simard (2011). Pour les fins de notre recherche, nous l'avons adapté pour faire ressortir les pratiques pédagogiques et le raisonnement des élèves dans le contexte de résolution de défis liés aux mathématiques dans des activités faisant appel à des ressources numériques.

Cet outil d'analyse de données consiste à transcrire des séquences d'enseignement, à établir des critères d'observation et à s'y baser pour ensuite réduire la quantité importante d'information dans les nombreuses séquences filmées afin de ne garder que l'essentiel en fonction des objectifs de recherche. Il permet ainsi d'en faciliter l'analyse en fonction des modèles théoriques propres à notre question de recherche pour nous donner une idée générale de la mise en œuvre des pratiques pédagogiques. Cet outil d'analyse de données rend possible une description fine des activités d'apprentissage, des pratiques pédagogiques mises en œuvre en classe et de leur évolution. Celle-ci se fait en fonction des activités réalisées, des ressources utilisées ou des éléments discernés par les enseignantes dans le processus d'apprentissage des élèves. Le synopsis offre également une flexibilité dans l'identification des critères d'observation sans compromettre le haut niveau de précision dans la description. Il s'adapte aussi aux objectifs de la recherche puisqu'il permet d'extraire les informations essentielles des transcriptions en fonction des critères sélectionnés et de les reformuler en fonction des objectifs de la recherche. Il permet enfin d'examiner les interactions complexes que ce soit entre les enseignantes et les élèves, entre les élèves et la ressource numérique, des élèves entre eux ou des enseignantes entre elles, selon le contexte (en classe ou lors des rencontres en cercle pédagogique).

Toutefois, cet outil présente des limites. Sa réalisation exige la reformulation des informations tirées des transcriptions. De plus, compte tenu de la grande quantité d'informations qui a émergé des documentations vidéo, le synopsis seul ne permet pas une analyse fine de l'ensemble des narrations. Étant donné sa complexité, nous avons jugé essentiel de procéder à un codage à partir des grilles d'observation.

Plus spécifiquement, afin de réaliser le synopsis, nous avons fixé « des critères de sélection des éléments essentiels » et construit « une sorte de macrostructure renvoyant à un modèle ou système cohérent permettant de restituer la logique générale de l'activité enseignante lors de l'évolution de l'objet enseigné » (Schneuwly, Dolz et Ronveaux, 2006, p. 178). Nos grilles d'observation nous ont permis de sélectionner les extraits essentiels à décrire. Chaque synopsis présente une activité dans sa complexité c'est-à-dire qu'il comprend les interactions qui ont eu lieu entre les élèves et entre les élèves et l'enseignante ou entre les enseignantes dans le cas des cercles pédagogiques. Dans le contexte particulier de l'activité dans *Slice Fractions*, l'interaction est aussi présente entre l'élève et l'application. Nous l'observons, par exemple, lorsque l'élève explique son raisonnement à voix haute pendant qu'il travaille dans l'application ou quand il fait une action et observe l'effet que cela engendre dans l'application pour ensuite ajuster sa démarche.

Enfin, le résumé narré prend la forme d'un récit dont l'objectif est de faire ressortir la cohérence entre les éléments retenus, en fonction de la grille d'observation, pour faciliter la compréhension par un lecteur externe n'ayant pas pris connaissance des vidéos ou de la transcription. Il doit exprimer le lien entre les acteurs clés, soit l'enseignante, l'élève et la ressource. Lorsque nous appliquons ce processus pour décrire les cercles pédagogiques, nous tenons également compte des interactions entre les enseignantes et les animateurs, soit la chercheuse et, durant deux rencontres, son directeur de recherche.

### **3.6.2 Démarche de description des activités selon l'outil Synopsis**

Afin d'analyser nos données avec l'outil Synopsis, nous avons d'abord transcrit nos séquences. Nous nous sommes référée à d'autres données (activités en classe, supports distribués aux élèves, informations consignées au tableau blanc, images photocopiées, entretiens avec les enseignantes après l'expérimentation) pour enrichir le travail interprétatif qui a suivi. Ensuite, nous avons procédé en 3 étapes.

Dans un premier temps, nous avons réalisé un découpage séquentiel à partir du texte transcrit. Nous avons tout d'abord pris connaissance de la séquence dans son ensemble en visionnant la vidéo et lisant la transcription. Durant cette première lecture, nous avons porté attention à des

signes qui nous ont aidés à composer l'activité comme le changement d'interlocuteur et l'annonce de consignes. Dans un deuxième temps, nous avons réalisé une description de la séquence selon les catégories. Nous avons commencé par une relecture de l'ensemble. Nous avons, ensuite, créé un tableau à deux colonnes : repères temporels et compte rendu intégral. Nous avons placé le texte transcrit et l'avons décrit dans la deuxième colonne du tableau (compte rendu intégral) en suivant l'ordre chronologique des événements. Nous avons détaillé particulièrement les extraits qui sont en lien avec les catégories de notre grille d'observation, donc ceux qui relatent les interactions entre l'enseignante et l'élève ou présentent des exemples de mise en œuvre des pratiques pédagogiques et des éléments du raisonnement d'élèves. Nous nous sommes référée aux vidéos pour ne pas échapper de détails importants. Nous avons décrit les segments en faisant en sorte qu'ils soient compréhensibles, même hors contexte. Au besoin, nous avons ajouté des détails nécessaires et visibles uniquement sur vidéo pour comprendre le déroulement de l'activité. Nous avons aussi décrit le contexte de l'activité, les consignes et les niveaux de *Slice Fractions* qui ont été abordés durant chaque activité. Nous avons procédé à la validation de la description de deux activités en les confrontant à celles réalisées par l'assistante de recherche. Dans un troisième temps, nous avons procédé à la catégorisation. À partir de la description établie à l'étape 2, nous avons étiqueté les segments selon des principes pédagogiques. Elles nous permettent de discerner et de regrouper les éléments relatifs aux interactions entre l'enseignante et l'élève, aux pratiques pédagogiques mises en œuvre et au raisonnement des élèves.

Nous avons ensuite réorganisé la narration en fonction des visées établies. En cas de doute, nous nous sommes référée au compte rendu original. Dans des mouvements de va-et-vient entre les étapes 1 à 3, nous avons amélioré les descriptions. Les narrations des différentes activités ont été confrontées les unes aux autres. Elles ont permis de réaliser une comparaison entre les activités d'une semaine à l'autre.

Nous avons procédé de même pour l'analyse des rencontres en cercle pédagogique. À partir des enregistrements audios et de la grille d'observation, nous avons réalisé une description détaillée de la rencontre préparatoire et des 4 rencontres en cercle pédagogique. Nous considérons qu'un tel choix nous permet de porter un regard profond sur le déroulement des rencontres et de

fournir des exemples précis des types d'interventions retrouvées. Nous avons ensuite traité les données recueillies selon le modèle de synopsis inspiré du travail de Schneuwly Dolz et Ronveaux (2006) présenté précédemment.

### **3.6.3 Codage des verbatim**

Nous avons utilisé les grilles d'observation à la fois pour coder le verbatim et pour guider notre description. Dans un premier temps, nous avons codé le verbatim selon les grilles d'observation afin d'en tirer des fréquences que nous avons utilisées pour mieux situer les différentes pratiques et les différentes démarches des élèves dans les activités documentées. Dans un deuxième temps, nous avons inséré des codes dans les descriptions réalisées à partir de l'outil Synopsis.

Chaque code, indiqué entre crochets dans les grilles d'observation, représente soit une pratique pédagogique, soit le travail de l'élève. Les codes pour identifier chaque item sont formés des premières lettres correspondantes au nom de la pratique pédagogique ou du travail d'élève auquel ils sont associés et placés entre crochets pour faciliter leur intégration dans le texte descriptif. Ils sont en majuscules lorsqu'ils font référence aux pratiques et en minuscules lorsqu'ils font référence au travail des élèves. À titre d'exemple, lorsque l'enseignante invite l'élève à justifier sa réponse, cette pratique est indiquée avec le code [QJ]. Lorsque l'élève justifie sa réponse, son travail est indiqué avec le code [rj]. L'ensemble des codes est présenté dans les Tableaux 7 et 8.

**Tableau 13**  
Organisation des descriptions et des codes

<b>Emplacement</b>	<b>Ajout de codes pour chaque pratique pédagogique</b>	<b>Ajout de code pour le travail des élèves</b>	<b>Calcul des fréquences des codes</b>	<b>Indication de présence ou d'absence d'une pratique pédagogique ou du travail des élèves</b>
Dans les verbatims des activités	Oui	Oui	Oui	Non
Dans les descriptions des activités	Oui	Oui	Non	Non
Dans le tableau qui montre la fréquence d'apparition de chaque code	Oui	Oui	Oui	Non
Dans le tableau qui montre la présence ou l'absence de chaque code	Non	Non	Non	Oui

Pour procéder au codage, nous avons considéré chaque prise de parole comme une unité de sens. Ceci nous a permis de coder à la fois l'intervention de l'enseignante et la réponse de l'élève lorsque c'est le cas. Les fréquences des codes dépendent de la longueur de la prise de parole. Une prise de parole peut être longue et aborder plusieurs fois la même pratique qui sera toutefois codée une seule fois. Une autre prise de parole peut être plus courte et donner le résultat inverse. Pour cette raison, nous ne nous sommes pas contentée de rapporter les fréquences obtenues ; nous nous sommes basée principalement sur la description détaillée des activités.

Deux tableaux ont ensuite été élaborés pour synthétiser l'information. Le premier reflète les fréquences des codes calculés à partir du codage du verbatim. Le deuxième reflète la présence ou pas d'un code dans chacune des visées pédagogiques (voir Tableau 13).

À la suite du codage, nous avons décrit les activités en classe à l'aide du synopsis décrit précédemment à la section 3.6.1 pour en faire ressortir les pratiques pédagogiques mises en œuvre par les enseignantes et les apprentissages qu'elles engendrent chez les élèves. Pour enrichir les narrations, nous avons aussi utilisé les enregistrements du travail des élèves sur les tablettes.

### 3.6.4 Validation des descriptions et du codage

Afin de valider nos descriptions, nous avons procédé au codage et au contre-codage de 3 segments de l'activité 3 de la classe A pour arriver à un pourcentage de fiabilité de 95,4 % après le 3<sup>e</sup> contre-codage. Afin de déterminer le pourcentage de fiabilité, nous nous sommes référée à la formule de comparaison inspirée du modèle de Miles et Huberman (2003) :

$$\text{Fiabilité} = \frac{\text{nombre d'accords}}{\text{nombre total d'accords} + \text{nombre total de désaccords}}$$

Afin d'avoir une idée sur la fréquence d'apparition de chacune des pratiques et des démarches des élèves, nous avons choisi de procéder au codage de l'ensemble des interventions des participants donc de la totalité des 1347 unités de sens contenues dans les verbatims des documentations sur vidéo des activités en classe. Une unité de sens correspond à une prise de parole. Ce choix nous permet de nous assurer que toute intervention des enseignantes et des élèves a été codée.

Les ajustements apportés, à la suite du contre-codage, portaient sur la nomenclature des items, les définitions des items, l'ajout des descriptions dans le verbatim ou dans une feuille accessible au contre-codeur (voir Tableau 14). Ensuite, trois contre-codages ont été réalisés sur 10 % des prises de parole dans les activités A-1, B-2 et C-4 ce qui constitue un total de 135 prises parole, pour un pourcentage de fiabilité de 94 %, 94 % et 96 % respectivement (voir Tableau 15).

Afin de valider la qualité des descriptions réalisées, nous avons demandé à une assistante de recherche de réaliser la description de 3 vidéos et nous les avons comparés aux nôtres. Les deux premières font partie de l'activité A-4 (l'activité 4 dans la classe A). La troisième, la B-3 (l'activité 3 dans la classe B), présente une activité différente avec une autre enseignante.

**Tableau 14**  
Contre codage des activités en classe

<b>Classe A, activité 3</b>	<b>Nombre de prises de parole contre-codées</b>	<b>Pourcentage de fiabilité</b>	<b>Ajustements</b>
Premier contre-codage	30	83 %	
Deuxième contre-codage	32	90 %	la nomenclature des items, les définitions des items, l'ajout des descriptions dans le verbatim ou dans une feuille accessible au contre-codeur.
Troisième contre-codage	30	95,4 %	

Avant que l'assistante procède au contre-codage, nous lui avons fourni la grille d'observation et des consignes quant à la rédaction. Pendant la rédaction de la description, elle n'avait pas accès à la nôtre. Elle pouvait seulement se référer à la vidéo, à la grille et à la transcription que nous avons réalisée.

Après avoir reçu sa description de la 1<sup>re</sup> vidéo, nous l'avons comparé avec la nôtre. La différence majeure est qu'elle décrivait des aspects physiques. Aussi, à la suite de la comparaison de nos deux descriptions, l'assistante a remarqué que nous faisons des inférences.

**Tableau 15**  
Contre codage des cercles pédagogiques

<b>Activité</b>	<b>Nombre de prises de parole codées pour un équivalent de 10 % de l'activité</b>	<b>Pourcentage de fiabilité</b>
Classe A, activité 1	45	94 %
Classe B, activité 2	45	94 %
Classe C, Activité 4	45	96 %

À la suite d'une discussion avec le directeur de recherche, nous avons décidé de ne pas décrire les aspects physiques puisqu'il est difficile de les interpréter de façon objective et avec certitude. Nous avons également décidé de fournir à l'assistante une description des éléments factuels que



nous avons pu voir en classe, mais qui ne figurent pas dans la vidéo, afin de pouvoir justifier les inférences que nous faisons.

Nous avons demandé à l'assistante de valider la cohérence de nos deux descriptions à la suite des précisions que nous lui avons fournies. Ensuite, elle a procédé à la description de la moitié de la deuxième vidéo. Nous avons procédé à la lecture de sa description et tenté, encore une fois, de ressortir les différences. Nous avons surligné les différences en orange, dans nos deux textes. Lorsque nous avons un commentaire, nous l'écrivions à côté de la ligne correspondante dans un document. Nous demandions ensuite l'avis de l'assistante de recherche là-dessus et nous en discutons jusqu'à arriver à un consensus qui nous permettait de trancher.

En relisant nos descriptions avec l'assistante, nous nous sommes assurée que :

- Nous avons décrit l'intégralité des événements, comme dans la transcription, pour éviter que certaines informations soient perdues ou paraissent moins importantes que d'autres.
- Nous avons gardé tous les passages où on perçoit une mise en œuvre de pratiques pédagogiques (par exemple, si l'enseignante demande à l'élève de justifier sa réponse), une manifestation du raisonnement des élèves (par exemple, si l'élève manifeste un raisonnement mathématique ou explique sa démarche), un dialogue cognitif, ou une utilisation du métalangage mathématique par l'enseignante ou les élèves.
- Nous n'avons pas utilisé de synonymes en passant de la transcription à la narration.
- Nous avons employé un vocabulaire qui n'évoque pas une interprétation de ce qui est dit. Par exemple, nous n'utilisons pas le verbe « assumer », car il ne permet pas de savoir avec certitude si la personne sait ou si elle assume.
- Nous nous référons directement à la transcription, à la vidéo ou l'exercice sur papier pour connaître l'énoncé et bien l'expliquer.
- Nous n'avons pas décrit les actions physiques qui ne peuvent pas être interprétées avec certitude.

À la suite de cette relecture, une des différences majeures observées entre nos descriptions et celles de l'assistante de recherche fut le choix du vocabulaire. Parfois, nous choissions des mots qui suggèrent une certaine interprétation des faits. À la suite de cet exercice et aux suggestions

de l'assistante, nous avons relu nos descriptions et remplacé ces mots par d'autres qui sont plus neutres tout en conservant la précision dans les propos. Après chaque tour de modifications, nous demandions à l'assistante de relire le texte pour valider. Quand nous sommes arrivées, avec elle, à un terrain d'entente sur l'ensemble des descriptions, nous les avons validés. La même démarche de description et de validation de la description a été réalisée pour une troisième vidéo.

### **3.7 Forces et limites de la méthodologie**

Notre méthodologie de recherche emploie des instruments qui ont des qualités et des limites. Les documentations sur vidéo nous permettent de revoir les cercles et les pratiques plusieurs fois et les analyser de plusieurs points de vue (Van der Maren, 1996). Elles nous permettent ainsi d'en faire une analyse fidèle et rigoureuse.

En documentant chaque activité sur vidéo plutôt que d'avoir un questionnaire, nous avons pu observer plus précisément la progression des pratiques pendant ces sept semaines. Bien que nous sommes consciente que cela ne nous permet pas de nous prononcer sur la mise en œuvre des pratiques pédagogiques antérieures ou postérieures à l'intervention, une des forces de notre méthodologie est que nous avons documenté l'entièreté des pratiques pédagogiques en classe et toutes les rencontres en cercle pédagogique, ce qui nous a permis d'avoir un portrait complet du déroulement des quatre périodes de travail et des quatre rencontres en cercle pédagogique.

Certains chercheurs évoquent la possibilité que cet outil puisse devenir intimidant pour les participants qui se sentent filmés, observés et peut-être jugés, ce qui peut affecter leurs actions et leurs choix que ce soit en classe ou dans les cercles et impacter par conséquent notre analyse (Beaugrand, 1988), mais ce n'est pas quelque chose que nous avons observé d'autant que nous avons documenté avec des moyens légers comme un téléphone intelligent ou un iPad donc c'était moins intrusif. Lorsque nous avons demandé aux enseignantes de documenter leurs pratiques sur vidéo, aucune n'a exprimé une gêne par rapport à cette forme de documentation. Elles nous ont plutôt aidés à installer les outils et à nous assurer que l'angle de captation était adéquat pour obtenir les informations désirées.

Puisque nous avons animé les activités de développement professionnel et accompagné les enseignantes pour leur offrir du soutien à leur demande, nous avons une double posture, celle

de chercheuse et celle d'animatrice ou d'enseignante assistante. Le fait d'être proche des enseignantes nous a permis de mieux les connaître et a facilité le travail d'analyse qui s'en est suivi. Nous avons inclus nos interventions avec les enseignantes dans l'analyse des résultats afin de pouvoir décrire avec précision les pratiques pédagogiques mises en œuvre et les observations au niveau du processus d'apprentissage des élèves. Ce choix peut devenir une limite à notre méthodologie. C'est pourquoi nous avons basé notre analyse principalement sur les descriptions précises du déroulement des activités en classe. Nous avons utilisé les fréquences uniquement comme des indicateurs pour attirer l'attention sur l'évolution des pratiques pédagogiques et du travail des élèves au fil des quatre activités et dans chacune des classes. De plus, afin de faire transparaître les résultats communiqués, nous avons appuyé nos observations par des exemples tirés directement des descriptions.

Aussi, le nombre limité de participants n'est pas représentatif de la population et ne nous permet pas de faire de comparaisons ou de généralisations. Il nous a permis toutefois de focaliser nos observations et de les documenter en détail pour mieux comprendre ce qui se passe sur le terrain en termes de pratiques pédagogiques durant et après la formation.

### **3.8 Précautions éthiques**

Conformément aux attentes du Comité d'éthique de l'Université de Montréal, nous avons fait signer un formulaire de consentement par les enseignantes et les parents d'élèves. Nous nous sommes engagée à assurer la confidentialité des données recueillies et à les anonymiser. Les élèves dont les parents n'ont pas donné leur accord ont réalisé les mêmes activités, mais leur travail et leurs interventions n'ont pas été documentés ni analysés. Ils sont restés en classe, mais n'apparaissent pas sur la vidéo. En ce qui concerne les cercles pédagogiques, les enseignantes étaient volontaires. Elles avaient la liberté de décider si elles voulaient participer ou pas à la recherche et si elles voulaient partager ou pas des extraits de leurs pratiques avec le reste du groupe. Nous avons demandé leurs consentements pour qu'elles soient filmées dans les cercles et en classe.

## Chapitre 4 – Résultats

Rappelons que notre premier objectif de recherche est de décrire le développement de pratiques pédagogiques et le processus d'intégration de ressources numériques pour soutenir la mise en œuvre de quatre principes pédagogiques ciblés lorsqu'un dispositif de développement professionnel jumelant un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation est mis en œuvre. Notre deuxième objectif de recherche vise à décrire l'effet de cette mise en œuvre progressive sur la démarche et le processus d'apprentissage du concept de fraction par les élèves.

Pour répondre à nos objectifs de recherche, nous avons procédé à une description de chacune des cinq rencontres avec les enseignantes (une rencontre préparatoire et quatre en cercle pédagogique), des activités qu'elles ont mises en œuvre en classe et du travail de leurs élèves. Ces données sont issues de la documentation des rencontres, des pratiques pédagogiques mises en œuvre en classe et du processus et de la démarche d'apprentissage des élèves lors du travail en grand groupe et dans l'application *Slice Fractions* sur iPad.

Nous nous sommes basée sur deux grilles d'observation pour guider notre description (voir Tableaux 8 et 9). Elles permettent d'identifier les pratiques pédagogiques mises en œuvre par les enseignantes en lien avec les principes pédagogiques ciblés dans le cadre conceptuel. Elles permettent également d'identifier les effets de ces pratiques sur la démarche et le processus d'apprentissage des élèves. Nous avons aussi regroupé les fréquences d'apparition de chaque pratique dans un tableau et nous les avons utilisées pour identifier certaines tendances que nous exploiterons dans les sections 4.2 à 4.5 pour soutenir le travail d'analyse dans le contexte de la description des activités.

Afin de faire ressortir les transpositions observées en classe, ce chapitre est organisé comme suit. Pour chacune des quatre activités, nous décrirons d'abord la rencontre qui a eu lieu avec les enseignantes. Nous poursuivrons avec la description des transpositions qu'elles ont faites dans les trois classes, ainsi que du travail de leurs élèves. Nous présenterons le travail en groupe et le travail dans l'application selon leur ordre d'apparition dans l'activité. Par exemple, si les élèves ont travaillé dans *Slice Fractions* avant de faire l'activité en grand groupe, comme dans les

activités 1 des trois enseignantes, nous présenterons le déroulement dans cet ordre. En guise de synthèse, nous ferons ensuite une mise en relation entre le travail de transposition dans les trois classes. Nous répéterons cette démarche pour chacune des quatre activités. Le Tableau 16, ci-dessous, présente la structure du chapitre.

**Tableau 16**  
Structure du chapitre 4

<b>Contenu</b>		
<b>Fréquences des pratiques (4.1)</b>		
<b>Description de l'activité 1 de chaque enseignante à la lumière de la rencontre préparatoire (4.2)</b>		
<b>Présentation de la rencontre préparatoire (4.2.1)</b>		
Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante A (4.2.2)	Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante B (4.2.3)	Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante C (4.2.4)
Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante A (4.2.2.1 et 4.2.2.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante B (4.2.3.1 et 4.2.3.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante C (4.2.4.1 et 4.2.4.2)
Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.2.2.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.2.3.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.2.4.3)

Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes (4.2.5)

**Description de l'activité 2 de chaque enseignante à la lumière de la première rencontre en cercle pédagogique (4.3)**

**Présentation de la première rencontre en cercle pédagogique (4.3.1)**

Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante A (4.3.2)	Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante B (4.3.3)	Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante C (4.3.4)
Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.3.2.1 et 4.3.2.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante B (4.3.3.1 et 4.3.3.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante C (4.3.4.1 et 4.3.4.2)
Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante A (4.3.2.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.3.3.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.3.4.3)

Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes (4.3.5)

**Description de l'activité 3 de chaque enseignante à la lumière de la deuxième rencontre en cercle pédagogique (4.4)**

**Présentation de la deuxième rencontre en cercle pédagogique (4.4.1)**

Transpositions dans l'activité 3 de l'enseignante A (4.4.2)	Transpositions dans l'activité 3 de l'enseignante B (4.4.3)	Transpositions dans l'activité 3 de l'enseignante C (4.4.4)
Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.4.2.1 et 4.4.2.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante B (4.4.3.1 et 4.4.3.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante C (4.4.4.1 et 4.4.4.2)
Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante A (4.4.2.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.4.3.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.4.4.3)

Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes (4.4.5)

**Présentation de l'activité 4 de chaque enseignante à la lumière de la troisième rencontre en cercle pédagogique (4.5)**

**Description de la troisième rencontre en cercle pédagogique (4.5.1)**

Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante A (4.5.2)	Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante B (4.5.3)	Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante C (4.5.4)
Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante A (4.5.2.1 et 4.5.2.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante B (4.5.3.1 et 4.5.3.2)	Description du travail de deux élèves de la classe de l'enseignante C (4.5.4.1 et 4.5.4.2)
Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.5.2.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.5.3.3)	Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe (4.5.4.3)

Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes (4.5.5)

**Description de la quatrième rencontre en cercle pédagogique (4.6)**

Notons que, pour alléger le texte, nous avons fait le choix de conserver uniquement les descriptions sommaires des activités dans cette section. Les Annexes 1 à 11 décrivent en détail le déroulement pour les différentes activités en grand groupe afin de permettre à une personne qui voudrait faire une transposition dans son milieu d'avoir accès à l'information nécessaire. Cependant, elles ne sont pas essentielles à la compréhension des résultats. Nous avons également choisi de présenter deux exemples de travail d'élèves dans chaque classe.

Rappelons que les codes utilisés dans le texte et les tableaux représentent soit une pratique pédagogique (identifiée en majuscule) soit le travail de l'élève (identifié en minuscule). Dans les descriptions des activités, nous identifierons, entre crochets, la pratique pédagogique ou la nature du travail de l'élève avec le code correspondant suivi de la fréquence de son apparition dans l'activité. Par exemple, nous écrirons [QR, 5] pour illustrer que l'enseignante a questionné les élèves pour leur demander de présenter leur raisonnement ou leur démarche à 5 reprises durant son activité.

Aussi, dans le but d'alléger le texte, nous désignons les activités par un code constitué de la lettre référant à l'enseignante suivie d'un tiret et du numéro de l'activité. Par exemple, l'activité A-1 désigne la première activité de l'enseignante A.

Enfin, rappelons que, comme mentionné dans la méthodologie, nous avons choisi de présenter dans les résultats le travail des élèves dont le raisonnement à voix haute pendant le travail sur la tâche était accessible sur les documentations sur vidéo et auprès de qui l'enseignante est intervenue au moins une fois pendant les activités. Afin de conserver l'anonymat, nous les avons nommés A1, A2, B1, B2, C1 et C3.

#### **4.1 Fréquences des pratiques**

Comme indiqué dans la méthodologie, afin d'analyser nos données, nous avons procédé à la description des activités et nous avons codifié les pratiques pédagogiques et le travail des élèves en nous basant sur nos grilles d'observation (voir Tableaux 8 et 9). Nous présentons les données issues de la codification des pratiques, dans les sections 4.2 à 4.5 où elles seront exploitées pour soutenir le travail d'analyse dans le contexte de la description des activités. Elles couvrent les fréquences des 30 pratiques pédagogiques observées, regroupées sous 7 catégories, pour chacune des activités et pour chacune des classes. Elles couvrent également les fréquences d'apparition des 15 caractéristiques du travail des élèves. Les tableaux 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26 et 27 présentent ces fréquences pour chacune des activités 1, 2, 3 et 4 respectivement. Tandis que les tableaux 59 et 60 (Annexes 23 et 24) présentent ces fréquences pour les 3 classes et les 4 activités afin de fournir une vue d'ensemble.

Ces données doivent toutefois être interprétées avec prudence, car il s'agit d'indicateurs de fréquences qui contribuent à porter un regard sur l'évolution des pratiques pédagogiques et du travail des élèves au fil des quatre activités et dans chacune des classes. Elles peuvent notamment permettre d'attirer l'attention sur certains phénomènes. Nous invitons le lecteur à ne pas inférer de conclusion à la seule lecture des fréquences, mais plutôt à les parcourir pour mieux comprendre le travail d'analyse.

À titre d'exemple, la fréquence du questionnement augmente de façon générale pour les trois enseignantes entre la première et la dernière activité. Il s'agit d'un phénomène que nous



tenterons de mieux comprendre dans son contexte tout au long de l’analyse des activités. À nouveau, à titre d’exemple, nous observons à plusieurs reprises lors de l’activité 4 que les élèves justifient plus fréquemment leur raisonnement, parfois sans que l’enseignante le demande. Dans la section 4.5, nous situerons cette fréquence plus élevée dans le contexte de l’activité 4 tandis que nous tenterons de mieux comprendre ce que sous-tend cette augmentation de la fréquence au chapitre 5.

#### 4.2 Description de l’activité 1 de chaque enseignante à la lumière de la rencontre préparatoire

Dans cette section, nous ferons une description de la première rencontre avec les enseignantes. Celle-ci s’avère une rencontre préparatoire, tandis que les quatre suivantes sont des cercles pédagogiques. Nous présenterons, ensuite, les transpositions réalisées par chaque enseignante dans son activité et les effets potentiels que cela a eu sur le travail des élèves. Nous terminerons par une mise en relation du travail de transposition dans les trois classes.

Le Tableau 17 présente la fréquence des 30 pratiques pédagogiques observées, regroupées sous 7 catégories, pour l’activité 1 pour chacune des classes. Tandis que le Tableau 18 présente les fréquences d’apparition des 15 caractéristiques du travail des élèves lors de l’activité 1 dans les trois classes. Les données pour la classe C en sont absentes, car l’enseignante n’a pas réalisé d’activité lors de la première semaine.

**Tableau 17**

Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l’activité 1 dans les trois classes

Pratiques pédagogiques		Activité 1		
		A	B	C (non réalisée)
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d’apprentissage [PI]	0	1	-
	Clarifier les critères de succès [PC]	0	0	-
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	1	1	-
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	0	1	-

Pratiques pédagogiques		Activité 1		
		A	B	C (non réalisée)
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	2	18	-
	Décomposer le problème [GQ]	3	7	-
	Modéliser son raisonnement [GM]	0	0	-
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]	0	1	-
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	0	0	-
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	5	18	-
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]	1	1	-
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	0	1	-
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]	0	0	-
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]	0	0	-
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]	6	11	-
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]	0	0	-
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]	0	6	-
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]	2	3	-
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	0	0	-
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	5	4	-
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	7	27	-
	Travailler autour des stratégies [OS]	2	17	-
	Travailler sur la dimension affective [OA]	2	9	-

Pratiques pédagogiques		Activité 1		
		A	B	C (non réalisée)
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]	4	20	-
	Utiliser un métalangage erroné [ME]	0	0	-
	Nommer les fractions [MF]	2	6	-
	Utiliser un métalangage [MP]	1	20	-
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]	0	0	-
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	3	7	-
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	0	0	-

*Note.* Les données pour la classe C sont absentes, car l'enseignante n'a pas réalisé d'activité lors de la première semaine.

**Tableau 18**

Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 1 dans les trois classes

Travail des élèves		Activité 1		
		A	B	C (Non réalisée)
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]	0	0	-
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]	5	12	-
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]	5	13	-
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]	3	9	-
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]	7	17	-
	Justifier sa réponse [rj]	2	5	-
	Segmenter sa démarche [rs]	2	0	-
	Interpréter son erreur [ri]	2	4	-
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]	8	15	-
	Discuter autour des fractions [df]	5	13	-
	Discuter autour de la dimension affective [da]	0	13	-

Travail des élèves		Activité 1		
		A	B	C (Non réalisée)
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	4	25	-
	Utiliser un métalangage erroné [me]	0	0	-
	Nommer les fractions [mf]	3	4	-
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	6	15	-

*Note.* Les données pour la classe C sont absentes, car l’enseignante n’a pas réalisé d’activité lors de la première semaine.

#### 4.2.1 Présentation de la rencontre préparatoire

Durant la rencontre préparatoire, la chercheuse présente aux enseignantes les objectifs de la recherche, la méthodologie et des principes pédagogiques qu’elles peuvent mettre en œuvre pour soutenir les apprentissages en exploitant l’application *Slice Fractions*. Elle présente ensuite trois exemples d’usage des ressources numériques pour mieux connaître la vision et les usages des enseignantes. Finalement, les enseignantes explorent le jeu et discutent des différentes façons de l’intégrer.

##### *Échanges autour de trois exemples de manipulation d’objets réels et virtuels*

Lors de la présentation des trois exemples de manipulation d’objets réels et virtuels par la chercheuse, l’enseignante C pense que la résolution de problème qui leur a été présentée, où sont utilisés des blocs LEGO peut être compliquée pour les élèves de 4<sup>e</sup> année, car certains peuvent décrocher et d’autres peuvent s’y intéresser. Toutefois, elle exprime son envie de faire une activité similaire qui consiste également à amener les élèves à conceptualiser à partir d’une construction LEGO.

Lors de la démonstration du travail dans l’outil numérique Code.org, en lien avec un niveau spécifique, l’enseignante B explique mathématiquement le choix d’angles de 36 degrés. Elle indique qu’afin que les élèves parviennent à comprendre que le 36 vient de la division de 360 par 10, il faut qu’ils réussissent à réaliser la boucle. L’enseignante C pense que ce n’est pas un concept qui est évident pour les élèves de sa classe d’autant plus qu’ils sont à des niveaux différents. Elle mentionne qu’elle a déjà expliqué à sa classe que 4 fois 90 degrés donne 360 degrés, seulement

parce qu'un élève lui a posé la question. Cela lui a permis d'expliquer le concept des angles, qu'un cercle fait 360 degrés et que, dans un quadrilatère, la somme des angles fait toujours 360 degrés. Selon elle, un élève fort est capable de comprendre ces explications et d'aller plus loin dans son raisonnement, mais certains élèves n'y parviendront pas. Pour cela, lorsqu'elle explique de tels concepts en classe, elle précise aux élèves qu'il n'est pas grave s'ils ne comprennent pas. Elle ajoute que, selon elle, les questions de ce genre peuvent servir d'enrichissement. L'enseignante B précise qu'en 4<sup>e</sup> année les élèves ne font pas de division d'angles.

L'enseignante C ajoute qu'il serait intéressant que les élèves ne cherchent pas toujours à mémoriser et qu'ils aillent chercher des explications, car, lorsqu'ils apprennent par cœur, ils ne sont plus capables d'aller chercher les réponses par eux-mêmes. Il faut donc les encourager à élaborer un raisonnement. Pour appuyer ses propos, elle donne un exemple qui explique qu'à partir de l'air d'un rectangle il est possible de déduire l'aire d'un triangle.

L'enseignante B explique que les élèves sont constamment en état d'apprentissage et que leurs connaissances ne sont jamais complètement acquises. Elle précise qu'il y a des moments où elle a l'impression que, dès qu'elle met les élèves dans un nouveau contexte, ils ont de la difficulté à réinvestir leurs connaissances. Elle ne considère donc jamais que les connaissances sont complètement acquises à leur âge. La chercheuse appuie ces propos en précisant qu'il est difficile d'amener les élèves à mobiliser leurs savoirs pour résoudre un problème dans un autre contexte. L'enseignante B répond qu'à priori ils sont capables de le faire, mais que cela dépend des élèves. Certains réussissent tout de suite, d'autres, même les bons élèves, ont du mal parfois.

### *Étude d'un défi dans Slice Fractions*

Au cours de la rencontre, la chercheuse présente aux enseignantes des captures d'écran de *Slice Fractions* pour leur donner une idée du jeu. Sur la première image, le défi porte sur des fractions équivalentes. Pour le réussir, il faut faire tomber  $\frac{1}{6}$  puis  $\frac{2}{3}$ , donc un morceau de  $\frac{1}{6}$  d'un côté versus deux de l'autre. Les élèves peuvent en déduire que  $\frac{1}{3}$  est plus grand que  $\frac{1}{6}$ . En examinant l'image, l'enseignante C fait un lien avec le travail qu'elle a l'habitude de réaliser avec ses élèves en classe. Elle explique que, lorsque les élèves ne comprennent pas l'équivalence, elle leur donne un exemple concret du quotidien, comme les barres de chocolat. Elle leur demande

s'ils vont avoir de plus gros morceaux en partageant la barre entre 3 amis versus entre 6 amis. Selon elle, la visualisation les aide à comprendre et à obtenir la bonne réponse. En revenant sur l'image de *Slice Fractions*, elle se demande comment les élèves parviendront à comprendre combien vaut chaque morceau en termes de fractions. L'enseignante A lui explique qu'en l'essayant les élèves réussiront à le voir. L'enseignante B fait référence à l'image dans le jeu et explique que les élèves remarqueront que, sur les trois premiers morceaux, il y en a un dont ils auront besoin et sur les trois autres il y en a un autre. L'enseignante C est convaincue que visuellement, c'est évident, mais se pose des questions sur le rôle de l'enseignante pour guider les élèves dans cette réflexion. Elle se demande si elle doit, par exemple, dire aux élèves quoi faire tomber. La chercheuse lui explique que les élèves peuvent résoudre le défi seuls mais, quand ils y parviennent, l'enseignante peut les aider à conceptualiser et à faire le lien avec l'équivalence des fractions. Afin de mieux comprendre le fonctionnement du jeu, l'enseignante C y fait des manipulations sur un iPad et observe les effets de ses actions. Elle termine en partageant sa crainte qu'avec le jeu les élèves soient guidés vers une seule façon de faire alors qu'en mathématique il y en a plusieurs. Elle fait référence à la guidance offerte par le jeu lorsque les points d'interrogation sont déjà écrits sur les morceaux.

#### **4.2.2 Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante A**

Lors de la première semaine d'intervention, l'enseignante A invite les élèves à former des équipes de deux et à travailler à tour de rôle sur les problèmes des niveaux 1, 2 et 3 de *Slice Fractions* pendant une séance d'environ 30 min. L'enseignante circule en classe pour les guider et répondre à leurs questions. Ensuite, elle anime un retour en grand groupe, pendant 10 minutes, durant lequel elle invite les élèves à présenter leur démarche et la tester dans l'application devant la classe.

##### *Description du travail de l'élève A1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 1, l'élève A1 travaille en équipe avec l'élève A6. Au début, nous les entendons penser à voix haute à chaque étape et décomposer la démarche avant de faire des manipulations. Elles disent « attends attends ! on fait lui, après lui, après lui, après lui ». Elles comptent aussi les morceaux qu'elles font tomber et justifient leur choix « non c'est parce que si on fait lui ça va

lâcher ». Lorsqu'elles se rendent compte de leurs erreurs, en cours de route, elles verbalisent leurs impressions et refont le problème en se corrigeant.

#### *Description du travail de l'élève A2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 1, dans certains défis, nous entendons A2 et son coéquipier réagir à la suite de leurs erreurs en disant « hein ? Ah ! » Au deuxième essai, nous les voyons corriger leurs erreurs, ce qui suggère qu'ils sont attentifs aux effets de leurs actions dans le jeu et qu'ils tiennent compte de ce qu'ils ont observé au premier essai. Ils font également des pauses et nous entendons un élève dire à l'autre : « attends ! Voilà, après, coupe la chaîne », ce qui suggère qu'ils prennent le temps de réfléchir à chaque problème avant de faire des manipulations dans le jeu.

#### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

L'enseignante débute en choisissant le défi 1 du niveau 2 dans l'application et invite les élèves à présenter leur démarche au TNI [QR, 5]. Nous observons que des élèves lèvent la main pour venir présenter leur démarche au tableau. À tour de rôle, ils font des manipulations dans le jeu devant la classe. L'enseignante choisit des élèves qu'elle considère comme faibles pour venir travailler à l'avant et des élèves plus forts pour les guider au besoin. Elle oriente les questions pour cibler la ZPD de chacun [ZPD, 1]. Nous remarquons que l'élève qui est à l'avant prend le temps de réfléchir à la stratégie [ps, 5] ou au raisonnement mathématique [pr, 5] avant de faire des manipulations dans l'application.

Lorsqu'ils manipulent dans l'application, les élèves sont, dans plusieurs cas, silencieux. Toutefois, à 3 occurrences, l'enseignante décrit ce qu'ils font ou reformule leurs propos en utilisant le métalangage [MR, 3]. Lorsqu'elle décrit ce qu'un élève est en train de faire au tableau, ce dernier a tendance à ne pas expliquer sa démarche et se contente de faire des manipulations [ma, 4].

Pour encourager les élèves à verbaliser leur démarche, l'enseignante les guide en décomposant le problème et en leur posant des questions à chaque étape [GQ, 3]. Elle les invite également à nommer chaque fraction qu'ils choisissent de faire tomber, ce que les élèves font à 3 reprises [mf, 3]. Aussi, tout au long de l'activité, l'enseignante anime des discussions qui portent sur les stratégies dans le jeu [OS, 2] et sur le concept de fraction [OF, 7]. Dans ses discussions, elle

n'emploie pas le métalangage [MA, 4], mais elle nomme les fractions [MF, 2] et elle emploie une fois le métalangage mathématique [MP, 1] pendant qu'elle guide un élève.

Durant la démarche, l'enseignante invite les élèves à réfléchir à la prochaine étape [RPE, 2] en leur demandant de nommer les fractions qu'ils vont obtenir à la suite des manipulations qu'ils prévoient faire dans le jeu. Elle contribue ainsi à soutenir leur raisonnement et les aide à résoudre le problème. Lorsque les élèves voient l'effet de leurs actions dans l'application, ils comprennent si leur stratégie fonctionne ou pas. Aussi, lorsque les élèves donnent la bonne réponse, l'enseignante la valide en la répétant [RQ, 6]. Elle encourage les élèves à faire plusieurs essais s'ils ne réussissent pas du premier coup.

Pour aider les élèves à avancer dans leur raisonnement, l'enseignante leur donne un indice en attirant leur attention sur les fractions qui sont sur l'image [GI, 2]. Cette stratégie encourage les élèves qui hésitent puisque nous les observons prendre le temps de réfléchir et faire des manipulations dans l'application pour s'assurer de l'exactitude de leur raisonnement. Lorsque les élèves font une erreur, l'enseignante les invite à réfléchir à la stratégie dans le jeu [OS, 2].

Parfois, si les élèves ne réussissent pas après le deuxième essai, l'enseignante leur propose de collaborer avec un autre élève pour les aider à résoudre le problème. Elle choisit un élève fort pour guider celui qui est à l'avant. L'élève choisi guide son collègue en lui expliquant la stratégie de jeu [ds, 8]. Cette pratique semble contribuer au développement du métalangage des élèves qui guident leurs collègues, car ils l'emploient en expliquant leur démarche [mp, 6]. Une fois, l'élève demande de recommencer pour corriger son erreur, ce qui suggère un développement de sa pensée métacognitive. L'élève qui est à l'avant corrige lui aussi, une fois, son erreur en cours de route [ri, 2]. L'enseignante félicite les élèves pour les encourager.

À la fin de chaque défi, l'enseignante demande s'il y a des élèves qui ont trouvé d'autres possibilités de résoudre le problème qu'ils aimeraient présenter à la classe. Elle ouvre ainsi la porte à un dialogue cognitif entre les élèves [DC, 5]. Bien qu'ils ne proposent pas différentes solutions pour résoudre un problème, les élèves semblent attentifs aux raisonnements de leurs collègues, car nous remarquons qu'à 2 reprises, lorsque la stratégie d'un élève ne fonctionne pas, deux élèves le soulignent. L'enseignante en profite, une fois, pour leur demander de justifier leur



réponse [QJ, 1] pour rendre leur raisonnement explicite aux autres élèves. Cette pratique permet également à l'élève qui prend la parole de se rendre compte de son erreur et de se corriger [ri, 2]. Il justifie d'ailleurs sa réponse une fois, sans que l'enseignante le demande, ce qui suggère un développement de la pensée métacognitive. Dans le cadre de ce dialogue cognitif, les élèves utilisent aussi le métalangage mathématique pour expliquer leur démarche et leurs erreurs. L'enseignante conclut l'activité en demandant aux élèves comment ils ont trouvé le travail dans l'application, une discussion qui porte surtout sur la dimension affective [OA, 2].

#### **4.2.3 Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante B**

Lors de la première semaine d'intervention, l'enseignante B invite les élèves à former des équipes de deux avec le partenaire de leur choix et à travailler à tour de rôle sur les problèmes des niveaux 1, 2 et 3 de *Slice Fractions* pendant une séance d'exercisation d'environ 40 minutes. L'enseignante circule en classe pour les guider et répondre à leurs questions. Ensuite, elle anime un retour en grand groupe, pendant 20 minutes, durant lequel elle invite les élèves à présenter leur démarche et la tester dans l'application *Slice Fractions* devant la classe.

##### *Description du travail de l'élève B1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 1, l'élève B1 travaille avec l'élève B3. Les deux élèves commencent par faire plusieurs essais pour se familiariser avec la stratégie dans le jeu. Après quelques essais, le jeu leur donne un indice qui leur indique comment couper, ce qui les aide à réussir le défi. Au suivant, elles font deux essais. Elles analysent leurs erreurs et, au 3<sup>e</sup> essai, elles réussissent à résoudre le problème au premier essai. Durant ce processus, les deux élèves sont attentives pour éviter de faire la même erreur deux fois. Lorsque les élèves remarquent qu'une partie de leur démarche fonctionne, elles refont les étapes réussies et ajustent le reste.

Lorsque l'une d'entre elles fait une erreur, l'autre le lui mentionne. Par exemple, si B3 répète l'erreur qu'elle a commise à l'essai précédent, B1 lui fait la remarque : « ah ! C'est la même erreur ! » Parfois, B1 est en désaccord avec B3, mais en observant ses manipulations dans l'application, elle comprend la démarche. Pour l'exprimer, elle dit par exemple : « ah, j'ai compris ! »

Parfois, B1 se rend compte de sa propre erreur et le mentionne à voix haute : « ah je n'ai pas bien fait ! » Elle parvient aussi à expliquer qu'elle comprend le raisonnement mathématique, mais ne trouve pas la stratégie dans le jeu pour réussir. B3 tente de l'aider en lui donnant des indices. Elle lui indique, par exemple, en combien de morceaux il faut couper.

Pour s'entraider, les deux élèves formulent plusieurs hypothèses pour résoudre le problème. Par exemple, si le problème consiste à couper  $\frac{1}{4}$  du carré, B1 coupe le carré au milieu et ensuite B3 explique qu'il faut couper la « deuxième moitié ». Dans cet échange, B1 développe son raisonnement mathématique et comprend ce qu'il faut faire pour résoudre le problème. Elle le formule avec un métalangage mathématique en disant que « les morceaux doivent être égaux ».

Dans les défis plus avancés du jeu, les élèves se rendent compte qu'elles sont en train de travailler sur les fractions et le signalent à voix haute. Pourtant, pour choisir le morceau qu'elles doivent laisser tomber, elles comparent parfois les formes plutôt que les fractions. Dans les défis encore plus avancés, les fractions sont écrites dans le jeu puisque le jeu passe à une représentation symbolique. Nous remarquons que, lorsque c'est le cas, les élèves nomment les fractions plus fréquemment. Elles disent par exemple : « tu dois couper  $\frac{1}{4}$  ».

#### *Description du travail de l'élève B2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 1, l'élève B2 travaille avec l'élève B5. Elles prennent le temps de regarder l'image et de réfléchir pour trouver la meilleure solution du premier coup. Nous les entendons dire par exemple : « donc là il en faut 3 je pense » ou « attends attends, est-ce qu'il y a une autre façon de faire ? » Lorsqu'elles remarquent qu'elles ont raté, elles le verbalisent, parfois même avant la fin du défi. Elles comprennent aussi l'erreur commise et l'expriment : « ah maintenant j'ai compris ». Nous entendons B2 expliquer la cause : « c'est parce qu'il faut que tu coupes, après tu pètes la bulle. »

Elles évitent de refaire la même erreur deux fois. Lorsqu'elles refont le défi, elles essaient une autre démarche. Elles prennent le temps d'identifier les morceaux nécessaires pour faire le bon choix de fractions entre le  $\frac{1}{2}$  et le  $\frac{1}{3}$  par exemple. S'il y a un morceau de plus, elles ne se précipitent pas pour l'utiliser. Elles réfléchissent et comprennent qu'il ne leur est pas utile.

Elles segmentent la démarche et se l'expliquent : « OK on commence par lui, après tu coupes et tu fais descendre lui » ou « lui il ne sert à rien. Ici tu vas enlever les bulles, tu vas le couper en deux. Là tu vas avoir un. Là tu enlèves la bulle. Bon ! » Elles nomment aussi les fractions : « ça, c'est  $1/2$  », surtout lorsqu'elles sont écrites dans l'application, à partir du niveau 3.

Si elles voient que leur raisonnement mathématique est bon, mais que la stratégie ne fonctionne pas. Elles se donnent un objectif et se disent, par exemple, qu'il faut couper de façon à obtenir deux morceaux égaux. Nous les entendons se demander : « est-ce qu'ils sont égaux tu penses ? ».

Elles justifient aussi leur démarche. Par exemple, dans un défi, elles ont besoin de  $3/6$  d'un côté et de  $1/6$  de l'autre. B2 coupe la moitié de l'hexagone en trois triangles égaux pour obtenir 3 morceaux de  $1/6$ . Elle explique qu'elle « peut faire 3 triangles donc un des trois c'est  $1/6$ . »

#### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

L'enseignante débute en demandant aux élèves de partager leurs impressions sur le jeu [OA, 9]. Les élèves ont surtout apprécié la présence de défis qui, selon eux, sont difficiles, mais réalisables. Ils ont aussi l'impression d'apprendre les fractions sans s'en rendre compte. Selon eux, la stratégie est difficile à développer avec des problèmes dans le cahier d'exercices uniquement. Les élèves ont aussi exprimé qu'ils apprécient les animations présentes dans le jeu.

L'enseignante choisit ensuite un défi dans le jeu et invite les élèves, à tour de rôle, d'abord à présenter leur démarche verbalement, puis à faire des manipulations au TNI [QR, 18]. Elle précise le niveau de difficulté du problème [ZPD, 1]. Elle mentionne le concept étudié dans le niveau choisi, par exemple « composante », pour clarifier l'intention d'apprentissage [PI, 1]. Elle rappelle aux élèves qu'ils ont le droit de se tromper et de réessayer. Elle insiste que l'élève qui répond puisse tenter sa chance sans recevoir l'aide de ses pairs dans un premier temps. Ceci semble encourager les élèves à s'exprimer, car ils ont le courage d'essayer plusieurs possibilités pour résoudre un même problème, et ce malgré leur incertitude.

Lorsque les élèves expliquent leur démarche verbalement avant de la tester dans l'application, le métalangage mathématique est absent de leur discours [ma, 25]. Pour les encourager à le faire, l'enseignante les questionne afin qu'ils nomment les fractions et développent leur métalangage. De plus, elle modélise en reformulant elle-même leur démarche et en employant le métalangage

précis [MP, 20]. Par exemple, lorsque l'élève dit « moi je vais prendre un d'eux et un de lui », l'enseignante lui mentionne qu'« ici ça correspond à  $1/4$ , et  $1/5$  ». À la suite de telles interventions, nous observons que l'usage du métalangage devient plus fréquent [mp, 15] et que les élèves nomment parfois les fractions [mf, 4].

L'enseignante donne des indices aux élèves pour guider leur réflexion [GI, 18] en les questionnant pendant qu'ils font des manipulations dans l'application. Elle leur demande, par exemple, s'ils ont cassé suffisamment de morceaux de glace pour faire fondre la lave au sol. Elle nomme les fractions dont ils ont besoin et les laisse réfléchir aux morceaux qu'ils doivent partager pour les obtenir. Ce faisant, elle décompose la démarche et leur pose une question à chaque étape pour leur faciliter la résolution [GQ, 7]. Aussi, une fois, elle réfère à des connaissances antérieures [PCA, 1], ce qui les aide à mieux comprendre la démarche de résolution du problème et leur permet de le résoudre efficacement.

Parfois, les indices servent aussi de rétroaction pour attirer l'attention de l'élève sur son erreur et le renseigner sur son état d'avancement dans la tâche [REA, 6]. Par exemple, l'enseignante lui dit de faire attention, car il prend  $4/5$  alors qu'il a besoin de  $2/3$ . L'enseignante offre aussi des rétroactions qui permettent aux élèves de réfléchir à la prochaine étape [RPE, 3] et de bien choisir ses morceaux avant de faire des manipulations dans l'application. L'enseignante invite également les élèves à tester leur démarche dans le jeu pour voir son effet et la valider [RQ, 11].

Pour les guider davantage, l'enseignante illustre le problème visuellement au tableau avec des bandes pour faire des liens avec ce qu'ils ont appris précédemment sur le concept de fraction et les aider à conceptualiser [GD, 1]. Nous observons également que les élèves s'entraident pour parvenir à résoudre des niveaux qui leur semblent difficiles. En voyant la représentation visuelle au tableau, ils répondent correctement aux questions posées par l'enseignante et parviennent à faire plusieurs liens avec le concept de fraction et de les verbaliser, ce qui suggère que cette représentation est féconde pour susciter un raisonnement.

L'enseignante anime un dialogue cognitif [DC, 4]. Par exemple, elle suggère aux élèves un scénario ou une façon de faire qui ne fonctionne pas et les invite à y réfléchir, suscitant ainsi un dialogue cognitif autour d'une stratégie erronée. Nous assistons également à un dialogue cognitif lorsque

l'enseignante demande aux élèves de présenter une façon de résoudre le problème qui est différente de celle de leur collègue. Dans ce dialogue, les élèves discutent de stratégie et n'utilisent pas nécessairement le métalangage mathématique [ma, 25]. Ils discutent également de stratégie lorsqu'ils décrivent leur démarche [ds, 15]. Pendant qu'un élève présente sa démarche au tableau, les autres sont attentifs et prédisent parfois que la démarche de leur collègue ne fonctionne pas. Dans ce genre de dialogue, les élèves présentent leurs arguments et prennent l'initiative de les justifier [rj, 5] ou le font lorsque l'enseignante le demande [QJ, 1], en disant « tu vas me dire quel morceau tu choisis et pourquoi tu choisis celui-là ? » Les élèves portent ainsi un regard sur leur raisonnement, ce qui suggère le développement de leur métacognition.

L'enseignante termine le défi en faisant un résumé des apprentissages réalisés et des liens avec le concept de fraction. Par exemple, elle utilise le visuel dans l'application pour expliquer que, puisqu'il reste de la lave au sol,  $\frac{2}{5}$  est plus grand  $\frac{1}{3}$ .

#### **4.2.4 Transpositions dans l'activité 1 de l'enseignante C**

L'enseignante C a réalisé quatre activités avec *Slice Fractions*. Dans la première, les élèves travaillent dans l'application, en équipes de deux, pendant 30 minutes. L'enseignante se promène en classe pour les guider et répondre à leurs questions. Cependant, elle n'anime pas d'activité en grand groupe dans cette première activité. Dans ce qui suit, nous décrivons le travail des élèves C1 et C3 dans *Slice Fractions* lors de l'activité 1.

##### *Description du travail de l'élève C1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 1, C1 et C4 travaillent ensemble. Elles jouent à tour de rôle, chacune fait un défi. Elles décrivent l'image, avant de commencer, en comptant les morceaux de glaces. Ensuite, elles décrivent ce qu'elles font. Durant les premiers défis, les fractions ne s'affichent pas sur l'image et les élèves n'utilisent pas le métalangage et ne nomment pas les fractions. Si l'une d'entre elles fait une erreur, elle se corrige seule en disant « non, ça n'a pas marché, j'aurais dû lâcher l'autre bord ». Parfois, sa collègue la corrige. Elles font aussi des hypothèses avant de faire des manipulations : « si tu lâches lui, ça va brûler ». C'est généralement l'élève C4 qui indique à l'élève C1 quoi faire.

Lorsqu'elles se trompent, l'enseignante les guide en décomposant la démarche. Elle commence par leur demander ce qu'elles voient sur le bas de l'image. Elles répondent qu'elles distinguent 4 morceaux. Ensuite, elle leur demande ce qu'elles voient en haut et en combien de parties est découpé le morceau. Elles comptent les morceaux et répondent 8. Elles concluent qu'il faut avoir deux morceaux de lave de  $1/8$ . Lorsqu'elles font tomber un morceau, l'enseignante leur demande de préciser combien il représente par rapport au tout et insiste pour qu'elles nomment la fraction. Elle les amène, en leur donnant des indices et en les questionnant, à simplifier la fraction donc à comprendre que  $2/8$  vaut  $1/4$ . Aussi, l'enseignante corrige leur métalangage. Par exemple, lorsque C1 dit qu'elle coupe  $1/2$ , l'enseignante la corrige en lui disant que c'est la demie de la demie donc le quart du tout. Les élèves semblent réfléchir avant de faire des manipulations, car elles prennent le temps de se poser des questions. Si les élèves bloquent sur la stratégie dans le jeu, après 3 essais, l'enseignante les aide, d'abord en modélisant son propre raisonnement, ensuite en les questionnant pour qu'ils réfléchissent à la prochaine étape « comment on fait pour garder deux pour lui ? »

Dans plusieurs défis, l'application propose de couper des triangles qui représentent  $1/4$  pour annuler des carrés qui représentent la même fraction. Il est à noter que, dans les défis suivants, C4 fait la même démarche bien qu'elle pouvait simplement couper des carrés. Elle semble donc comprendre que la forme n'est pas importante tant que la fraction est la même.

#### *Description du travail de l'élève C3 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 1, C3 et C5 travaillent ensemble. Elles font un défi chacune à tour de rôle. Elles font des liens avec le concept de fraction. Par exemple, C3 parle d'équivalence de fractions : « ça fait 4 morceaux, mais peut-être qu'ils ne sont pas équivalents ». À la suite de son commentaire, elles réussissent le défi en coupant le carré en 4 morceaux équivalents.

Elles réfléchissent avant chaque problème. Nous les entendons dire : « qu'est-ce que je peux faire ? » Parfois, elles confrontent leurs idées en émettant des hypothèses de solution avant de commencer à faire des manipulations dans le jeu. Par exemple, C5 explique à C3 son raisonnement : « moi je pense qu'il faut couper au milieu ». C3 répond : « peut-être, mais d'habitude on coupe comme ça ». C5 : « on ne peut pas, car il faut que tu suives les lignes ». À

chaque fois, elles justifient leur raisonnement verbalement ou font un essai dans le jeu. En voyant les effets de leurs actions dans l'application, elles ajustent leur raisonnement. De plus, elles nomment parfois les formes géométriques comme, par exemple le trapèze.

#### **4.2.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes**

Comme mentionné dans la rencontre préparatoire, les enseignantes sont arrivées avec trois perceptions différentes du rôle de la ressource numérique *Slice Fractions* dans le processus d'apprentissage des élèves. L'enseignante A pense que les manipulations et la possibilité de faire plusieurs essais dans le jeu aident les élèves à comprendre et à faire des liens entre les représentations visuelles et le concept de fraction. L'enseignante B exprime des doutes quant à la capacité des élèves à transposer les connaissances acquises dans le jeu. L'enseignante C fait la même réflexion et essaie de prédire les erreurs potentielles de ses élèves. Toutefois, elles sont toutes les trois d'accord sur l'importance d'accompagner les élèves lors du travail dans la ressource numérique. Leurs réflexions se sont transposées de trois façons différentes dans les trois classes pour atteindre une visée commune qui est d'encourager les élèves à faire des essais pour qu'ils développent une compréhension des fractions avec leur soutien. Le Tableau 19 présente une synthèse des activités.

**Tableau 19**  
Synthèse des activités 1 dans les trois classes

Enseign ante	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
A	1	30 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves ont un iPad par équipe de 2 et font des essais dans les niveaux 1, 2 et 3 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .
	2	10 min	<i>Slice Fractions</i> et TNI	I et C	<ul style="list-style-type: none"> <li>À l'aide d'une caméra document, l'enseignante projette l'écran du iPad sur le TNI. Ainsi tous les élèves peuvent voir les manipulations de celui qui travaille dans <i>Slice Fractions</i> à l'avant.</li> <li>L'enseignante choisit des élèves pour venir présenter leur démarche et la tester à l'avant dans l'application.</li> <li>L'enseignante choisit d'abord 3 défis simples du niveau 2 (les défis 13, 15, 16) dont l'objectif est d'apprendre à lire les fractions. Ensuite, elle choisit 2 défis plus difficiles dans le niveau 3 dont l'objectif est d'apprendre comment se servir du numérateur (les défis 12 et 13) et de comprendre comment utiliser les diagrammes circulaires pour représenter des valeurs de fractions (le défi 15). Elle mentionne aux élèves le niveau de difficulté.</li> </ul>
B	1	40 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves ont un iPad par équipe de 2 et font des essais dans les niveaux 1, 2 et 3 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .
	2	20 min	<i>Slice Fractions</i> et TNI	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>À l'aide d'une caméra document, l'enseignante projette l'écran du iPad sur le TNI. Ainsi tous les élèves peuvent voir les manipulations de celui qui travaille dans <i>Slice Fractions</i>, à l'avant.</li> <li>L'enseignante choisit des élèves pour venir présenter leur démarche et la tester à l'avant dans l'application <i>Slice Fractions</i>.</li> <li>L'enseignante choisit d'abord un défi simple du niveau 2 (le défi 16) dont l'objectif est d'apprendre à lire les fractions. Ensuite, elle choisit des problèmes de plus en plus difficiles, tous dans le niveau 3 (les défis 12, 13 et 15) dont l'objectif est d'apprendre comment se servir du numérateur. Elle mentionne aux élèves le niveau de difficulté.</li> </ul>
C	1	30 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves ont un iPad par équipe de 2 et font des essais dans les niveaux 1, 2 et 3 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .

Note. Ressources (Res) ; Types de regroupement (Reg) : individuel (I), équipe (É), classe (C).

Dans les trois classes, les élèves travaillent à deux sur un seul iPad. Chacun relève un défi et passe la tablette à son coéquipier. Parfois, ils s'entraident. Malgré sa préoccupation pour éviter les essais erreurs lors de l'usage de la ressource numérique, l'enseignante C ne tente pas de le faire dans l'activité 1. Elle laisse aux élèves toute la séance pour jouer sur *Slice Fractions*. Dans les classes A et B, les enseignantes réalisent un retour en grand groupe à la fin de la séance. Pendant



ces retours, elles abordent avec les élèves quelques niveaux du jeu qu'elles ont sélectionnés. Les élèves sont invités à proposer des solutions, à venir à l'avant et à résoudre le niveau devant toute la classe. Ils peuvent ainsi explorer plusieurs solutions et en discuter avec la classe. L'environnement est tel que tout le monde peut participer, les essais sont encouragés et le rôle de l'erreur est valorisé.

Dans ce type d'activité, les enseignantes A et B exploitent la richesse de *Slice Fractions*, c'est-à-dire que, lorsque les élèves viennent à l'avant pour manipuler, ils voient l'effet de leurs actions qui sont rendues visibles grâce aux ressources numériques utilisées (*Slice Fractions* et une caméra numérique qui permet de projeter l'écran de l'iPad sur le TNI). De plus, pendant qu'un élève réfléchit et fait des manipulations devant la classe, tous peuvent voir l'effet de son raisonnement. Toutefois, comme dans toutes les activités où quelques élèves sont invités à venir à l'avant, il n'est possible d'observer que le travail de quelques élèves.

Dans les trois classes, les enseignantes ont profité de cette première activité pour explorer ce que leurs élèves peuvent faire avec le jeu *Slice Fractions* et comment elles peuvent les accompagner dans leur démarche. Les élèves ont donc bénéficié d'une certaine liberté pour faire des manipulations tandis que les enseignantes mettent en œuvre des pratiques pédagogiques pour les guider ou les inviter à verbaliser afin de mieux comprendre leur raisonnement, comme nous pouvons le voir dans le Tableau 59. Bien que cette intention soit la même dans les trois classes, les transpositions sont distinctes.

En effet, l'enseignante A attribue de l'importance aux manipulations. C'est ce qu'elle exprime clairement durant la rencontre préparatoire. Ceci s'est transposé dans son activité 1, où elle décide d'inviter un élève en difficulté à venir à l'avant pour tester sa démarche et demande aux élèves plus avancés de l'aider au besoin surtout après le deuxième essai. Elle invite les autres élèves à partager leur démarche et à la justifier si elle est différente de celle de leur collègue. De façon générale, dans ce type d'activité, les élèves n'expliquent pas automatiquement leur démarche pendant qu'ils font des manipulations devant la classe. Par contre, ils le font lorsque l'enseignante le demande. Toutefois, ce genre d'interaction permet aux élèves qui les aident de verbaliser leur démarche, puisqu'ils doivent expliquer les étapes à leurs camarades, ce qui rend visibles leurs raisonnements.

L'enseignante B, quant à elle, demande aux élèves de verbaliser leur démarche avant de faire des manipulations sur l'iPad projeté sur le TNI. Elle peut ainsi accéder à leur raisonnement avant la réalisation d'un essai dans l'application et les soutenir dans la conceptualisation. Elle les invite également à faire plusieurs essais, même lorsqu'ils sont incertains. Elle insiste pour que les élèves qui sont au tableau fassent au moins un essai avant de recevoir l'aide de leurs collègues. Dans un dialogue cognitif, les élèves soulignent les erreurs dans la démarche de leur collègue qui est au tableau et lui suggèrent d'autres façons de résoudre le problème en les justifiant. Rappelons que cette enseignante exprime des doutes, lors de la rencontre préparatoire, concernant la capacité des élèves à transposer les savoirs qu'ils développent lors du travail dans l'application. C'est qui la pousse, lors de son activité, à s'attarder davantage sur cet aspect et à utiliser, une fois, le dessin afin d'amener les élèves à conceptualiser. C'est une pratique qu'elle développe, d'un essai à l'autre, tout au long des 4 activités et qu'elle mettra en œuvre davantage lors de l'activité 4, comme nous pouvons le voir dans le Tableau 59 en Annexe 23.

Pour soutenir le raisonnement à voix haute, les enseignantes A et B décrivent parfois la démarche des élèves en utilisant un métalangage pour la formaliser. Afin d'encourager les élèves à élaborer un raisonnement, les deux enseignantes décomposent les problèmes pour les questionner et leur offrent des indices pour que la tâche soit située dans leur ZPD.

À l'instar de ses collègues, l'enseignante C interagit avec ses élèves pendant qu'ils travaillent dans l'application en les questionnant ou en leur donnant des indices. Cette pratique suit les réflexions et les échanges qu'elle a eu avec ses collègues durant la rencontre où elle avait souligné son intérêt pour mieux comprendre le rôle de l'enseignante lorsque les élèves travaillent dans l'application *Slice Fractions*. Toutefois, bien qu'elle ait émis des craintes à l'égard de la propension des élèves à résoudre les problèmes par essais et erreurs, elle n'intègre pas, à ce stade, une activité de groupe visant à rendre visible le raisonnement des élèves et à susciter un dialogue cognitif autour de celui-ci. Le modèle TPaCK que nous avons présenté dans le cadre théorique met d'ailleurs en lumière la difficulté que représente cette intégration.

### 4.3 Description de l'activité 2 de chaque enseignante à la lumière de la première rencontre en cercle pédagogique

Dans cette section, nous commencerons par une description de la première rencontre en cercle pédagogique, suivie d'une description de la deuxième activité de chacune des trois enseignantes et des effets observés sur le processus et la démarche d'apprentissage des élèves. Nous terminerons par une mise en relation des transpositions observées dans les trois classes.

Le Tableau 20 présente la fréquence des 30 pratiques pédagogiques observées, regroupées sous 7 catégories, pour l'activité 2 pour chacune des classes. Tandis que le Tableau 21 présente les fréquences d'apparition des 15 caractéristiques du travail des élèves lors de l'activité 2 dans les trois classes.

**Tableau 20**

Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 2 dans les trois classes

Pratiques pédagogiques		Activité 2		
		A	B	C
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	0	0	0
	Clarifier les critères de succès [PC]	0	0	1
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	1	0	0
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	0	0	2
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	0	5	0
	Décomposer le problème [GQ]	7	6	0
	Modéliser son raisonnement [GM]	0	0	3
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]	0	0	1
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	0	2	0
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	3	8	3
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]	0	2	0
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	4	1	0
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]	0	0	0

Pratiques pédagogiques		Activité 2		
		A	B	C
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]	1	0	0
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]	2	5	3
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]	0	2	0
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]	2	4	0
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]	0	7	0
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	0	5	0
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	2	5	2
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	8	21	7
	Travailler autour des stratégies [OS]	4	8	0
	Travailler sur la dimension affective [OA]	0	2	0
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]	7	13	2
	Utiliser un métalangage erroné [ME]	0	0	0
	Nommer les fractions [MF]	0	7	2
	Utiliser un métalangage [MP]	3	1	4
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]	1	7	0
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	2	5	0
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	1	0	0

**Tableau 21**

Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 2 dans les trois classes

Travail des élèves		Activité 2		
		A	B	C
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]	0	0	0
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]	1	2	0
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]	5	9	6
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]	7	5	0
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]	11	4	6
	Justifier sa réponse [rj]	2	4	0
	Segmenter sa démarche [rs]	0	1	0
	Interpréter son erreur [ri]	0	2	0
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]	5	3	0
	Discuter autour des fractions [df]	8	12	6
	Discuter autour de la dimension affective [da]	0	0	0
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	9	13	0
	Utiliser un métalangage erroné [me]	1	0	0
	Nommer les fractions [mf]	3	1	6
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	1	6	0

**4.3.1 Présentation de la première rencontre en cercle pédagogique**

Durant cette première rencontre, les enseignantes échangent, entre elles et avec la chercheuse et son directeur de recherche qui animent la rencontre, sur leurs pratiques et l'intégration des ressources numériques en classe. Ensuite, elles réfléchissent ensemble pour concevoir leurs prochaines activités.

*Échanges sur l'intégration de l'application Slice Fractions et des activités en classe*

Dans la rencontre en cercle pédagogique, les enseignantes partagent ce qu'elles ont observé à la suite du premier essai qu'elles ont fait en classe. L'enseignante C commence la discussion et explique que ses élèves expriment à plusieurs reprises qu'ils ont apprécié le travail dans *Slice*

*Fractions* et la nouveauté qu'offre ce jeu. Ils aiment les technologies et n'en ont pas peur contrairement à elle qui, comme elle le précise, vient de l'époque où tous les devoirs étaient rendus à la main. Bien que, selon elle, ses connaissances technologiques se sont un peu développées avec le temps, elle trouve toujours difficile de s'adapter à l'intégration de la technologie en classe. Elle a aussi remarqué que certains élèves échangeaient pour essayer de trouver pourquoi leur solution ne fonctionnait pas et de suivre une démarche avant de se précipiter à faire des manipulations, alors que d'autres essayaient plusieurs fois jusqu'à ce que cela fonctionne. Elle en constate que le jeu semble ne pas les amener toujours à réfléchir à la logique derrière les actions requises.

L'enseignante A intervient pour exprimer qu'elle apprécie le fait qu'il y ait plusieurs possibilités pour résoudre un même problème et qu'elle trouve que le retour en grand groupe était pertinent. L'enseignante B appuie l'avis de sa collègue et ajoute que ce retour permettait aux élèves de voir qu'il y a différentes solutions à un même défi. Toutefois, elle a aussi remarqué que le jeu donnait des indices pour éviter que l'élève reste bloqué, ce qui fait qu'au bout du compte les élèves trouvent forcément la solution. Elle a aussi trouvé que de jouer à deux posait un problème, car, souvent, un défi simple est suivi d'un défi complexe et comme les élèves alternaient, le même élève tombait toujours sur les défis simples et l'autre sur les plus complexes. Ces observations lui donnent des idées pour ajuster son activité. Elle en conclut qu'interagir à deux a ses avantages, mais qu'il faudrait qu'ils aient chacun un iPad et qu'ils soient assis l'un à côté de l'autre, ainsi ils font tous les deux tous les niveaux. L'enseignante A approuve cette idée.

#### *Échanges sur les apprentissages des élèves avec l'application Slice Fractions*

L'enseignante B a aussi remarqué que tous les élèves ont aimé travailler dans l'application. Elle trouve que cette activité est différente des activités habituelles. Elle est ludique, agréable visuellement et facilement accessible. Les élèves comprennent instinctivement comment faire. Selon elle, même s'ils ont fait plusieurs essais, les élèves ont eu l'impression de résoudre des défis et d'avancer. Ils avaient envie d'arriver au bout du jeu au lieu de se contenter de faire seulement les trois niveaux demandés par l'enseignante. Elle a trouvé cela très positif.

En réponse, l'animateur intervient pour inviter les enseignantes à réfléchir à des pratiques à mettre en œuvre ou à réguler lors de leur prochaine activité en classe, pour faire en sorte que les élèves adoptent une posture stratégique au lieu de continuer à faire de multiples essais. L'enseignante C souligne que la tentation de faire des essais multiples est fréquente chez les élèves dans toutes les activités, même celles qui ne font pas appel à *Slice Fractions*. Elle appuie ses propos par des exemples d'élèves qui ont tendance à donner plusieurs réponses possibles l'une à la suite de l'autre, jusqu'à ce que l'enseignante en accepte une. D'autres élèves prennent le temps de réfléchir pour trouver la bonne réponse. L'enseignante B est d'accord avec l'observation de sa collègue. Elle remarque que le but des élèves est d'avancer en prenant le moins de temps possible. Selon elle, savoir chercher veut dire analyser ce qui s'est passé et ses élèves ne sont pas rendus là. Elle fait un lien avec ses pratiques pédagogiques et réfléchit à ce qu'elle pourrait mettre en œuvre pour remédier à cela en proposant de faire des retours en grand groupe. Selon elle, ces retours permettent de montrer aux élèves qu'il y a une logique dans le jeu et que leurs collègues ont eu des démarches différentes.

Pour faire des liens avec les pratiques pédagogiques à mettre en œuvre, l'enseignante A ajoute que le retour en grand groupe leur permet également de verbaliser ce qu'ils ont appris. Elle explique que, dans sa classe, quand elle leur demandait de venir au tableau, elle les invitait à expliquer leur raisonnement et ce qu'ils voulaient faire. En analysant ainsi la pratique mise en œuvre, elle constate qu'elle est très bénéfique et permet de surmonter les limites que peut avoir l'iPad seul.

L'enseignante C explique qu'avec les activités qu'elle faisait en dehors de *Slice Fractions*, elle pouvait demander aux élèves d'expliquer leur raisonnement, mais l'application leur offre la possibilité de faire des manipulations et de voir l'effet de leurs actions directement. Elle en conclut qu'il faut avoir l'intervention d'une enseignante qui demande à l'élève d'expliquer sa démarche et de la justifier afin de développer des apprentissages avec la ressource numérique. Autrement, selon elle, les élèves qui sont habitués à avoir une stratégie vont la développer avec l'application, les autres ne pourront pas le faire avec l'application seule. L'enseignante A appuie cette interprétation en expliquant que c'est parce que l'essai erreur dans l'application est facile.

L'animateur leur propose alors d'essayer de demander aux élèves d'expliquer leur raisonnement, avant de leur demander de faire des manipulations dans l'application pour résoudre un défi. Il explique que cela les aiderait à développer leur démarche puisque, dans le jeu, les élèves ne travaillent pas uniquement le concept de fraction, mais cherchent également à trouver la stratégie la plus efficace, ce qui pose de la difficulté à certains. L'enseignante B appuie cette idée et explique que les défis d'ordre stratégique sont importants, car, sans eux, il y aurait uniquement des équivalences de fractions à trouver. Selon elle, ce qui est intéressant est que, contrairement au cahier d'exercices, le jeu représente visuellement la notion de surface et la comparaison entre la forme et la surface. Elle donne des exemples de défi où les formes sont différentes, mais les surfaces sont les mêmes. Elle explique que cela ajoute à l'intérêt du jeu, car il permet de comprendre que la fraction n'est pas en lien avec la forme, mais avec la surface équivalente. Elle fait une comparaison avec les cahiers d'exercices où elle dit qu'elle retrouve souvent des représentations de chocolats à partager ou de pizza à découper et leurs formes sont toujours les mêmes.

L'animateur appuie le raisonnement de l'enseignante et ajoute l'importance de jouer aussi avec la notion du tout parce qu'elle peut parfois avoir une influence sur les démarches que les élèves décident de suivre. L'enseignante B trouve cette pratique intéressante pour faire de la différenciation, car la réflexion à la stratégie et au cheminement pour trouver la bonne démarche ajoute un défi supplémentaire pour les élèves qui comprennent rapidement.

L'enseignante C ajoute que, dans le jeu *Slice Fractions*, les élèves peuvent voir le lien entre le concept de fraction et des notions de la géométrie alors que dans les activités habituelles, ce concept est exclusif à l'arithmétique. Elle précise que ce qu'elle a le plus apprécié dans le jeu ce sont les représentations visuelles, car elles permettent de motiver les élèves qui en ont besoin et de les engager dans la tâche.

L'enseignante B revient sur l'idée précédente concernant les différences dans les formes et les surfaces et exprime qu'elle a trouvé particulièrement intéressant le défi où le carré était partagé en 8 morceaux différents. Son intérêt s'est développé pendant qu'elle observait une élève essayer instinctivement de faire tomber tous les morceaux et, à un moment, voir que rien ne fonctionnait. À ce moment-là, l'enseignante a remarqué que l'élève s'est arrêtée pour essayer de



comprendre et a pris conscience que les morceaux avaient des formes différentes. Cette observation en classe, a consolidé l'idée que l'enseignante B avait sur l'importance d'expliquer aux élèves que les surfaces peuvent ne pas être les mêmes et qu'ils peuvent les découper de façon différente chaque fois. Selon elle, les manipulations que permet de faire l'application pour expliquer ce concept sont intéressantes. Elle précise que, dans ses activités, elle insiste beaucoup sur ce concept, car les cahiers d'exercices ne présentent pas cette diversité. Elle explique que, dans ces derniers, on retrouve souvent des rectangles qu'il faut couper exactement au milieu, au quart ou au huitième. Ce manque de diversité fait que les élèves finissent par mémoriser la démarche. Il est donc nécessaire d'ajouter de nouvelles représentations pour mettre les élèves dans des situations où ils réfléchissent, se posent des questions et discernent la diversité. Elle observe donc une valeur ajoutée à la ressource numérique qui pourrait l'aider dans son enseignement. Elle réfléchit également à des moyens de transposition en classe lors d'un prochain essai. Pour éviter que l'élève ne fasse des essais intuitifs, selon elle, il est important que l'enseignant fasse un retour sur l'activité et aide les élèves à exprimer ce qu'ils viennent de faire dans le jeu avec un métalangage mathématique afin de l'expliciter. C'est une pratique que nous observons à plusieurs reprises dans les activités de l'enseignante B, comme nous pouvons l'observer dans le Tableau 59.

### *Échanges sur le rôle de Slice Fractions*

L'animateur demande aux enseignantes si elles ont des élèves qui, au-delà de l'application, rencontrent des difficultés avec les fractions. Ayant toutes répondu par l'affirmatif, il leur demande de lui expliquer le comportement de ces élèves une fois dans l'application. L'enseignante A mentionne qu'elle a observé deux élèves qui sont en grande difficulté habituellement surtout en fractions. Selon elle, les deux semblaient vraiment confiantes, raisonnaient et avançaient aussi vite que les autres. Elle interprète leur démarche en expliquant que, vu que ces élèves ont de la difficulté habituellement, elles ont eu plus tendance à penser avant d'agir donc elles trouvaient la démarche à suivre et l'activité leur prenait moins de temps. Leur travail l'a impressionné. Elle appuie les propos de sa collègue avec un exemple de sa propre classe et précise que les représentations visuelles, en particulier le fait que les élèves puissent voir qu'elles ne sont pas restreintes à une seule solution et qu'elles peuvent couper les morceaux

en différentes formes pour faire fondre la glace, les aident beaucoup. Les deux élèves étaient satisfaites de voir qu'elles pouvaient obtenir  $\frac{1}{4}$  de différentes manières. Habituellement, ce genre d'élève a une seule manière de voir les choses alors, pour elles, lorsque la forme change, la difficulté augmente. Mais, dans le jeu, elles pouvaient essayer de comparer avec d'autres formes et d'autres fractions. L'animateur ajoute que c'est une démarche qu'on observe quand on donne des objets à manipuler, que ce soient des objets physiques ou virtuels, à des élèves qui ont de la difficulté au niveau de la conceptualisation.

L'enseignante B ajoute qu'elle pense que les enfants ont l'habitude d'utiliser des tablettes ou des jeux et savent qu'en général c'est ludique et qu'ils vont réussir. Dans *Slice Fractions*, c'est comme si implicitement elle leur disait qu'ils allaient réussir, donc ils ne partent pas du principe qu'ils vont être bloqués. Au contraire, ils ont un a priori positif. Ils savent qu'ils n'ont pas de raison de se sentir coincer même s'ils travaillent avec des fractions. L'animateur rappelle que le défi qui reste à relever c'est d'essayer d'amener ceux qui sont tentés de résoudre les défis en ayant recours aux essais-erreurs à percevoir progressivement le gain qui serait associé au fait de réfléchir avant de commencer.

L'enseignante C partage ses impressions en expliquant que lorsqu'elle circulait en classe, elle s'est aperçue que certains élèves faisaient plusieurs essais et, une fois qu'ils ont réussi, passaient au prochain défi sans prendre le temps de comprendre comment ils y sont arrivés. Comme enseignante, elle ne voulait pas les interrompre à chaque fois pour leur demander d'expliquer leur raisonnement pour ne pas leur enlever le plaisir du jeu, alors elle les laissait faire. Elle remarque aussi que, clairement, chez les élèves plus faibles, l'enthousiasme est plus élevé en travaillant dans *Slice Fractions* qu'en travaillant dans le cahier d'exercices. Elle ajoute qu'en observant le travail d'une élève en difficulté qui était motivée en travaillant dans *Slice Fractions*, elle s'est rappelée qu'à l'université on lui enseignait que l'objectif de l'enseignant dans une activité et l'objectif des élèves ne doivent pas être formulés de la même façon. Elle dit que, par exemple, l'objectif des élèves peut être de jouer dans l'application tandis que celui de l'enseignante est de les faire travailler sur le concept de fraction.

De son côté, l'enseignante A remarque que les élèves plus forts sont engagés, mais qu'ils pensent que le jeu est obligatoirement facile, puisqu'ils ont de la facilité en mathématiques. Alors, il y a

quelques élèves qui ont commencé avec l'appréhension que le travail soit vraiment facile puis ils ont bloqué devant quelques défis. Lorsqu'elle leur demandait d'expliquer leur raisonnement, ils mettaient le blâme sur le jeu en disant qu'il contient une erreur qui fait que leur démarche ne fonctionne pas. En faisant face à un échec, les élèves forts réalisent donc que les fractions vont au-delà de ce qu'ils ont déjà appris.

### *Réflexion au sujet activités à mettre en œuvre avec Slice Fractions*

L'animateur propose aux enseignantes de regarder une vidéo du travail d'un élève dans *Slice Fractions*. Il leur explique que cela peut être une stratégie pédagogique, en dehors des cercles pédagogiques, et peut se faire soit simplement avec un élève, soit entre deux élèves ou en grand groupe pour comparer les raisonnements et les façons de faire. Il explique aussi que c'est efficace de faire ce retour pendant que le travail est encore frais dans la tête des élèves qui sont bloqués sur quelques défis pour essayer de comprendre pourquoi leur démarche fonctionne ou pas et ce qu'ils peuvent faire pour réussir. Cette stratégie peut engendrer des observations intéressantes de la part des élèves, car leur cerveau n'est plus occupé par la résolution, ils sont en train de se regarder résoudre un défi.

Intéressée par cette proposition et en prévision de sa prochaine activité, l'enseignante A se demande s'il serait pertinent de choisir un niveau que les élèves n'ont pas encore effectué et de le travailler avec eux en grand groupe avant de passer aux séances de travail dans l'application et pas l'inverse. L'animateur trouve l'idée très intéressante d'autant plus que les élèves doivent chercher ensemble une solution et une façon de la transposer concrètement par la suite.

L'enseignante B remarque aussi que, dans l'application, les élèves ne sont pas limités dans le temps, ce qui fait qu'il y a des élèves qui essaient n'importe quoi pour avancer. Pour remédier à cela, elle propose de leur dire de compter le nombre de tentatives sans leur en donner une limite. L'objectif de l'enseignante est que les élèves parviennent à développer une démarche avant de faire des actions et de ne pas se fier au hasard. L'animateur suggère de leur proposer de jouer en essayant de faire le moins de tentatives possible. Il ajoute que si les élèves réalisent qu'ils sont appelés à expliquer leur raisonnement à un moment ou à un autre, soit en petit ou en grand groupe, cela les forcera à essayer de comprendre. Si les élèves fonctionnent par des essais et des

erreurs, ils ne seraient pas en mesure d'expliquer leur démarche. En y réfléchissant, l'enseignante B pense que certains élèves vont avoir de la difficulté à venir à l'avant et expliquer ce qu'ils ont fait à moins qu'ils soient en petits groupes. Ces échanges alimentent la réflexion sur la conception de la prochaine activité avec la ressource numérique.

#### *Discussion sur les outils technologiques*

L'enseignante C demande si les élèves peuvent manipuler l'application sur le TNI. Les autres enseignantes lui expliquent alors comment elles ont utilisé la caméra document pour permettre ce genre de manipulations. Intéressée par l'intégration des ressources numériques dans ses activités, l'enseignante A en profite pour demander à l'animateur de partager avec elle des applications éducatives qu'il trouve intéressantes. Elle exprime qu'elle aime beaucoup *Slice Fractions* et *Plickers*, mais aimerait connaître d'autres ressources numériques. L'enseignante C lui propose l'application *SeeSaw* qu'elle a utilisée dans une autre école et qu'elle apprécie beaucoup, mais pense qu'il lui faut un peu plus de pratique pour bien la manipuler. Elle explique qu'il s'agit d'un portfolio où l'on peut voir le cheminement des élèves de façon confidentielle. L'enseignante peut voir les interventions écrites et verbales des élèves et ces derniers peuvent aussi se parler entre eux. Leur travail peut également être partagé avec les parents.

#### *Retour à la réflexion aux activités à mettre en œuvre avec *Slice Fractions**

Les enseignantes démontrent une ouverture à intégrer *Slice Fractions* en classe et essaient de trouver les meilleures façons de le faire. Elles souhaitent développer les apprentissages des élèves sans leur enlever le plaisir de travailler dans l'application.

L'enseignante C propose de guider les élèves et de leur donner une démarche à suivre sans que ce soit trop contrôlé pour ne pas enlever la beauté de l'exploration libre dans le jeu. Elle appuie l'idée de sa collègue d'ajouter des règles au jeu comme celle de demander aux élèves de réussir avec le moins de tentatives possible. L'animateur reprend cette idée en précisant qu'il faut trouver l'équilibre entre le jeu et le questionnement.

L'enseignante B précise qu'il faudrait amener les élèves à expliciter leur démarche pour comprendre quelles sont les stratégies qui fonctionnent. Mais elle craint que, vu que les élèves veulent avancer dans le jeu, cette façon de faire les ralentisse. Toutefois, elle propose de l'essayer

à la prochaine séance, car à ce moment ils auraient déjà découvert l'application et y auraient fait des manipulations donc ils savent à quoi s'attendre. L'animateur propose de demander aux élèves d'appeler l'enseignante chaque fois qu'ils pensent qu'ils ont trouvé la solution pour un défi, tout en leur laissant le choix. Ainsi, l'enseignante peut les accompagner pendant qu'ils expliquent leur démarche.

L'enseignante B demande si elle pouvait faire une saisie d'écran d'une partie du jeu, de la donner aux élèves en version papier et de leur demander d'expliquer leur démarche, avant ou après la séance de travail dans *Slice Fractions*. L'animateur trouve l'idée intéressante et se demande si le meilleur moment de le faire serait avant ou après le travail dans le jeu, sachant que de le faire avant pourrait ajouter une difficulté supplémentaire. L'enseignante B se rappelle un défi intéressant pour ce genre d'activité. Elle le décrit en expliquant qu'il fallait casser le morceau de  $\frac{2}{3}$  qui était sur le sol et qu'il y avait un cube partagé en 5, un deuxième en 4 et un troisième en 3. Il fallait trouver le bon morceau à faire tomber parmi ceux-ci. Mais les élèves choisissaient de prendre  $\frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{6}$  en se disant que cela allait faire  $\frac{2}{3}$ . Ils essayaient de le faire, mais cela ne fonctionnait pas.

En proposant ce genre d'activité sur papier, c'est-à-dire des activités où les élèves doivent faire de la recherche et de l'écriture ou formuler une hypothèse avant de la tester dans le jeu, l'enseignante B craint que l'activité ne soit plus ludique et devienne similaire à des activités d'apprentissage dans un cahier d'exercices. L'animateur propose alors de demander aux élèves d'expliquer leur raisonnement verbalement et non pas à l'écrit sur une feuille. Mais la crainte de l'enseignante dans ce cas est qu'il y ait un seul élève qui parle dans l'équipe et que l'autre se contente de l'écouter. Pour remédier à ce problème, l'animateur propose la formule d'atelier. L'enseignante B argumente qu'elle favoriserait l'écriture pour avoir une trace de plusieurs versions de raisonnements différents. L'animateur propose aussi de leur demander de dessiner leur démarche, sans l'écrire, en encerclant le morceau, en décrivant le chemin à prendre ou en le numérotant. L'enseignante B trouve cette idée intéressante, car elle permet de savoir comment les élèves raisonnent.

L'animateur demande s'il y en a des élèves assez habiles pour expliquer verbalement ce qu'ils font. La chercheuse répond que lorsque les élèves étaient en équipe de deux, quand l'un bloquait,

l'autre essayait de lui expliquer comment faire et devait donc verbaliser la démarche. Aussi, dans les retours en grands groupes, lorsque l'enseignante A demandait aux élèves de verbaliser, avant de venir à l'avant pour faire la démarche, ils étaient obligés de le faire et d'utiliser le métalangage, car ils sont loin de l'application et ne peuvent pas manipuler les objets dans le jeu pour s'aider. Lorsque les élèves travaillaient seuls, ils verbalisaient, mais sans nécessairement justifier leurs réponses ou utiliser le métalangage. L'animateur précise aussi qu'avec la complexité croissante, la difficulté augmente et ceci peut amener les élèves à verbaliser.

### *Réflexion autour de la prochaine activité*

À la suite de ces échanges, les idées des enseignantes deviennent plus ciblées sur le contenu des activités à mettre en œuvre la semaine suivante. L'enseignante A demande ce qu'elle peut faire comme activité avec *Slice Fractions* pour la prochaine fois. L'enseignante B propose de demander aux élèves de se limiter au niveau 4 pour qu'ils puissent travailler sur les niveaux 5 et 6 à la dernière séance. Elle suggère de les faire travailler par demi-groupe pour que chacun ait son iPad parce que les niveaux deviennent plus compliqués à partir du 4. De cette façon, tous les élèves font tous les défis et réalisent des apprentissages. Comme il n'y a que 12 iPads, elle propose que le reste de la classe fasse une activité sur une feuille pendant que les autres travaillent sur l'iPad. Elle suggère de les mettre en équipes de deux pour éviter qu'il y ait trop d'interactions comme lorsqu'elle les fait travailler en groupes de 4. Elle explique que, si elle met un bon élève avec un autre qui a besoin de plus de temps, celui qui comprend tout de suite va avoir tellement envie d'expliquer la démarche qu'il va passer par-dessus son collègue, ce qui serait dommage pour ceux qui ont du mal et qui y seraient arrivés si on leur avait laissé le temps nécessaire. L'animateur appuie son idée et ajoute qu'elle pourrait combiner différentes modalités comme l'anticipation de la démarche avant le travail dans l'application. L'enseignante B propose alors de faire l'activité avec un demi-groupe qui travaille sur la feuille pendant que les autres travaillent dans l'application, ensuite ceux qui ont travaillé dans l'application pourraient faire l'activité sur la feuille.

L'enseignante A s'inspire de l'idée de sa collègue, mais propose de prendre d'autres iPad de l'école pour en avoir assez pour toute la classe, de mettre juste la saisie d'écran d'un défi, ensuite de demander aux élèves d'expliquer leur raisonnement à partir de la photo uniquement, sans

passer par la feuille, afin de garder leur intérêt pour le travail dans les iPads. L'animateur trouve aussi cette modalité intéressante. Il explique qu'il faut réfléchir à ce qu'il faudrait observer dans le travail des élèves qui indiquerait aux enseignantes qu'il y a une progression intéressante.

L'enseignante C explique que, selon elle, la seule chose qui manque au jeu c'est la possibilité de mettre une pause à l'activité pour en discuter en grand groupe, à la suite de chaque défi. Elle explique qu'il est difficile d'être avec tous les élèves pendant qu'ils jouent et de les arrêter pour leur demander de raisonner. C'est pourquoi elle pense que, si elle fait travailler les élèves sur l'application projetée au TNI, en plus de la possibilité de faire des manipulations sur les iPads, cela pourrait lui permettre de faire une pause de temps en temps et de demander aux élèves de raisonner à voix haute.

En écoutant leurs besoins et afin de soutenir leur réflexion, l'animateur leur présente l'application *Neaprod* qui permet de mettre en œuvre leur vision. En effet, elle permet d'envoyer une image sur tous les iPads et les élèves peuvent écrire la solution en utilisant le crayon ou leur doigt. Ensuite, l'enseignant reçoit toutes les réponses. Il précise qu'elles sont toutes intéressantes, car il y a toujours un raisonnement derrière chaque réponse, mais il faut questionner les élèves par après pour mieux comprendre leur démarche. L'animateur pense à cette application, car les enseignantes peuvent y mettre la saisie d'écran qu'elles pensent prendre dans l'application et faire travailler les élèves là-dessus sans passer par le papier. En supposant que chaque élève ait un iPad ou qu'il y ait un iPad pour deux, l'enseignante peut partager l'image sur tous les iPads et demander aux élèves de dessiner ou d'écrire à côté, selon leur préférence. Ensuite, l'enseignante peut voir toutes les images et en choisir une pour la renvoyer sur tous les iPads. Elle peut demander à l'élève d'expliquer sa démarche de résolution et comparer sa réponse avec les autres. Ceci peut susciter un dialogue cognitif entre les élèves. L'enseignante B mentionne, à ce moment, que pour expliquer le concept d'addition de fractions aux élèves, elle a repris des exemples de *Slice Fractions*.

L'enseignante C explique que l'application *Slice Fractions* est nouvelle pour les enseignantes et pour les élèves alors il va lui falloir du temps pour « digérer », mais que, si elle décide de l'utiliser l'année prochaine dans une autre classe, elle aura plus d'idées d'intégration de cette ressource. Elle partage aussi son envie de s'asseoir avec quelques élèves en atelier afin de pouvoir leur

apporter plus de rétroactions sur leur travail, car elle ne peut pas passer assez de temps ni offrir assez de soutien à chaque équipe quand les élèves sont nombreux. Pour le moment, elle sent qu'elle a peur de ne pas donner à l'application son mérite et pense qu'il lui faut plus de temps pour bien l'intégrer. Elle exprime également son envie de pouvoir poursuivre le travail dans *Slice Fractions* après l'expérimentation pour que son intégration devienne plus fluide. Elle aimerait travailler avec l'application deux fois par semaine.

#### **4.3.2 Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante A**

Lors de la deuxième semaine d'intervention, l'enseignante A anime une activité en groupe basée sur un questionnement dans l'application *Nearpod* autour d'un défi dans *Slice Fractions* (défi 8, niveau 4). Son objectif est d'amener les élèves à comprendre qu'une fraction est  $x$  fois plus grande qu'une autre. L'activité dans *Nearpod* dure 10 min. À la suite de cette activité, les élèves ont 20 à 30 minutes environ pour faire des essais dans le niveau 4 de l'application *Slice Fractions*.

##### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

Nous observons que, lorsque l'enseignante reçoit toutes les réponses, elle en choisit une et explique la raison derrière son choix. Ensuite, elle demande à l'élève choisi d'expliquer son raisonnement [QR, 3]. Ce dernier le fait [rd, 11] et emploie le métalangage [ma, 3]. L'enseignante le questionne après chaque description de la démarche pour qu'il nomme les fractions en jeu, ce qu'il fait à 3 reprises [mf, 3]. Ainsi, il fait des liens entre le jeu et le concept de fraction. Elle oriente les questions pour cibler les besoins de chaque élève [ZPD, 1].

Aussi, pour amener l'élève à utiliser le métalangage, l'enseignante décompose le problème [GQ, 7] et pose des questions en lien soit avec les fractions, soit avec la stratégie dans le jeu. Par exemple, elle lui demande, « lequel tu prends en premier ? ». C'est le seul type de guidance que nous observons durant cette activité. L'enseignante anime ainsi une discussion qui porte sur la stratégie dans le jeu [OS, 4] ou, plus fréquemment, sur le concept de fraction [OF, 8], et ce en utilisant le métalangage mathématique [MP, 3] en lien avec l'équivalence des fractions par exemple. De plus, à une seule occurrence, lorsque l'élève ne comprend pas la question et répond sans mentionner les fractions, l'enseignante reformule la question en utilisant le métalangage [MQ, 1]. Lorsque l'élève a la bonne réponse, l'enseignante la confirme [RQ, 2]. Sinon, elle le



renseigne sur son état d'avancement [REA, 2]. Une fois, lorsqu'il nomme incorrectement les fractions, elle le corrige [RC, 1].

Puisque l'élève explique sa démarche tout en restant assis à sa place, sans faire de manipulations dans le jeu, l'enseignante lui pose des questions, pour s'assurer qu'elle comprend son raisonnement [QC, 4]. Elle le fait en reformulant sa réponse [MR, 2]. Elle corrige aussi le métalangage de l'élève ou l'aide, une fois, à nommer correctement les fractions [me, 1] avant de passer à la prochaine étape de la démarche.

À la suite d'un tel exercice, l'élève utilise le métalangage, car il nomme les fractions [mf, 3] qu'il choisit au lieu d'utiliser le langage du jeu et de dire, par exemple, « le morceau à gauche ». Il poursuit ainsi son raisonnement en lien, soit avec la stratégie dans le jeu [ps, 1], soit avec les mathématiques [pr, 5]. De plus, en expliquant sa démarche l'élève justifie ses actions dans le jeu [rj, 2], et ce, sans que l'enseignante le demande.

L'enseignante clôt l'activité en demandant aux élèves s'ils ont des commentaires sur la démarche de leur collègue, ouvrant ainsi la porte à un dialogue cognitif [DC, 2]. Un élève fort intervient en expliquant qu'une façon plus simple à faire est de mettre au même dominateur. Cet élève nomme les fractions [mf, 3] et emploie le métalangage mathématique [me, 1]. L'enseignante le précise en conceptualisant [MC, 1]. Elle dit : « ce que je comprends de ce que tu viens de dire c'est qu'on met le  $\frac{2}{3}$  sur 6 donc sur des sixièmes, sur le dénominateur 6, pour qu'ils soient pareils, pour bien comparer. »

#### *Description du travail de l'élève A1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 2, A1 joue seule dans l'application. Elle parvient à résoudre les problèmes, seule ou avec l'aide des indices offerts par le jeu. À la suite de chaque essai, elle ajuste sa démarche selon ce qu'elle a appris de la rétroaction obtenue lors de l'essai précédent. En écoutant son raisonnement à voix haute, nous remarquons qu'elle élabore une réflexion avant chaque action. Dans certains défis, son raisonnement mathématique est exact, mais elle les refait plusieurs fois afin de trouver la stratégie efficace qui lui permet de faire tomber les morceaux dont elle a besoin.

#### *Description du travail de l'élève A2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 2, A2 réussit tous les niveaux après quelques essais. Comme durant l'activité 1, il prend le temps de réfléchir avant de faire des actions dans le jeu. Nous le voyons à travers les temps de pause, d'environ 30 secondes, qu'il prend avant de faire des manipulations au début de chaque défi.

#### **4.3.3 Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante B**

Dans un premier temps, l'enseignante B invite les élèves à former des équipes de deux avec le partenaire de leur choix et à réfléchir, pendant 20 min, à la résolution de 6 problèmes imprimés provenant du niveau 4 de *Slice Fractions* (les défis 8, 12, 14, 19, 20, 22) et écrire leurs hypothèses sur une feuille. Celle-ci contient des captures d'écran illustrant chaque défi et un espace vide pour que les élèves écrivent leur démarche. Les défis choisis représentent des résolutions de problème qui requièrent un raisonnement mathématique et sont susceptibles d'engendrer un dialogue cognitif autour des différentes solutions possibles.

Dans un deuxième temps, les élèves disposent d'environ 20 minutes pour s'exercer à résoudre tous les problèmes du niveau 4 dans l'application *Slice Fractions* incluant les 6 défis qu'ils ont tenté de résoudre sur leurs feuilles.

Dans un troisième temps, l'enseignante B anime une activité, d'une durée de 15 minutes, en grand groupe basée sur des allers-retours entre une version imprimée de quelques défis de *Slice Fractions* et la validation des raisonnements dans l'application sur iPad.

#### *Description du travail de l'élève B1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 2, B1 travaille seule. Elle réussit la plupart des défis, mais elle bloque sur un. L'enseignante lui apporte du soutien en décomposant la démarche. Elle lui demande d'abord ce qu'elle veut faire. L'élève dit qu'elle veut faire tomber le morceau de  $\frac{1}{3}$ , en le pointant du doigt, sans le nommer. Ce morceau étant coincé, l'enseignante lui explique qu'elle peut utiliser le  $\frac{3}{6}$  et pour lui donner un indice, lui mentionne que sur le  $\frac{3}{6}$  il y a un symbole + ce qui signifie qu'il peut s'additionner à d'autres morceaux. Après avoir écouté les indices de l'enseignante, l'élève argumente que, puisque le dénominateur n'est pas le même, bien que le morceau possède le symbole +, il ne s'additionnera à aucun autre. Toutefois, elle n'emploie pas le mot

« dénominateur ». Sa réponse suggère qu'elle réfléchit en écoutant les propos de l'enseignante et développe son raisonnement. Elle fait aussi appel à ses connaissances antérieures en cherchant une solution. Lorsqu'elle comprend qu'elle a besoin de  $\frac{4}{6}$ , elle coupe le  $\frac{1}{3}$  en deux pour obtenir  $2 \times \frac{1}{6}$ , fait tomber un autre  $\frac{3}{6}$  obtenu à l'aide d'un autre morceau et réussit le niveau sans plus de soutien.

#### *Description du travail de l'élève B2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 2, B2 travaille seule dans l'application. Elle refait d'abord quelques défis de l'activité précédente. Elle les réussit tous rapidement et du premier coup tout en nommant les fractions qui sont sur l'image. Arrivée au nouveau niveau, tout comme durant l'activité 1, B2 fait des pauses d'une trentaine de secondes pour réfléchir avant de faire des manipulations dans le jeu.

Une fois, l'enseignante B la voit réfléchir et lui donne un indice en lui disant que ce n'est pas obligatoire de choisir les morceaux dans l'ordre. Après un premier essai, B2 choisit les bonnes fractions, mais sa stratégie pour les faire tomber est incorrecte. Bien qu'elle dise que c'est « vraiment difficile », elle réussit au deuxième coup.

Une autre fois, elle fait une erreur, mais avant de poursuivre ou de recommencer le niveau, B2 regarde son écran pendant un moment. Sur l'image elle peut voir la fraction qui lui manque. Nous l'observons analyser ce qu'elle a fait et ce qui lui manque pour réussir. Lorsqu'elle trouve la solution, elle dit « Ah ! J'ai compris » et l'essaye dans l'application.

Dans un des défis, elle ajuste son raisonnement, une étape à la fois d'un essai à l'autre. En effet, elle fait un premier essai et obtient une fraction correcte sur trois. Au deuxième essai, elle ajuste son raisonnement et obtient deux fractions correctes sur trois. Au troisième essai, le jeu lui donne un indice en changeant la troisième fraction de  $\frac{2}{3}$  à  $\frac{4}{6}$ . Ensuite apparaît un rectangle coupé en 6 morceaux. Elle fait tomber un morceau de  $\frac{1}{6}$  sur le  $\frac{1}{6}$ , deux morceaux de  $\frac{1}{6}$  sur le  $\frac{2}{6}$  et à deux reprises, elle fait tomber trois morceaux de  $\frac{1}{6}$  sur le  $\frac{4}{6}$ . Elle dit : « hein ? Je ne comprends pas. » Et demande de l'aide à sa camarade, qui la guide pour faire tomber 4 morceaux sur le  $\frac{4}{6}$ . B2 comprend son erreur et dit : « ah c'est parce que c'est  $\frac{2}{3}$  ».

Plus elle avance dans les défis, plus sa stratégie devient précise. Par exemple, dans un défi, elle a besoin de  $\frac{5}{6}$ . Elle a 4 morceaux de  $\frac{1}{6}$  et un morceau de  $\frac{1}{3}$ . Elle fait tomber le  $\frac{1}{3}$  d'un côté. Ensuite, elle fait tomber 3 des 4 morceaux de  $\frac{1}{6}$ . Elle mobilise ainsi ses connaissances sur l'équivalence des fractions pour résoudre rapidement le problème du premier coup.

#### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

L'enseignante débute en invitant les élèves à écrire leur démarche sur une feuille pour 6 défis de *Slice Fractions*. Ensuite, elle choisit un défi et les invite à présenter leur démarche au TNI [QR, 8]. Elle ne précise pas les intentions d'apprentissage et ne fait pas de rappel des connaissances antérieures. À tour de rôle, les élèves font des manipulations dans le jeu devant la classe. L'enseignante décrit ce que les élèves font ou reformule leurs propos en utilisant le métalangage [MR, 5]. À une seule occurrence, elle demande à l'élève de lui confirmer que c'est bien ce qu'il voulait dire [QC, 1].

Lorsque les élèves donnent la bonne réponse, l'enseignante la valide en la répétant [RQ, 5] ou leur demande de la justifier [QJ, 2]. Les élèves emploient parfois le métalangage mathématique [mp, 6]. Si les élèves répondent incorrectement ou ne sont pas capables de justifier, l'enseignante leur donne des indices en attirant leur attention sur des éléments dans le jeu, en leur indiquant que leur démarche ne pourra pas fonctionner ou en leur posant des questions pour les guider [GI, 5].

Pour soutenir le raisonnement des élèves, l'enseignante décompose le problème en étapes pour faciliter sa résolution [GQ, 6]. Elle leur pose des questions pour qu'ils réfléchissent à la prochaine étape [RPE, 7]. Nous n'observons aucune rétroaction qui vise à corriger la réponse des élèves [RC, 0].

L'enseignante ne fait pas appel au dessin pour guider les élèves [GD, 0]. Par contre, si elle s'aperçoit que les élèves ont de la difficulté, elle les aide à conceptualiser en écrivant l'équation mathématique au tableau [MC, 7]. Elle leur repose les mêmes questions, mais avec l'équation écrite au tableau. Cette méthode semble aider les élèves à répondre puisqu'elle mène souvent à la bonne réponse.

L'équation écrite au tableau permet aussi de susciter un dialogue cognitif entre les élèves [DC, 5]. Cela s'est produit à deux reprises, lorsque l'enseignante représente le raisonnement d'un élève par une équation mathématique et demande à la classe si cela va permettre de résoudre le problème, les faisant ainsi réfléchir à la fois au raisonnement de l'élève et à la prochaine étape.

Durant le dialogue cognitif, les élèves justifient parfois leurs réponses sans qu'on le leur demande [rj, 4]. Parfois, au lieu de susciter un dialogue cognitif, l'enseignante se contente de demander aux élèves s'ils sont d'accord avec ce qui est proposé [DAC, 5]. C'est une pratique qui n'est généralement pas suivie d'une réponse de la part des élèves.

Plutôt que de modéliser son propre raisonnement, l'enseignante questionne les élèves. Elle anime ainsi des discussions qui portent tant sur les fractions [OF, 21] que sur la stratégie du jeu [OS, 8] et elle nomme les fractions [MF, 7]. En effet, dans toute l'activité, l'enseignante discute de fractions [OF, 21] et de stratégies dans le jeu [OS, 8] avec ses élèves. Dans leurs discussions, les élèves font référence au concept de fraction [df, 12]. Leurs discussions portent aussi sur les stratégies dans le jeu [ds, 3].

En décrivant leur démarche tout en manipulant l'application, les élèves forts ont tendance à discuter à la fois de la stratégie dans le jeu et des fractions. En discutant de la stratégie dans le jeu, ils n'utilisent pas le métalangage, ce qu'ils font toutefois lorsqu'ils réfèrent au concept de fraction. Ils ont aussi tendance à justifier leur démarche. Les élèves plus faibles verbalisent rarement ce qu'ils font et ils répondent aux questions par oui ou non.

Lorsque l'enseignante décrit ce qu'un élève est en train de faire au tableau, ce dernier a tendance à ne pas expliquer sa démarche et se contente de faire des manipulations. Deux élèves s'aperçoivent de leur erreur [ri, 2], en écoutant le raisonnement de l'enseignante et en observant les effets de leurs manipulations dans le jeu et demandent simplement de recommencer. L'enseignante les encourage à le faire. Ils réussissent à résoudre le problème du deuxième coup, mais nous n'assistons pas à leur raisonnement à voix haute et nous ne les voyons pas employer le métalangage.

Lorsque l'enseignante demande aux élèves de décrire ce qu'ils voient, ils ont tendance à nommer les fractions. Ils semblent également attentifs au raisonnement de leurs collègues, car ils proposent souvent de nouvelles possibilités et demandent de les tester au tableau.

Dans cette activité nous remarquons que les élèves n'utilisent jamais un métalangage qui est erroné. Ils réussissent à expliquer leur démarche, à décrire ce qu'ils voient et parfois même à justifier leurs réponses, mais ne tentent jamais de segmenter leur démarche.

#### **4.3.4 Transpositions dans l'activité 2 de l'enseignante C**

Les élèves commencent par s'exercer dans l'application *Slice Fractions* pendant environ une heure. Ils commencent au niveau auquel ils se sont arrêtés lors de la première séance, soit le niveau 3 ou 4 pour la majorité. Ils font autant de niveaux que possible. Avant de commencer, l'enseignante leur précise qu'il est important de mettre un haut-parleur sur leur pensée pendant qu'ils travaillent.

À la suite de la séance d'exercisation dans l'application *Slice Fractions*, l'enseignante fait un exercice en grand groupe, de 5 minutes, pour aider les élèves à conceptualiser. Cet exercice s'inspire du niveau 3 dans *Slice Fractions* où il faut couper le diagramme en  $1/2$ , en  $1/8$  et en  $1/4$  ainsi que du niveau 4 où il faut trouver combien il y a de  $1/6$  dans  $1/3$ .

Elle choisit des fractions que les élèves ont vues dans le jeu, soit  $1/6$ ,  $1/8$  et  $1/4$  et  $1/2$  et utilise un diagramme circulaire. Elle dessine, au tableau blanc, un cercle divisé en 8 morceaux et demande aux élèves de remplacer le x dans les fractions suivantes pour obtenir une fraction équivalente à la moitié du diagramme, soit à  $1/2$  : a)  $x/6$  b)  $x/8$  c)  $x/4$  et d)  $x/2$ . Elle leur donne 5 minutes pour y réfléchir et revient ensuite avec eux en grand groupe pour discuter de leurs réponses.

#### *Description du travail de l'élève C1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 2, C1 et C4 travaillent ensemble. L'enseignante C rappelle aux élèves qu'il est très important de parler et d'expliquer leur raisonnement et ce qu'ils font pendant qu'ils travaillent dans l'application. Elle leur dit qu'elle veut savoir comment ils réfléchissent et à quoi ils pensent. Elle leur rappelle qu'au-delà du jeu, ils sont en train de faire des mathématiques. Elle les encourage à parler entre eux en utilisant le métalangage.

Elles font plusieurs essais et ajustent leur démarche d'un essai à l'autre. Elles verbalisent leur raisonnement en utilisant le métalangage et décrivent ce qu'elles font. À la suite du premier essai, elles coupent  $\frac{3}{8}$  au lieu de  $\frac{3}{4}$ . À la suite du deuxième essai, elles coupent le grand morceau en moitié, ce qui ne leur laisse pas suffisamment de morceaux pour obtenir  $\frac{3}{4}$  d'un côté. Au troisième essai, elles réalisent qu'elles ont besoin de  $\frac{1}{4}$  d'un côté et il leur reste  $\frac{3}{4}$  de l'autre. Elles réussissent sans utiliser l'indice du jeu.

Lorsque le problème est scindé en deux parties, elles commencent par la première et font des essais toujours en apprenant du précédent. Elles ne répètent donc pas la même erreur deux fois. Ensuite, lorsqu'elles ont la solution à la première partie du problème, elles réfléchissent à la deuxième. Elles font plusieurs essais à chaque niveau et parfois nomment les fractions. Nous constatons qu'elles apprennent de leurs essais précédents, car elles disent par exemple : on a trouvé avant que... » Après plusieurs essais, elles disent : « j'ai compris ».

Nous constatons qu'elles prennent le temps de réfléchir, car elles le verbalisent. Elles disent par exemple : « j'ai fait tomber un c'est le bon. Là il faut un triangle. » Aussi, elles comptent les morceaux avant d'en choisir ou de faire des manipulations. Elles comptent par exemple 8 morceaux et, puisqu'elles en veulent  $\frac{1}{8}$ , elles coupent le diagramme au milieu puis prennent  $\frac{1}{8}$ . Si elles bloquent au niveau de la stratégie dans le jeu, l'enseignante les aide. Elle écoute d'abord leur raisonnement et les entend dire que le morceau coupé est trop gros. Alors, elles leur demandent de justifier leur raisonnement : « pourquoi vous pensez qu'il est trop gros ? Il est égal à combien ? ». En répondant aux questions de l'enseignante, les élèves trouvent la bonne stratégie. Pendant qu'elles font des manipulations, l'enseignante verbalise leur démarche : «  $\frac{1}{8} + \frac{1}{8}$ , ça nous fait  $\frac{1}{4}$  ». Pour développer leur raisonnement, l'enseignante leur demande aussi : « il en restait alors est-ce que c'était plus grand ou plus petit que  $\frac{1}{4}$  ? » Elle les fait travailler ainsi sur la comparaison des fractions. Elle valide leur réponse ou les laisse essayer dans l'application pour voir ce que cela donne.

#### *Description du travail de l'élève C3 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 2, C3 travaille avec C5. Nous entendons l'enseignante faire un rappel à la classe de ce qu'est un numérateur et un dénominateur et leur donner une astuce pour qu'ils s'en

souviennent « le numérateur c'est vers les nuages ». C3 et C5 répètent les défis de l'activité 1 et les réussissent rapidement du premier coup ou avec moins d'essais que la première fois. Elles poursuivent ensuite avec la résolution des nouveaux problèmes. Nous remarquons qu'elles progressent et apprennent de leurs erreurs puisqu'elles appliquent le même raisonnement et réussissent du premier coup à résoudre les problèmes auxquelles elles ont été confrontées dans les défis précédents. Elles sont également plus rapides que durant la première activité.

Nous observons également qu'elles réfléchissent aux fractions puisqu'elles les nomment avant de les choisir « ah ici c'est ça  $1/3$  », dit C3. Elle dit aussi : « tous les petits morceaux c'est des  $1/8$  » ou « Il ne faut pas que tu fasses ça, car c'est  $1/6$  ça ne sera pas assez pour  $3/6$ . » Aussi, d'après les coupes qu'elles font, elles semblent comprendre que deux formes géométriques différentes peuvent représenter la même fraction.

L'enseignante leur demande de réfléchir avant de faire des manipulations et d'expliquer ce qu'elles vont faire. C5 explique en nommant incorrectement les fractions alors l'enseignante lui corrige son métalangage. Elle lui demande combien elle a de  $1/8$  dans  $1/4$  pour l'amener à développer son raisonnement mathématique. C5 semble ne pas savoir différencier les  $1/4$  et les  $1/8$ . Alors l'enseignante dessine le diagramme au tableau blanc pour lui expliquer que dans  $1/4$  il y a  $2 \times 1/8$ . Lorsqu'elle s'assure que l'élève répond correctement à toutes ses questions, elle lui permet de faire des essais dans l'application. L'élève réussit sans soutien.

C3 commence à s'exprimer de plus en plus, vers la fin de cette deuxième activité. Nous l'entendons promouvoir ses idées plus souvent. Parfois, C5 fait plusieurs essais et ne réussit pas. C3 l'observe durant toutes ses démarches, ensuite fait deux essais en évitant les erreurs de C5. Elle réussit. Elle apprend aussi de ses propres erreurs. Après trois essais elle dit « OK, je sais quoi faire » et ajuste sa stratégie pour réussir. De plus, elle réussit à résoudre plusieurs problèmes dès la première fois et nomme ce qu'elle voit. Elle dit « ça, c'est  $1/3$  et ça, c'est  $1/6$  » et « ça, c'est  $1/6$  et ces deux-là c'est  $1/3$  ».

### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

L'enseignante débute en dessinant une représentation visuelle du problème au tableau pour aider les élèves à conceptualiser [GD, 1]. Elle leur précise les critères de succès en indiquant ce



qu'il faut faire pour résoudre le problème [PC, 1]. Ensuite, elle leur pose la même question avec 4 fractions différentes pour leur permettre de se pratiquer et de faire des liens entre le jeu et le concept de fraction [QR, 3]. Pour y répondre, les élèves font un raisonnement mathématique [pr, 6], ensuite ils donnent la réponse sous forme d'une fraction [mf, 6]. Les propos de l'enseignante [OF, 7] ainsi que ceux des élèves portent sur le concept de fraction [pr, 6]. Lorsqu'un élève donne sa réponse, l'enseignante l'écrit au tableau blanc et demande s'il y en a qui ont d'autres réponses, elle ouvre ainsi la porte à un dialogue cognitif [DC, 2]. Lorsqu'elle reçoit la réponse de quelques élèves, l'enseignante leur donne une rétroaction pour leur dire si leur réponse est bonne [RQ, 3]. Ensuite, elle modélise son raisonnement à travers un exemple concret pour expliquer la réponse et aider les élèves à la comprendre [GM, 3]. Ce faisant, elle fait un rappel des connaissances antérieures requises à deux reprises [PCA, 2]. Dans son discours, l'enseignante nomme les fractions [MF, 2] et emploie le métalangage mathématique [MP, 4].

#### **4.3.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes**

Durant la première rencontre en cercle pédagogique, les enseignantes ont échangé à plusieurs reprises sur les pratiques pédagogiques mises en œuvre et leurs effets sur les apprentissages des élèves. Elles ont soulevé l'importance de faire un retour en grand groupe avec les élèves pour avoir l'opportunité de rendre visibles leurs apprentissages. En réfléchissant à de futurs essais à mettre en œuvre en classe, elles ont discuté de la possibilité de questionner les élèves et d'animer des échanges à partir de saisies d'écran de certaines étapes dans *Slice Fractions*, pour les amener à réfléchir avant de faire des essais. Selon elles, le retour en grand groupe leur permet de s'assurer que les élèves comprennent leurs erreurs, se rendent compte qu'il y a plusieurs solutions possibles à un même défi et arrivent à conceptualiser à partir des représentations visuelles fécondes offertes par le jeu. Ces observations se sont transposées de trois façons différentes dans les trois classes pour atteindre une visée commune qui est de pouvoir réduire la propension des élèves à faire des essais non réfléchis. Le Tableau 22 présente une synthèse des activités.

**Tableau 22**  
Synthèse des activités 2 dans les trois classes

Enseignant	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
A	1	10 min	<i>Nearpod</i>	É et C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les élèves forment des équipes de deux avec le partenaire de leur choix.</li> <li>Les élèves ont un iPad par équipe. Ils répondent en équipe à une question à la fois.</li> <li>La résolution du défi 8 du niveau 4 dans <i>Slice Fractions</i> a été divisée en quatre segments. Chaque segment est introduit par une question différente. Par contrainte de temps, l'enseignante a posé seulement la première question aux élèves : « que vois-tu sur l'image ? »</li> <li>Les élèves disposent d'environ 2 minutes pour répondre à la question. La limite de temps est affichée dans <i>Nearpod</i>.</li> <li>L'enseignante se promène en classe, pendant que les élèves inscrivent leurs réponses dans <i>Nearpod</i>, pour répondre aux questions de chaque équipe et offrir des rétroactions.</li> <li>Une fois que toutes les réponses sont soumises, elle revient sur la question, en grand groupe. Elle sélectionne une réponse et invite l'élève à présenter son raisonnement. Ils en discutent en grand groupe.</li> </ul>
	2	20-30 min	<i>Slice Fractions</i>	I	Les élèves ont un iPad par équipe de 2 et font des essais dans le niveau 4 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .
B	1	20 min	Document imprimé	É	Les élèves réfléchissent à la résolution de 6 défis de <i>Slice Fractions</i> (Niveau 4, défis 8, 12, 14, 19, 20, 22) et écrivent leurs hypothèses de solution sur une feuille où se trouvent des captures d'écran illustrant chaque problème et un espace vide pour que les élèves écrivent leur démarche.
	2	20 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves ont un iPad chacun et s'exercent en équipes de 2 à résoudre tous les problèmes du niveau 4 dans l'application <i>Slice Fractions</i> incluant les 6 défis qu'ils ont tenté de résoudre sur leurs feuilles.
	3	15 min	<i>Slice Fractions</i> et TNI	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>En grand groupe, l'enseignante revient sur chacun des 6 défis (Niveau 4, défis 8, 12, 14, 19, 20, 22) sélectionnés et invite certains élèves à expliquer leur raisonnement au TNI.</li> <li>Tout au long de ce retour, les élèves valident ou corrigent leurs hypothèses sur leurs feuilles.</li> </ul>

Enseignant	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
C	1	60 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i> en équipes de 2 avec le partenaire de leur choix à partir du niveau auquel ils se sont arrêtés lors de la première séance, soit le niveau 3 ou 4.
	2	5 min	<i>TNI</i>	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>À la suite de la séance d'exercisation dans l'application <i>Slice Fractions</i>, l'enseignante fait un exercice en grand groupe, de 5 min, pour aider les élèves à conceptualiser. Cet exercice s'inspire du niveau 3 dans <i>Slice Fractions</i> où il faut couper le diagramme en <math>1/2</math>, en <math>1/8</math> et en <math>1/4</math> ainsi que du niveau 4 où il faut trouver combien il y a de <math>1/6</math> dans <math>1/3</math>.</li> <li>Elle choisit des fractions que les élèves ont vues dans le jeu, soit <math>1/6</math>, <math>1/8</math> et <math>1/4</math> et <math>1/2</math> et elle utilise un diagramme circulaire.</li> <li>Elle dessine, au tableau blanc, un cercle divisé en 8 morceaux et demande aux élèves de remplacer le x dans les fractions suivantes pour obtenir une fraction équivalente à la moitié du diagramme, soit à <math>1/2</math> : a) <math>x/6</math> b) <math>x/8</math> c) <math>x/4</math> et d) <math>x/2</math>.</li> <li>Elle leur donne 5 min pour y réfléchir et revient ensuite avec eux en grand groupe pour discuter de leurs réponses.</li> <li>Les élèves lèvent la main pour répondre.</li> </ul>

*Note.* Ressources (Res) ; Types de regroupement (Reg) : individuel (I), équipe (É), classe (C).

Pour que les élèves privilégient un raisonnement sur la tâche plutôt que de multiples essais et erreurs, l'enseignante A a réalisé une activité où elle les questionne dans la ressource numérique *Nearpod*. Dans sa classe, pendant le travail en grand groupe, les élèves se connectent à *Nearpod* où l'enseignante a ajouté la question suivante sur une capture d'écran du défi 8 du niveau 4 : « que vois-tu sur l'image ? ». Les élèves disposent d'environ 2 minutes pour répondre à la question. La limite de temps est affichée dans *Nearpod*. L'enseignante se promène en classe, pendant que les élèves inscrivent leurs réponses dans *Nearpod*, pour répondre aux questions de chaque équipe et offrir des rétroactions. Une fois que toutes les réponses sont soumises, elle revient sur la question, en grand groupe. Elle sélectionne une réponse et invite l'élève qui l'a donnée à présenter son raisonnement. Ils en discutent en grand groupe. Cet usage du dispositif *Nearpod* permet à l'enseignante de voir toutes les réponses. Ainsi, elle peut choisir efficacement une réponse en fonction d'une intention précise. Par extension, les élèves savent aussi que l'enseignante va voir toutes les réponses, ce qui peut impacter leur engagement cognitif.

L'enseignante B, anime un retour en grand groupe basé sur des allers-retours entre une version imprimée de quelques défis de *Slice Fractions* et la validation des raisonnements dans

l'application sur iPad. Les élèves devaient donc formuler une hypothèse de solution, la valider dans l'application et, s'il y avait lieu, corriger leurs réponses sur leur feuille. Comme dans l'activité 1, quelques élèves viennent à l'avant de la classe pour montrer ce qu'ils ont fait. L'enseignante les questionne et anime la discussion autour des différentes possibilités. Parfois, elle écrit les équations au tableau pour institutionnaliser les connaissances. Elle utilise également le tableau blanc pour faire des dessins afin d'aider les élèves à visualiser la fraction.

À la suite de la séance d'exercisation dans l'application *Slice Fractions*, l'enseignante C privilégie un exercice en grand groupe à partir d'une représentation des fractions que l'on retrouve dans le matériel scolaire, pour aider les élèves à conceptualiser. Cet exercice s'inspire d'un défi dans *Slice Fractions* et fait appel à des fractions que les élèves ont vues dans le jeu. Elle les questionne pour qu'ils identifient la fraction, leur donne du temps pour réfléchir et revient ensuite avec eux en grand groupe pour discuter de leurs réponses.

Dans l'activité 2, nous observons qu'il y a une différence plus grande entre les trois classes, car les enseignantes utilisent trois approches différentes : un questionnement dans *Nearpod* dans la classe A, une réflexion sur papier dans la classe B, une réalisation d'exercice mathématique dans la classe C. De plus, pour éviter que les élèves privilégient les essais non réfléchis (essais rapides à répétition), les enseignantes A et B décident d'inverser la démarche et débutent par l'activité en groupe pour soutenir le développement de la capacité des élèves à anticiper. L'activité de l'enseignante A permet d'avoir facilement accès au raisonnement de tous les élèves grâce à la ressource numérique *Nearpod*. Elle lui permet également de choisir et de rebondir sur des exemples et des contre-exemples pertinents issus des réponses des élèves. Ensuite, les élèves expérimentent leur démarche dans *Slice Fractions* afin de valider leurs réponses. Dans cette activité, l'enseignante A ne revient pas sur l'expérimentation des élèves après la séance de travail dans *Slice Fractions*. Par contre, dans la classe B, les élèves travaillent sur papier et l'enseignante B invite quelques élèves à partager leur raisonnement, ce qui ne lui permet pas de recueillir toutes les réponses et d'accéder aux raisonnements de tous ses élèves. Toutefois, contrairement à ceux de la classe A, les élèves de la classe B comparent leurs réponses à celles de leurs camarades lors du retour en grand groupe. Ces choix ont des incidences sur le processus d'apprentissage puisque le dialogue cognitif est présent dans les deux classes, comme nous pouvons le voir dans le Tableau

60 (voir Annexe 24). Dans la classe A, il sert à discuter des hypothèses des élèves avant de les tester dans *Slice Fractions*. Par contre, dans la classe B, il porte sur des réponses validées dans le jeu, tandis que dans la classe C, l'enseignante commence par une séance de travail dans *Slice Fractions*. Sa pratique n'est pas de nature de soutenir l'anticipation comme dans les deux autres classes. Toutefois, elle fait le lien avec une représentation institutionnalisée des fractions, soit le diagramme circulaire, ce qui peut favoriser un lien avec le travail fait en classe, mais qui pose un défi de transposition dans *Slice Fractions*.

Comme le suggère le Tableau 59 (voir Annexe 23), lorsque les enseignantes animent leurs activités dans les trois classes, elles mettent en œuvre des pratiques pédagogiques similaires à des fréquences différentes selon les intentions de chacune et les besoins de ses élèves.

Nous observons que, lorsque l'enseignante A reçoit toutes les réponses, elle en choisit une et pose à ses élèves différents types de questions selon leurs besoins afin de les amener à verbaliser leur démarche, ce qui l'aide à réguler sa pratique pour les garder dans leur ZPD. Par exemple, elle leur demande d'expliquer leur raisonnement et les invite à nommer les fractions. Ses questions peuvent également porter sur un segment de la démarche et avoir pour objectif de guider les élèves à résoudre une étape à la fois. Elle ouvre aussi la porte à des dialogues cognitifs pour amener les élèves à partager différentes façons de résoudre un même problème. Elle conceptualise verbalement en utilisant le métalangage mathématique et incite les élèves à le faire également.

Alors que dans la classe A les élèves décrivent leur démarche tout en restant à leur place, dans la classe B, à tour de rôle, les élèves font des manipulations dans le jeu devant la classe. Toutefois, plutôt que de leur demander d'expliquer leur démarche, l'enseignante B considère que les élèves ont déjà décrit leur démarche à l'écrit sur papier ou en ont discuté avec leur coéquipier dans la première partie de l'activité. Elle décrit donc elle-même ce que les élèves font au tableau ou reformule leurs propos en utilisant le métalangage. Ainsi, ses questions visent davantage à discerner ce que ses élèves comprennent ou ne comprennent pas. Elle leur pose aussi d'autres questions pour les guider. Parfois, elle décompose le problème ou les invite à réfléchir à la prochaine étape. Dans cette classe, le soutien à la conceptualisation est marquant puisque l'enseignante prend le temps d'écrire les équations mathématiques au tableau pour représenter

les fractions et amener les élèves à les comprendre en les questionnant. Elle soutient ainsi le passage du concret à l'abstrait. Comme l'enseignante A, l'enseignante B anime un dialogue cognitif, cette fois-ci autour des équations mathématiques écrites au tableau plutôt que sur les différentes démarches de résolution proposées par les élèves comme le privilégiait l'enseignante A. Lors du retour en grand groupe, l'enseignante C emploie le dessin pour représenter les fractions. Toutefois, le problème qu'elle choisit, bien qu'il porte sur les concepts étudiés dans le jeu *Slice Fractions*, ne porte pas sur un défi en particulier. Son objectif est de soutenir la conceptualisation à partir d'une représentation visuelle qu'on retrouve dans le jeu, un diagramme circulaire, en les questionnant. Pour montrer aux élèves qu'il pourrait y avoir plusieurs réponses possibles à une même question, elle anime un dialogue cognitif autour des différentes réponses formulées par les élèves. Afin de favoriser leur compréhension, elle leur offre des rétroactions à la suite de leurs réponses et modélise son propre raisonnement. Il faut rappeler ici que *Slice Fractions* invite les élèves à mobiliser des connaissances sur les fractions et des stratégies de jeu. Le fait de susciter une réflexion uniquement sur le concept de fraction hors du contexte du jeu signifie que les élèves devront réaliser eux-mêmes ce travail d'intégration lors des séances ultérieures dans *Slice Fractions*.

#### **4.4 Description de l'activité 3 de chaque enseignante à la lumière de la deuxième rencontre en cercle pédagogique**

Dans cette section, nous commençons par une description de la deuxième rencontre en cercle pédagogique, suivie d'une présentation de la troisième activité de chacune des trois enseignantes et des effets observés sur le processus et la démarche d'apprentissage des élèves. Nous terminerons par une mise en relation des transpositions observées dans les trois classes.

Le Tableau 23 présente la fréquence des 30 pratiques pédagogiques observées, regroupées sous 7 catégories, pour l'activité 3 pour chacune des classes. Tandis que le Tableau 24 présente les fréquences d'apparition des 15 caractéristiques du travail des élèves lors de l'activité 3 dans les trois classes.

**Tableau 23**

Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 3 dans les trois classes

Pratiques pédagogiques		Activité 3		
		A	B	C
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	1	0	8
	Clarifier les critères de succès [PC]	0	11	6
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	3	0	8
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	5	0	5
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	10	6	6
	Décomposer le problème [GQ]	20	7	14
	Modéliser son raisonnement [GM]	0	3	15
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]	5	0	4
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	6	0	1
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	7	16	12
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]	1	7	4
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	0	3	3
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]	0	0	1
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]	0	0	1
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]	14	7	5
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]	3	1	2
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]	4	3	2
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]	8	7	4
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	8	5	3
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	4	14	3

Pratiques pédagogiques		Activité 3		
		A	B	C
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	45	29	51
	Travailler autour des stratégies [OS]	24	18	0
	Travailler sur la dimension affective [OA]	0	0	3
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]	21	16	18
	Utiliser un métalangage erroné [ME]	0	0	0
	Nommer les fractions [MF]	5	1	2
	Utiliser un métalangage [MP]	24	21	33
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]	1	0	6
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	18	9	2
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	0	0	1

**Tableau 24**

Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 3 dans les trois classes

Travail des élèves		Activité 3		
		A	B	C
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]	0	0	0
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]	16	16	0
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]	38	20	33
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]	0	0	3
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]	14	18	25
	Justifier sa réponse [rj]	4	14	7
	Segmenter sa démarche [rs]	0	0	0
	Interpréter son erreur [ri]	1	3	0
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]	14	15	0
	Discuter autour des fractions [df]	35	22	40
	Discuter autour de la dimension affective [da]	0	0	0



Travail des élèves		Activité 3		
		A	B	C
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	29	16	7
	Utiliser un métalangage erroné [me]	0	0	0
	Nommer les fractions [mf]	20	6	1
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	11	16	31

#### 4.4.1 Présentation de la deuxième rencontre en cercle pédagogique

Durant cette deuxième rencontre, les enseignantes visionnent une documentation sur vidéo qui porte sur le retour en grand groupe dans la deuxième activité de la classe B, afin d'analyser les pratiques mises en œuvre en lien avec les effets qu'elles ont eu sur les apprentissages des élèves. Durant cette activité, l'enseignante distribuait tout d'abord une version imprimée de quelques défis du niveau 4 présents dans l'application *Slice Fractions*. En procédant ainsi, elle voulait emmener les élèves à réfléchir au problème avant de tenter de le résoudre, parfois par essais et erreurs, dans l'application. Ensuite, ils devaient venir au tableau et les résoudre dans l'application en grand groupe. Dans le cadre du cercle pédagogique, l'enseignante B explique son activité et précise qu'elle a choisi des défis qui sont intéressants sur les plans de la logique et de la complexité et pour lesquels plusieurs réponses sont possibles. Elle mentionne que, ne pouvant pas voir le résultat de leurs manipulations directement comme sur l'iPad, les élèves ne pouvaient pas savoir instantanément s'ils ont fait une erreur. Alors, bien que ce ne soit pas prévu d'avance, elle a donné aux élèves accès à leurs feuilles où ils ont écrit leur raisonnement pour qu'ils puissent se corriger et comparer leur démarche à la démarche de résolution dans l'application.

##### *Comprendre le raisonnement de l'élève*

Sur la vidéo, nous pouvons voir un élève qui essaie de résoudre, au TNI, le défi numéro 8 du niveau 4 du jeu. L'animatrice du cercle arrête la vidéo sur une erreur de l'élève et demande aux enseignantes de lui expliquer ce que l'élève ne comprend pas, selon elles. Faisant des liens entre le défi dans le jeu et la progression des apprentissages liés au concept de fraction, l'enseignante A indique que l'élève semble ne pas avoir compris l'équivalence des fractions. L'enseignante B précise que l'élève ne comprend pas la différence entre le numérateur et le dénominateur.

Toutefois, elle constate que l'élève a quand même compris quelque chose. Elle se met à la place de l'élève et explique que si cette dernière n'avait pas compris, elle aurait fait une autre action, celle d'appuyer sur la bulle qui est au milieu des deux bandes de morceaux par exemple (voir Figure 16). Sachant que cela allait être une erreur, elle ne l'a pas faite. En observant, l'enseignante B arrive à cibler la difficulté de l'élève. Elle conclut que cette dernière a compris, mais qu'elle ne savait pas expliquer pourquoi son action ne fonctionnait pas. Après avoir écouté les interventions de l'enseignante B, les deux autres essaient, à leur tour, de se mettre à la place de l'élève et prennent le temps de revoir les fractions présentées dans le défi en vue d'essayer de comprendre son raisonnement. L'enseignante B regarde l'image en expliquant les actions de l'élève : « c'est  $1/6$  donc tu comprends que ça, c'est  $1/6$  donc c'est  $1/6$  partout. Donc, là elle a pris  $2/6$ , mais il te faut  $2/3$  » (voir Figure 16). En écoutant cet exemple, l'enseignante A fait une comparaison avec sa classe et se rappelle qu'elle a observé la même démarche d'apprentissage chez ses élèves qui ont vu le 2 du numérateur et se sont dit que la réponse serait 2. Les deux enseignantes concluent qu'au lieu de reprendre le défi, leurs élèves auraient dû continuer et finir par comprendre qu'il leur fallait  $4/6$ . Il fallait donc qu'ils mettent les fractions au même dénominateur. L'enseignante B ajoute que les élèves sont capables de deviner la solution, mais qu'ils ont de la difficulté à l'exprimer. En se basant sur son interprétation, elle réfléchit à des pistes de solution et suggère qu'il serait peut-être plus facile de l'exprimer à l'écrit. Ces analyses du travail des élèves enrichissent l'analyse des pratiques mises en œuvre par chaque enseignante, ce qui inspire l'enseignante A des pistes de régulation. Elle propose d'inviter les élèves, dans un prochain essai, à dessiner leur raisonnement plutôt que de l'écrire, pour leur simplifier la tâche. Les deux enseignantes précisent leur pensée en disant qu'à cause de la fumée dessinée dans le jeu pour cacher la représentation visuelle de la fraction, les élèves ne sont pas en mesure de voir visuellement à quoi correspond  $2/3$  ; ils doivent le deviner, ce qui rend l'exercice de l'exprimer encore plus compliqué. En analysant le défi, l'enseignante B répond à la question initiale de l'animatrice et conclut que c'est un problème de verbalisation. Selon elle, l'élève serait peut-être capable de verbaliser si on lui offre du matériel pour l'aider à élaborer son raisonnement. Pour le moment, elle semble avoir besoin de soutien pour comprendre le concept de fraction à partir de la représentation qu'offre le jeu et à laquelle elle n'est pas habituée. En analysant le travail de

l'élève dans le jeu pour tenter de comprendre son raisonnement, l'enseignante B réitère que l'élève a besoin d'être familiarisée avec d'autres façons de travailler les fractions, d'où l'avantage de la ressource numérique qui place l'élève face à une variété de défis. Elle réfléchit ensuite à des moyens de réguler sa pratique et d'offrir une guidance qui répond aux besoins de ses élèves lorsqu'ils travaillent dans le jeu.

#### *Proposer des pistes pour amener l'élève à verbaliser*

L'animatrice demande aux enseignantes de proposer des moyens pour amener l'élève à cheminer dans son raisonnement et à devenir en mesure de verbaliser sa démarche et de bien différencier le numérateur du dénominateur. Afin de parvenir à proposer des pistes de régulations, l'enseignante B commence par analyser le travail de l'élève. Elle explique qu'au début, l'élève pense que sa démarche est bonne alors elle ne remet rien en question. Il est donc difficile pour elle de trouver des arguments. L'enseignante B discerne des éléments dans le travail de l'élève qui lui permettent de réfléchir aux effets des pratiques mises en œuvre. Elle explique que, si l'enseignante laisse l'élève continuer, cette dernière va tester sa démarche et si elle voit qu'elle ne fonctionne pas, elle va pouvoir revenir là-dessus, l'analyser et expliquer son erreur. L'enseignante B réfléchit aux effets des actions de l'élève dans le jeu. Elle se demande plus précisément si, à la suite des manipulations réalisées, la fraction qui manque s'affiche à l'écran ou pas. Pour le savoir, l'enseignante A collabore avec sa collègue et fait des manipulations dans le jeu pour tenter de résoudre elle-même ce défi sur un iPad. Tout en l'observant, les enseignantes mobilisent à la fois leurs savoirs pédagogiques, disciplinaires et ceux relatifs aux ressources numériques. Elles s'aperçoivent ainsi que le jeu aide les élèves en leur donnant des indices. L'enseignante B considère que c'est une grande aide puisque le nombre de carrés qui s'affiche correspond exactement au dénominateur, donc l'élève n'aurait plus besoin de deviner à quoi équivaut ce dernier.

L'animatrice leur demande à nouveau si elles peuvent questionner l'élève pour l'aider à cheminer dans son raisonnement. En réfléchissant à ses pratiques pédagogiques, l'enseignante A explique qu'elle ne sait pas quelles questions poser. En revanche, elle dessinerait un rectangle et demanderait à l'élève de le séparer en 6 pour représenter  $\frac{2}{6}$  puis, avec ce même rectangle, de représenter  $\frac{2}{3}$ , l'objectif étant de l'amener à voir qu'il a besoin de 4 petits carrés pour faire  $\frac{2}{3}$ .

De son côté, l'enseignante B explique qu'elle amènerait l'élève à faire le chemin inverse, c'est-à-dire de passer de  $\frac{4}{6}$  à  $\frac{2}{3}$  plutôt que de passer de  $\frac{2}{3}$  à  $\frac{4}{6}$ , car c'est plus facile et plus simple. Sinon, elle demanderait à l'élève de faire le passage de  $\frac{2}{3}$  à  $\frac{3}{6}$  plusieurs fois. Elle essaye d'anticiper les effets possibles sur les apprentissages des élèves et juge que c'est complexe pour les élèves de trouver  $\frac{2}{3}$  à partir de  $\frac{1}{6}$ , car ils n'ont pas l'habitude de diviser chaque  $\frac{1}{3}$  en 2 pour avoir  $\frac{1}{6}$ . Ils sont plutôt habitués à avoir un tout divisé en 12 morceaux et ils doivent en prendre 7 ou 9 ou 3, ensuite simplifier pour obtenir  $\frac{1}{4}$ . Alors, pour qu'ils parviennent à le faire, il faudrait leur montrer l'équivalence et les possibilités et leur donner la chance de faire la tâche plusieurs fois pour s'y habituer.

L'enseignante C partage ce qu'elle a fait dans sa classe pour aider ses élèves à comprendre l'équivalence des fractions et les amener jusqu'à comprendre le concept de la proportionnalité. Elle explique qu'elle commence par des représentations visuelles et les retire petit à petit. Aussi, lorsque les élèves demandent des explications, elle essaie de les faire cheminer dans leur raisonnement pour qu'ils trouvent seuls la réponse. Elle répartit ses élèves en deux catégories : ceux qui connaissent la réponse, mais ne savent pas comment la verbaliser, car ils ont de la difficulté avec le métalangage et ceux pour qui c'est plus facile. Elle explique que le visuel aide les élèves à trouver la bonne réponse et qu'avec l'iPad, ils font de multiples essais et erreurs jusqu'à trouver la solution, mais que pour développer leur raisonnement il faut que l'enseignante les aide. Dans le cas contraire, ils ne vont pas chercher à justifier leur démarche, ils vont simplement passer au prochain défi. De cette façon, l'enseignante C fait un travail d'analyse de pratiques et tente de comprendre l'effet des pratiques mises en œuvre sur le travail de ses élèves. Elle propose de réguler sa pratique au prochain essai pour favoriser le raisonnement chez les élèves lors du travail dans la ressource numérique. De plus, elle discerne l'effet observé sur le travail de deux de ses élèves en difficulté qui semblent avoir développé un intérêt plus grand pour les fractions depuis qu'elles travaillent avec *Slice Fractions*. Elles sont plus à l'aise dans le jeu et trouvent des solutions de façon réfléchie, sans que ce soit par coïncidence. Elles semblent apprendre et en profiter. Quant aux élèves forts, l'enseignante C pense qu'ils connaissent déjà les réponses, car ils ont déjà rencontré les mêmes fractions en dehors de *Slice Fractions*. L'enseignante B ajoute qu'ils ont même appris par cœur à force de travailler avec les mêmes fractions. Ils ne se remettent plus en

question. S'en étant aperçue en observant leur travail, elle suggère de leur demander de justifier leurs réponses. Pour les aider à le faire, l'enseignante C suggère d'utiliser des représentations visuelles et le dessin ou des LEGO et d'accompagner les élèves pendant l'activité en les questionnant. Elle a remarqué d'ailleurs que les élèves apprenaient mieux lorsqu'elle passait du temps avec les groupes et qu'elle les questionnait pour qu'ils justifient leurs actions. Selon elle, il faut guider les élèves pour qu'ils conceptualisent. De plus, quand elle passe du temps avec eux, elle est en mesure de comprendre ce qu'ils pensent ainsi que ce qu'ils font et la raison derrière leurs actions. Dans ces échanges, les enseignantes réfléchissent à la fois à des moyens pour les aider à cerner et interpréter les difficultés de leurs élèves et à des pratiques pédagogiques à mettre en œuvre pour aider ces derniers à développer un raisonnement.

Pour rebondir sur l'activité avec les LEGO, l'animatrice demande aux enseignantes d'expliquer ce qu'elles imaginent en faire pour permettre aux élèves de cheminer dans leur raisonnement lorsqu'ils travaillent dans l'application. L'enseignante B propose de leur donner des cubes à manipuler pour représenter des formes correspondantes à celles dans *Slice Fractions*, donc de leur permettre de construire le même genre de représentations, mais avec des manipulations d'objets concrets. L'enseignante A exprime son intérêt pour combiner l'application avec du matériel de manipulation.

#### *Proposer des pistes pour s'assurer que tous les élèves comprennent*

Les enseignantes poursuivent le visionnement. L'animatrice les invite à observer la démarche de l'élève et à écouter sa façon de la verbaliser. L'enseignante B analyse le jeu et demande de mettre la vidéo sur pause afin de préciser que le jeu, par ses représentations, peut induire les élèves en erreur. Par exemple, dans le défi en question, la balance peut suggérer la nécessité de créer l'équilibre, car les élèves sont habitués à la voir dans des contextes où elle est associée au maintien de l'équilibre. Elles poursuivent le visionnement et l'enseignante C l'interrompt pour exprimer qu'elle aime l'idée de projeter *Slice Fractions* au tableau pour résoudre les défis avec les élèves en grand groupe comme le fait sa collègue. Elle a beaucoup apprécié l'activité de sa collègue. D'ailleurs, elle intervient à un autre moment de la rencontre pour comprendre exactement ce que l'enseignante B a mis en œuvre dans son activité. Elle demande si l'enseignante A a aussi fait le même type d'activité. Celle-ci explique qu'elle a plutôt utilisé

*Nearpod* et que c'était une aventure, car c'est la première fois, mais elle est encouragée, car elle a des idées pour améliorer l'activité pour la prochaine fois.

L'animatrice leur demande si elles pensent que tous les élèves ont compris le raisonnement de l'élève qui est correct. L'enseignante A hoche de la tête pour indiquer que non. L'enseignante B mentionne que grâce au visuel, c'est facile pour les élèves de tout comprendre. En observant la vidéo et en analysant le travail de ses élèves, elle se rend compte qu'elle aurait pu demander à l'élève de lui expliquer son cheminement pour arriver à ce raisonnement et comprendre que  $2 \times \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$ . Selon elle, les étapes précédentes dans le jeu aident l'élève à déduire que  $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$  (voir Figure 16), ce qui contribue au développement de son raisonnement. Elle constate un autre point positif apporté par le travail dans l'application. Il permet aux élèves d'avancer, de développer des connaissances et de revenir ensuite pour les appliquer dans des défis plus complexes.

**Figure 16**

Exemple d'un défi dans *Slice Fractions* expliquant que  $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$



De son côté, en analysant le travail des élèves et en écoutant l'interprétation de sa collègue, l'enseignante A propose un ajustement de la pratique pédagogique en expliquant que l'élève serait peut-être plus à l'aise pour dessiner son raisonnement au tableau que pour l'expliquer verbalement. L'enseignante C propose de ne pas donner la bonne réponse aux élèves et d'écouter différentes réponses pour accéder aux raisonnements de tous, d'écrire les différentes possibilités et de demander ensuite à chacun de justifier son raisonnement. Son intention est d'offrir la chance à tous les élèves de s'exprimer et d'éviter de leur donner la bonne réponse à l'avance pour ne pas les limiter dans leur réflexion. À partir de tous les raisonnements partagés, l'enseignante peut guider les élèves progressivement vers la bonne réponse. Selon elle, parfois en essayant de s'expliquer, les élèves remarquent de façon autonome que leur raisonnement n'est pas exact. Elle explique l'importance d'animer un dialogue cognitif comme elle fait souvent en invitant les

élèves à confronter leurs raisonnements pour défendre leurs arguments dans des échanges qui visent à trouver la bonne réponse ou la justifier. Elle fait ainsi des liens avec ses pratiques pédagogiques qu'elle juge efficaces et trouve des façons de les mettre en œuvre avec la ressource numérique.

L'animatrice demande à l'enseignante si elle pense que les élèves qui écoutaient leur camarade expliquer son raisonnement le comprennent. L'enseignante B pense que oui, sans en être sûre. Selon elle, tous les élèves ont déjà vu ces notions et ce type de problème dans d'autres situations, alors ils sont capables de comprendre les manipulations que fait l'élève qui est à l'avant et sa démarche de résolution de problème. Par contre, elle n'est pas certaine qu'ils aient écouté le raisonnement de leur camarade.

L'animatrice demande aux enseignantes s'il y a moyen de représenter le défi de *Slice Fractions* avec des dessins ou des objets à manipuler, ce à quoi elles répondent par l'affirmatif. L'enseignante B explique qu'elle prendrait une feuille et la plierait en 6. Ensuite, elle prendrait 4 carrés orange, 6 rectangles bleus puis elle les superposerait de manière similaire à ce qu'elle fait d'habitude avec l'outil Tangram. Elle mobilise ses connaissances antérieures pour expliquer que l'avantage de ce type de manipulation est de permettre aux élèves de se faire une meilleure représentation de l'équivalence de surface. Elle analyse ainsi sa pratique en lien avec les effets anticipés sur les apprentissages des élèves. L'enseignante C explique une activité similaire, mais avec la manipulation de crayons.

Elles poursuivent le visionnement et discernent, seules, un élément qu'elles jugent important dans la documentation sur vidéo, alors elles demandent de la mettre sur pause pour analyser le défi dans un iPad. Ce comportement illustre qu'elles commencent à apercevoir, par elles-mêmes, des éléments à interpréter dans l'activité. Elles se rendent ainsi compte qu'il y a plusieurs façons de résoudre le même défi. L'enseignante B arrête à nouveau la vidéo pour expliquer son analyse et partager une piste de développement qui lui permettra de réguler sa pratique au prochain essai. Elle fait remarquer qu'à ce moment précis, elle aurait pu faire des dessins au tableau pour montrer aux élèves comment regrouper les fractions et leur montrer l'équivalence. Elle indique qu'il est plus facile pour elle de le faire à ce stade-ci, car elle n'est plus en train de construire les savoirs, mais de les consolider. Elle présente les étapes qu'elle prévoit : faire des représentations

à l'écran, résoudre le défi dans *Slice Fractions* et voir que cela fonctionne, écrire l'équation au tableau pour aider les élèves à institutionnaliser. Cette dernière étape représente son intention.

### *Réfléchir à la prochaine activité*

L'animatrice montre aux enseignantes un défi de *Slice Fractions* qu'elle a décomposé en étapes, dans *Nearpod*, et leur demande si elles pensent que leurs élèves arriveraient à faire ces différentes étapes avec de la guidance. Les enseignantes pensent que c'est possible, mais que les élèves auraient de la difficulté avec la multiplication, car ils n'ont pas encore vu ce concept en classe. Ils sont en revanche capables de passer de  $1/3$  à  $1/6$  en faisant des dessins de bandes découpées en morceaux pour voir l'équivalence. Les trois enseignantes expliquent des exercices qu'elles font avec leurs élèves. L'enseignante B montre les manipulations que ses élèves font avec du papier plié, une activité similaire à celle de Tangram qu'elle a présentée plus tôt durant la rencontre. L'enseignante A explique, ensuite, qu'elle utilise les aimants au tableau pour montrer aux élèves l'équivalence des fractions sans recourir à la multiplication. Elle propose d'apporter des modifications pour améliorer son activité avec *Nearpod* et aider les élèves à faire le passage de  $1/3$  à  $1/6$ . Elle segmenterait différemment le défi dans *Nearpod* et remplacerait la multiplication. Elle suggère donc de demander aux élèves de découper  $1/3$ , ensuite de leur montrer que  $1/6$  et  $1/6$  donne  $1/3$ , pour enfin obtenir  $4/6$ . L'enseignante B souligne aussi l'importance de corriger la fausse conception que peuvent avoir les élèves en comparant des surfaces qui ne sont pas égales. Elle donne l'exemple de l'erreur fréquente de comparer la moitié d'une petite pizza au quart d'une grande pizza. Dans ce contexte d'analyse des pratiques, les discussions autour des erreurs possibles amènent les enseignantes à réaliser que les élèves seraient en mesure de comprendre le raisonnement à suivre pour résoudre un défi si elles segmentent le problème en étapes et leur offrent la possibilité de dessiner leurs réponses. Ce faisant, les élèves devraient parvenir à transformer les fractions et à réaliser l'équivalence de fractions sans faire de multiplication. Les enseignantes reconnaissent l'importance de donner aux élèves des objets à manipuler ou des supports pour dessiner pour qu'ils réussissent à faire le passage de  $1/3$  à  $1/6$  sans faire de multiplication.

Enfin, les enseignantes discutent de ce qu'elles souhaitent concevoir comme activité et faire comme essais à la prochaine rencontre. L'enseignante C exprime son désir de faire une activité



qui ressemble à l'activité 2 de l'enseignante B visionnée durant le cercle. Par contre, elle choisirait un seul niveau à travailler avec les élèves. L'enseignante B exprime son désir d'imprimer des saisies d'écran sur un fond clair pour que les élèves puissent dessiner là-dessus. Elle propose de faire une segmentation du problème similaire à celle proposée par l'animatrice, mais sur document imprimé, et d'avoir plusieurs images successives qui précisent les manipulations à réaliser dans l'application à chaque étape. Puisqu'il est difficile de réaliser ce type d'activité sur papier, l'animatrice propose l'utilisation du module *DrawIt* dans *Nearpod*.

Ayant déjà fait une activité avec *Nearpod*, l'enseignante A constate ses avantages et les points à améliorer. Elle réalise que chaque question prenait beaucoup de temps, car les élèves dessinaient toute l'image. Elle mentionne que son intention est d'être en mesure de décortiquer avec l'élève le défi au complet dans toute sa complexité pour l'amener à approfondir sa compréhension. À la lumière de ses observations et analyses, elle propose un ajustement à son activité et suggère d'ajouter l'image en fond d'écran pour que les élèves puissent dessiner directement dessus.

À la suite de la mise en œuvre de son activité 2 en classe, l'enseignante B propose également des ajustements à faire lors de son prochain essai. Elle partage son souhait d'enlever de chaque défi les éléments graphiques qui servent à rendre le jeu agréable visuellement et de conserver uniquement les éléments en lien avec les fractions, afin de concentrer l'attention des élèves sur la réflexion à la démarche et lui permettre de terminer chaque défi avec un bilan. Elle propose, pour la prochaine fois, de choisir une image, de proposer aux élèves une démarche de résolution dans laquelle s'est glissée une erreur et de leur demander de chercher celle-ci. Elle est réticente toutefois à demander aux élèves de segmenter leur raisonnement, car elle pense qu'ils vont trouver cela difficile. À la place, elle suggère de leur montrer 3 ou 4 saisies d'écran successives et leur demander ce qu'il faut faire à chaque étape. Toutefois, le problème qui risque de compliquer le processus, selon elle, est l'incapacité des élèves à voir l'effet de leurs actions lorsqu'ils travaillent sur une feuille. Il serait donc difficile pour eux de prédire la suite. Pour y remédier, elle propose de travailler sur plusieurs saisies d'écran, une étape à la fois. À partir de ces analyses, l'animatrice suggère d'inviter les élèves à dessiner leur raisonnement directement sur les saisies d'écran plutôt que de rédiger la solution, pour les aider à développer une démarche de résolution.

Lors de l'analyse du travail des élèves, ayant remarqué les effets que peut avoir le questionnement dans *Nearpod* sur les apprentissages, l'enseignante B s'ouvre à l'idée de choisir quelques élèves et de leur demander de travailler avec cette ressource numérique. Elle imagine une activité avec 5 ou 6 élèves qui travaillent en petit atelier, pendant que les autres sont en récréation. Dans ces ateliers, elle leur demanderait, comme dans un cercle pédagogique, de partager leur réflexion et leur démarche de résolution de problème. Elle leur donnerait un document papier pour soutenir leur verbalisation.

L'enseignante C souhaite apporter des pièces de LEGO et permettre aux élèves de trouver celles qui sont appropriées pour représenter les fractions. Elles serviront de support complémentaire au travail sur un défi dans *Slice Fractions*, en grand groupe, avec le TNI.

Pour guider les enseignantes dans la création d'une activité avec *Nearpod*, l'animatrice leur montre un exemple où elle réalise une décomposition de problème à partir de saisies d'écran annotées sur l'iPad. Afin de leur donner une idée de ce que l'application permet de faire, elle leur explique comment elle prépare les images dans *Nearpod*. Elle les laisse aussi expérimenter et faire des essais, à leur tour, pour annoter des saisies d'écran.

L'enseignante A réitère son envie de refaire une activité avec *Nearpod*. Elle dit que l'avantage est qu'avec cet outil les élèves ne verront pas les fractions et une partie de la solution sur l'image suivante. Par contre, lorsque les images sont imprimées sur papier, les élèves peuvent sauter des étapes en passant d'une page à l'autre. Elle propose de leur demander, à la deuxième étape, de transformer les  $\frac{1}{3}$  en  $\frac{1}{6}$ . L'enseignante B est dubitative quant à la capacité des élèves à décomposer correctement des rectangles sans être capables de voir l'effet que cela a dans l'application pour se réguler. En réponse à cette crainte, l'enseignante A précise que, pour elle, l'image dans *Nearpod* constitue une image qu'elle peut décortiquer avec eux. L'animatrice explique que le but est de forcer les élèves à voir l'équivalence de fractions et d'éviter la tentation de réussir le défi sans comprendre le concept.

Ces échanges contribuent à enrichir les activités des trois enseignantes qui réfléchissent à des pistes en écoutant celles de leurs collègues. Par exemple, l'enseignante A propose d'enregistrer ce que les élèves font sur *Nearpod* pour ensuite leur demander d'expliquer leur raisonnement à

leurs camarades. Ainsi, elle pourrait accéder à leur raisonnement sans avoir peur de leur donner de réponses au préalable, ce qui permet de remédier à la crainte qu'a l'enseignante B à ce sujet. Cela inspire cette dernière, qui propose de présenter une saisie d'écran avec la démarche d'un élève fictif et de demander aux élèves de dire si la démarche proposée fonctionne en expliquant leur raisonnement à voix haute en équipe de deux et en enregistrant leur voix. Afin d'encourager les élèves à bien articuler le raisonnement et d'éviter des formulations du genre « je prends ça et ça », elle remplacerait les morceaux de glace ou de lave par des chiffres. L'enseignante A trouve que l'idée de demander aux élèves de s'expliquer leur raisonnement est riche, mais qu'elle préfère ne pas leur proposer de solutions. Elle propose d'enregistrer le travail des élèves dans *Nearpod* et de leur demander d'expliquer leur raisonnement à voix haute pour rendre visibles leurs apprentissages, mais sans leur donner accès à des hypothèses de solutions afin de les encourager à réfléchir par eux-mêmes.

#### **4.4.2 Transposition dans l'activité 3 de l'enseignante A**

Lors de la troisième semaine d'intervention, l'enseignante A est accompagnée du directeur de recherche, présent en classe, à sa demande pour modéliser l'activité. Ils animent pendant 45 min une activité en groupe basée sur un questionnement dans l'application *Nearpod* autour de deux défis dans *Slice Fractions* qui ont été divisés en 4 segments. Chaque segment est introduit par une question différente. L'objectif de ces deux problèmes est de parvenir à déduire la valeur des fractions en fonction des informations disponibles pour résoudre des problèmes. À la suite de cette activité, les élèves ont 20 à 30 minutes environ pour faire des essais dans le niveau 5 de l'application *Slice Fractions*.

##### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

Le pilotage de l'activité débute par une introduction où les enseignants précisent les intentions d'apprentissages [PI, 1] avant de questionner les élèves pour qu'ils présentent leur démarche [QR, 7], ou pour qu'ils décrivent ce qu'ils voient [QD, 6]. En lien avec ses interventions dans le cercle, cette pratique lui permet de voir si ses élèves ont compris ou pas. De plus, puisqu'ils ont devant eux à l'écran des représentations visuelles, il est plus facile pour eux, selon l'enseignante A, de verbaliser leur raisonnement.

Nous observons que, lorsque les enseignants reçoivent toutes leurs réponses, ils en choisissent quelques-unes et ils les reformulent [MR, 18]. Les réponses des élèves suggèrent que lorsque les enseignants reformulent fréquemment les réponses en utilisant le métalangage mathématique, les élèves ont tendance à le faire également [mp, 11]. Dans les échanges, lorsque les enseignants invitent l'élève à donner une réponse, ils demandent à un autre élève s'il est d'accord avec celle-ci [DAC, 8].

Certains élèves donnent la bonne réponse, d'autres pas. S'ils n'ont pas la bonne réponse, les enseignants leur donnent des indices pour les guider [GI, 10]. Ces indices sont souvent sous forme de questions sur les fractions leur permettant ainsi de discuter de ce concept. En effet, les enseignants intègrent le sujet des fractions à 45 reprises, dans leurs interventions [OF, 45]. Les élèves y réfèrent 35 fois dans leurs réponses [df, 35]. Ces discussions ouvrent la porte à un dialogue cognitif [DC, 4] qui semble favoriser la compréhension.

Dans le cadre du dialogue cognitif initié lors des discussions autour de la manipulation dans le jeu [OS, 24], nous remarquons que lorsque la stratégie d'un élève ne fonctionne pas [ps, 16], des élèves le soulignent et parviennent à le justifier [rj, 4]. Nous observons aussi qu'un élève en particulier, qui a présenté une stratégie incomplète, s'en est rendu compte, suite aux discussions, et a corrigé sa stratégie [ri, 1]. Nous remarquons également qu'un élève, après avoir écouté d'autres raisonnements erronés, a demandé de faire une deuxième tentative. Ce qui caractérise sa réponse est sa capacité à corriger son erreur initiale à la suite de l'analyse des erreurs de ses pairs. De plus, il décrit sa démarche en utilisant le métalangage mathématique.

Aussi, nous observons que les enseignants accompagnent les élèves en leur offrant de la guidance. Elle peut prendre la forme d'un questionnement qui sert à amener les élèves à trouver un indice pour les aider à donner la bonne réponse [GI, 10]. Les enseignants demandent par exemple aux élèves de leur nommer la fraction. La guidance peut aussi servir à décomposer le raisonnement en étapes pour faciliter la résolution du problème [GQ, 20]. À la suite de cette guidance, les élèves semblent être en mesure de porter un regard de type métacognitif sur leur raisonnement puisqu'ils parviennent à l'expliquer et à le justifier devant la classe, ce que nous observons à 3 reprises.

Une autre stratégie que les enseignants emploient pour guider les élèves est de dessiner au tableau des représentations visuelles des fractions [GD, 5] afin de les questionner pour qu'ils nomment ou calculent les fractions. Ce qui caractérise le questionnement offert par les enseignants est qu'ils adaptent leurs questions au niveau de chacun [ZPD, 3], tant pour les élèves forts que faibles. Parfois, ils mentionnent simplement que la question est compliquée. Selon la question posée, les élèves semblent réfléchir au raisonnement mathématique [pr, 38], ou à la démarche à suivre ensuite dans le jeu [ps, 16]. Ces nombres sont presque proportionnels au nombre d'occurrences où les élèves discutent autour des fractions [df, 35] et autour des stratégies du jeu [ds, 14].

Les enseignants utilisent aussi des dessins qui reproduisent le problème de *Slice Fractions* et visent à représenter visuellement le raisonnement des élèves au tableau [GD, 5]. Ils leur demandent ensuite d'expliquer leur raisonnement. Nous observons dans leurs réponses qu'ils expliquent la stratégie de jeu qui permet de réussir le niveau plutôt que d'expliquer le raisonnement mathématique qui la soutient [ds, 14]. Lorsque cela se produit, les enseignants leur demandent de nommer les fractions [OF, 45]. En identifiant les fractions qu'ils ont ou celles dont ils ont besoin, les élèves semblent mieux comprendre la démarche de résolution de problème, ce qui alimente ensuite leur raisonnement.

Pour guider les élèves, les enseignants font également des rappels des connaissances antérieures [PCA, 5]. Une fois, ils rappellent aux élèves ce qu'ils viennent de voir dans une question précédente. Une autre fois, ils les invitent à se rappeler d'une information qu'ils ont vue en dehors de cette séance. Ils les questionnent pour qu'ils trouvent la réponse en utilisant une information qu'ils ont déduite à une étape précédente. Ils les font ainsi travailler autour des fractions [df, 35] en soutenant la mobilisation de leurs connaissances antérieures.

À une seule occasion, les enseignants représentent ce que les élèves viennent d'expliquer sous la forme d'une équation mathématique afin de les aider à conceptualiser [MC, 1]. En voyant l'équation écrite au tableau, les élèves parviennent à répondre aux questions qui semblaient difficiles, tout en nommant correctement les fractions [mf, 20].

Lorsque ces pratiques sont mises en œuvre, nous observons que les élèves qui présentent leur démarche [rd, 14] réussissent à nommer correctement les fractions [mf, 20] et à utiliser le métalangage mathématique approprié [mp, 11]. À 29 reprises, nous remarquons que les élèves donnent des réponses courtes ou n'emploient pas le métalangage [ma, 29]. À un seul moment, après avoir reformulé la réponse de l'élève, les enseignants le questionnent afin de l'amener à aller plus loin et à justifier sa réponse [QJ, 1]. Ceci se traduit par une justification adéquate de la réponse de la part de l'élève et un emploi du métalangage mathématique précis [mp, 11]. À 3 reprises, les élèves justifient leurs réponses sans qu'on leur demande, ce qui suggère qu'il y a un développement de la pensée métacognitive.

Lorsque les élèves ont la bonne réponse, les enseignants le confirment en la validant, en la répétant ou en la reformulant [RQ, 14]. C'est le type de rétroaction que nous observons le plus souvent. Les rétroactions des enseignants prennent aussi la forme de questions qui renseignent l'élève sur la prochaine étape à réaliser [RPE, 8]. Cette rétroaction vient à la fin de l'exercice de résolution du problème, à la suite de l'explication et à la justification de la réponse par les élèves ou à la suite de l'écoute de la justification qu'un autre élève a donnée. À la suite de ces rétroactions, les élèves répondent en discutant soit du raisonnement mathématique, soit de la stratégie dans le jeu, selon le sujet de la rétroaction, mais sans utiliser le métalangage. D'autre fois, plus précisément, les enseignants offrent des rétroactions qui renseignent les élèves sur leurs bonnes et leurs mauvaises manœuvres [RBM, 3]. Nous avons rarement une réponse des élèves à la suite de ces interventions. Mais dans un des cas, l'élève semble remarquer son erreur [ri, 1] et comprendre comment la corriger. La dernière forme de rétroaction est celle qui vise à renseigner les élèves sur leur état d'avancement [REA, 4]. En réponse à ces rétroactions, les élèves ne semblent pas utiliser le métalangage mathématique. En revanche, les élèves utilisent souvent le métalangage lorsque les enseignants leur demandent de présenter leur démarche ou leur raisonnement ou de décrire ce qu'ils voient. Ils nomment les fractions, en réponse à des questions de guidance, comme celles vues dans les paragraphes précédents, ou pour justifier leurs réponses.

### *Description du travail de l'élève A1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 3, pendant le travail en grand groupe, A1 a de la difficulté à répondre aux questions de l'enseignant en classe. Il la questionne donc à plusieurs reprises et soutient son raisonnement avec des représentations visuelles au tableau pour l'aider à conceptualiser et à trouver la solution. A1 réussit à répondre à toutes les questions et, avec la guidance, propose un raisonnement qui fonctionne.

Lorsque nous observons son travail individuel dans *Slice Fractions*, nous remarquons qu'elle fait plusieurs essais avant de réussir. Lorsqu'elle ne trouve pas la solution, l'enseignant lui offre du soutien sur quelques niveaux. Son soutien est basé sur un questionnement et une décomposition de la démarche en quelques étapes. De plus, il utilise le métalangage et lui pose des questions pour l'inviter à le faire également. Bien que l'élève ne réussisse pas à résoudre le problème sans le soutien, elle réussit à répondre correctement à toutes les questions de l'enseignant et, ce faisant, à résoudre le problème du premier coup. L'enseignant l'accompagne ainsi dans quelques niveaux et la laisse résoudre les autres seule.

Nous observons que, lorsqu'elle est laissée à elle-même, A1 applique la démarche proposée par l'enseignant lors de la guidance. Elle commence par faire un essai pour voir si les fractions s'additionnent. Elle verbalise son raisonnement en utilisant le métalangage et fait un deuxième essai en choisissant des morceaux qui ont le même dénominateur pour qu'ils s'additionnent. Sa démarche suggère qu'elle comprend qu'afin d'additionner les fractions, elle peut d'abord les mettre au même dénominateur, un principe qu'elle a travaillé avec l'enseignant dans les défis précédents. Parfois, elle nomme aussi les fractions qui découlent de l'addition.

### *Description du travail de l'élève A2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 3, voyant que l'élève A2 a de la difficulté avec un des défis, l'enseignant le guide en le questionnant pour lui donner des indices et l'aider à segmenter sa démarche. Il le questionne aussi pour l'aider à mobiliser des connaissances antérieures. Par exemple, si l'élève fait une erreur en disant que  $\frac{2}{3}$  équivaut à  $\frac{2}{6}$ , l'enseignant travaille avec lui pour l'amener à déduire que  $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ , une équivalence qu'il a rencontrée durant le défi précédent. A2 réussit,

avec de la guidance, à mobiliser ses connaissances antérieures et à résoudre le problème du premier coup.

Durant d'autres défis, lorsque A2 réussit à résoudre les problèmes seul, l'enseignant le questionne pour développer son métalangage. Il lui demande de nommer les fractions qu'il voit sur l'image, soit «  $1/3$  » et «  $1/6$  », par exemple. Parfois, il l'invite à lui expliquer sa démarche ou l'aide à la décomposer. Il lui demande de trouver les fractions dont il a besoin et de trouver une façon de les obtenir. L'élève répond qu'il a besoin de  $1/6$  et de  $1/3$ , donc il nomme les fractions. L'enseignant lui demande, enfin, d'additionner les fractions pour l'aider à conceptualiser «  $2 \times 1/6$  égale à ?  $1/3$  ». Dans les défis qui suivent, à quelques reprises, A2 nomme les fractions dont il a discuté avec l'enseignant pour comparer les fractions et trouver les équivalences, de façon autonome.

#### **4.4.3 Transposition dans l'activité 3 de l'enseignante B**

Lors de la troisième semaine de rencontres, l'enseignante B forme des équipes de deux de façon à avoir un élève fort ou qui verbalise aisément avec un élève plus faible qui parle moins d'habitude. Elle sélectionne 6 défis du niveau 5 (défis 6, 7, 8, 9, 14, 15) et en imprime des captures d'écran. Ils représentent des défis qui requièrent un raisonnement mathématique et sont susceptibles d'engendrer un dialogue cognitif autour des différentes solutions possibles.

Elle imprime des feuilles où nous retrouvons des captures d'écran illustrant chaque défi et deux suggestions de démarches pour le résoudre. Elle invite les élèves, en équipe de deux à réfléchir pendant 20 minutes et à rédiger, pour chaque défi, s'ils sont en accord ou en désaccord avec la solution proposée sur la feuille ou s'ils trouvent que la solution est incomplète et à justifier leur choix.

Dans un troisième temps, en grand groupe, pendant 25 minutes, l'enseignante anime une activité basée sur des allers-retours entre la version imprimée des 6 défis du niveau 5 de *Slice Fractions* et la validation des raisonnements dans l'application sur iPad.

#### *Description du travail de l'élève B1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 3, B1 et B4 travaillent ensemble. Lorsqu'elles arrivent au défi qui est imprimé sur la feuille, elles y retournent pour lire ce qu'elles ont écrit et l'essayer dans l'application. Durant



cette activité, les élèves nomment les fractions qu'elles voient dans l'application. Parfois, nous entendons B1 segmenter sa démarche et dire « en premier tu dois faire ça ». Elles font plusieurs essais et à chaque essai elles se basent sur ce qu'elles ont appris de l'essai précédent. Alors, elles refont ce qui a fonctionné et nous entendons B1 demander à B4 : « toi avant tu as fait quoi ? », voulant se rappeler des étapes qui ne fonctionnent pas afin de les éviter. Si leur réponse écrite sur la feuille est incorrecte, elles la corrigent et justifient leur nouvelle réponse à voix haute. Par exemple, elles disent : « on n'a pas bon parce qu'il fallait couper ça ».

Une fois, elles appellent l'enseignante et répètent le défi devant elle pour lui montrer leur démarche qui fonctionne. L'enseignante leur demande alors de la justifier. B1 explique « parce qu'on a  $\frac{2}{6}$ .  $\frac{2}{6}$ , ça fait  $\frac{1}{3}$  et si on veut faire  $\frac{1}{3}$  il faut  $\frac{2}{6}$  et si  $\frac{2}{3}$ , il faut  $\frac{4}{6}$ . » D'ailleurs, ce raisonnement mathématique accompagné d'une verbalisation et d'un emploi du métalangage mathématique est présent à plusieurs reprises. En effet, au prochain défi, B1 réfléchit à voix haute et dit « là il faut  $\frac{3}{4}$  et ici on a  $\frac{1}{4}$ . » B4 aussi fait un raisonnement mathématique, durant le jeu. Elle classe par exemple les fractions en ordre décroissant en expliquant : « ici on a  $\frac{5}{5}$ ,  $\frac{1}{5}$  et  $\frac{3}{5}$ .  $\frac{5}{5}$  est le plus grand, on le fait tomber ici. »

Lorsqu'elle trouve le raisonnement mathématique, B1 réfléchit à une démarche dans le jeu pour résoudre le problème. Une fois, nous l'entendons dire : « je vais faire avec la logique ». Parfois, cela lui prend plusieurs essais avant de trouver la stratégie qui fonctionne dans le jeu. Durant les premiers essais, B1 dit « mais je ne comprends pas ». Ensuite, après plusieurs essais et un indice du jeu, elle dit « oui je comprends » et elle réussit tout de suite après.

#### *Description du travail de l'élève B2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 3, B2 travaille avec B6. Ils discutent pour décider s'ils sont en accord ou non avec les hypothèses de solutions suggérées sur la feuille que l'enseignante leur a distribuée. Nous décrivons ici les discussions qui ont eu lieu pendant qu'ils réfléchissaient aux hypothèses. C'est seulement après cette étape qu'ils font des manipulations dans l'application pour valider leurs réponses.

Ils lisent l'hypothèse et expriment chacun leur opinion. Ce faisant, ils utilisent le métalangage mathématique et justifient leurs réponses. B6 dit par exemple « les deux petits c'est trop petit pour faire  $1/3$ . Les deux petits morceaux c'est  $1/6$  ».

Nous assistons à un dialogue cognitif entre les deux élèves durant lequel chacun dévoile une information qui pousse l'autre à ajuster son raisonnement. Par exemple, lorsque B2 explique que le morceau choisi ne vaut pas  $2/6$ , mais bien  $2/8$ . B6 semble surpris. Il répète «  $2/8$  ? » B2 lui montre donc qu'elle a raison en comptant les morceaux. Elle obtient 12 morceaux. Ils en déduisent que le morceau n'est pas celui qu'il faut choisir puisqu'il fait  $1/12$  et non  $2/6$ . Ils ont donc développé, tous les deux, leur raisonnement mathématique en segmentant la démarche et en s'aidant des représentations visuelles dans l'application. Cela leur a permis également de nommer les fractions et de développer leur métalangage au fur et à mesure. Aussi, dans un autre défi, B2 corrige les choix de B6 en lui expliquant qu'il a raison, mais que cela ne fonctionne pas, car les morceaux ne sont pas égaux.

Une fois d'accord sur une réponse, ils l'écrivent et la justifient en décrivant, étape par étape, la démarche qui fonctionnerait selon eux. B2 écrit par exemple : « on devrait faire un petit plus un gros et ça va marcher. Ensuite, à droite, ça marche ». Les échanges entre les élèves leur permettent d'avancer dans leur raisonnement et nous les entendons dire qu'ils comprennent.

Parfois, en verbalisant son raisonnement à voix haute, B2 se rend compte de son erreur et explique pourquoi cela ne fonctionne pas. Par exemple, elle dit « Pas d'accord, car si on fait cela, le  $4/6$  va tomber aussi donc on fait tomber le  $4/6$  en pesant là-dessus. Non, ça ne marche pas mon affaire parce que si on fait ça lui va tomber. »

### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

L'enseignante démarre l'application *Slice Fractions* sur sa tablette et sélectionne le premier problème imprimé et distribué aux élèves, puis elle le projette au TNI à l'aide d'une caméra document et commence par lire la consigne. Celle-ci est rédigée avec un métalangage mathématique [MP, 21]. Dans la consigne, l'enseignante propose deux hypothèses de solution pour chaque défi et demande aux élèves s'ils sont d'accord ou pas avec ce qui est proposé [DAC, 5]. Les élèves ont déjà eu le temps de réfléchir à chacune d'entre elles en équipe, à justifier leur

raisonnement et à tester les hypothèses de solutions dans l'application avant d'en discuter en grand groupe.

Nous remarquons que, dans les consignes, l'enseignante a pris le soin de formuler des hypothèses de solution qui contiennent des erreurs que les élèves pourraient faire. Elle s'en sert également de prétexte pour aller plus loin dans son explication. Elle indique par exemple qu'il existe différentes formes géométriques qui peuvent représenter la même fraction donc ils ne sont pas obligés de couper une forme qui soit forcément un rectangle. Elle les aide ainsi à conceptualiser, à faire des liens avec le concept de fraction et à aller plus loin que ce que le jeu propose.

Elle essaie de faire passer une variété d'élèves parmi ceux qui ont la main levée. Certains sont avancés, d'autres ont plus de difficultés avec les fractions. Lorsque les élèves mentionnent qu'ils sont d'accord ou pas avec la solution proposée dans la consigne, souvent, l'enseignante leur demande d'abord de lui expliquer leur raisonnement mathématique [OF, 29] ensuite la démarche qu'ils ont trouvée pour résoudre le problème [QR, 16] pour enfin lui expliquer leur stratégie dans le jeu ou venir faire des essais dans l'application [OS, 18].

Pour guider leur raisonnement, l'enseignante leur pose des questions mathématiques en lien avec le défi. Ainsi, elle décompose le problème et les fait réfléchir à une étape à la fois [GQ, 7]. Que ce soit pour justifier leurs réponses ou pour présenter leur démarche, les élèves calculent les fractions et emploient le métalangage précis [mp, 16]. Ils disent, par exemple, « si on coupe ça fait  $1/6$ , mais si on coupe les deux ça fait  $1/3$  ou  $2/6$  » ou « car ce n'est pas le même dénominateur ».

Pour aider les élèves à ajuster leur raisonnement, l'enseignante les questionne ou leur donne un indice pour attirer leur attention à leur erreur ou à un détail qui pourrait changer leur réponse [GI, 6]. Elle leur permet aussi de faire un deuxième essai. Les élèves se basent sur le premier essai pour en faire un autre qui fonctionne, ce qui suggère qu'ils corrigent leur démarche et développent leurs connaissances d'un essai à l'autre [ri, 3].

L'enseignante reformule la réponse des élèves [MR, 9] et, pour s'assurer de bien la comprendre, elle leur demande de lui confirmer si c'est bien ce qu'ils veulent dire [QC, 3]. Elle demande à tous les élèves s'ils ont compris. Les élèves demandent ensuite de venir au tableau pour tester leurs

hypothèses, ce qui suggère un certain raisonnement et montre un besoin de tester la démarche pour mieux comprendre.

Parfois, les élèves n'expliquent pas la démarche qui fonctionne, mais celle qui ne fonctionne pas et ils justifient pourquoi cela ne fonctionne pas avant de proposer une démarche qui fonctionne, parfois sans même que l'enseignante le demande [rj, 14]. Afin de mieux expliquer leur démarche, les élèves viennent au tableau pour s'aider du support visuel. Cela soutient le développement de leur métalangage puisqu'ils nomment les fractions même pendant qu'ils expliquent la stratégie dans le jeu [mf, 6].

L'enseignante questionne les élèves et leur demande s'ils sont tous d'accord avec la réponse de leur collègue [DAC, 5]. Elle ne se contente pas de réponses du type oui ou non. Elle leur demande de justifier pour développer leur raisonnement mathématique [QJ, 7]. En expliquant leur raisonnement, les élèves développent leur métalangage mathématique [mp, 16]. Par exemple, un élève explique que c'est parce que le morceau équivaut plus que  $1/3$ .

Si la réponse des élèves est exacte, l'enseignante la confirme [RQ, 7]. Pour offrir une rétroaction immédiate aux élèves, elle fait des manipulations dans l'application pour montrer l'effet des actions proposées par l'élève. Elle offre aussi une rétroaction pour renseigner les élèves sur la qualité de leurs réponses et expliquer les bonnes et les mauvaises manœuvres [RBM, 1] en lien avec leur réponse ou avec la solution proposée dans la consigne. Aussi, elle valide les réponses des élèves verbalement ou leur propose de venir tester différentes solutions au TNI pour voir ce que cela donne [RQ, 7]. Ce faisant les élèves se rendent compte de leurs erreurs et reprennent le défi avant d'attendre sa fin [ri, 3].

L'enseignante questionne les élèves pour comprendre leur démarche et les fait réfléchir à la prochaine étape [RPE, 7]. Les élèves peuvent ainsi ajuster leurs réponses au fur et à mesure. Ils arrivent aussi à présenter leur démarche verbalement [rd, 18] ce qui indique qu'ils sont en mesure d'expliquer leur raisonnement et de l'articuler.

Le dialogue cognitif est présent de différentes manières durant cette activité [DC, 14]. Parfois, les élèves se basent sur la démarche de leur collègue et l'ajustent afin qu'elle fonctionne sans la changer au complet. D'autres fois, l'enseignante mentionne qu'il y a d'autres possibilités pour

ouvrir la porte à un dialogue cognitif et une discussion autour des différentes stratégies dans le jeu. Aussi, pour susciter un dialogue cognitif, l'enseignante invite les élèves à réfléchir à une solution possible. Lorsque les élèves expliquent leur raisonnement, ils se rendent compte de leur propre erreur ou de celles des autres.

Dans leurs discours, l'enseignante et les élèves emploient le métalangage mathématique ou nomment les fractions même lorsqu'ils parlent de la stratégie dans le jeu. Parfois, nous ne retrouvons pas le métalangage dans le discours de l'enseignante [MA, 16], car sa question ne s'y prête pas. C'est le cas, par exemple, lorsqu'elle demande « pourquoi ? » Le métalangage est aussi absent du discours de l'élève [ma, 16]. C'est le cas, par exemple quand l'élève répond par un oui ou un non. Mais l'enseignante rebondit sur la réponse de l'élève pour l'amener à verbaliser avec un métalangage précis. Nous observons que les élèves maîtrisent bien le métalangage, car l'enseignante n'a pas eu besoin de les corriger à aucun moment. Dans la majorité des cas, ils le font sans même qu'elle le demande.

À la fin du problème, l'enseignante modélise son raisonnement [GM, 3] en expliquant le raisonnement mathématique en lien avec le problème résolu.

#### **4.4.4 Transpositions dans l'activité 3 de l'enseignante C**

Dans la troisième activité de la classe C, les élèves commencent par s'exercer dans l'application *Slice Fractions* pendant environ 30 minutes. Ils débutent par le niveau où ils se sont arrêtés lors de la deuxième activité et font autant de défis que possible.

À ceux qui ont terminé tous les niveaux la dernière fois, l'enseignante donne une activité dont le but est d'être capable d'expliquer l'équivalence des fractions à des élèves de troisième année du primaire.

##### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

L'enseignante débute en invitant les élèves à réfléchir en équipe à une façon d'expliquer l'équivalence de fraction suivante «  $1/2 = 2/4 = 3/6$  » à des élèves de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire. Elle précise les intentions d'apprentissage [PI, 8] et fait un rappel des connaissances antérieures [PCA, 5]. Les élèves préparent leurs présentations. Comme indiqué par l'enseignante, ils peuvent utiliser tout le matériel qu'ils désirent (des papiers, des aimants, des ciseaux, de la

colle, des crayons de couleur, le TNI). Ensuite, à tour de rôle, ils font leurs présentations devant la classe.

L'enseignante questionne les élèves en prenant le rôle d'un élève de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire pour les pousser à améliorer leur explication. Elle les questionne également pour augmenter le niveau du défi, développer leurs connaissances et expliquer de nouveaux concepts [QR, 12]. Ce faisant, elle modélise son propre raisonnement au TNI [GM, 15]. Elle leur donne des indices [GI, 6] pour soutenir leur raisonnement et utilise le dessin pour les aider à conceptualiser [GD, 4].

À la suite de leurs réponses, l'enseignante leur offre une rétroaction pour les corriger [RC, 1]. Elle les renseigne également sur leurs bonnes et leurs mauvaises manœuvres [RBM, 2] et les questionne pour les amener à réfléchir à la prochaine étape [RPE, 4]. S'ils ont la bonne réponse, elle la valide [RQ, 5] ou passe à la prochaine.

Lorsque l'enseignante modélise son raisonnement, les élèves semblent attentifs, car ils répondent correctement à ses questions et la contredisent lorsqu'ils ne sont pas convaincus. L'enseignante en profite pour animer un dialogue cognitif, confronter son raisonnement à celui des élèves et leur montrer la faisabilité de la démarche proposée [DC, 3]. Par exemple, un élève contredit l'enseignante en disant que ce qu'elle propose comme solution ne fonctionne pas, car le calcul n'est pas exact. Elle le corrige en décomposant le problème et en le questionnant afin qu'il se rende compte de l'exactitude du raisonnement. Elle demande aux élèves de confirmer s'ils sont d'accord ou pas avec son raisonnement [DAC, 3]. Cette pratique n'est généralement pas suivie d'une réponse élaborée de la part des élèves.

Les discussions portent souvent sur les fractions puisque l'exercice se fait en dehors de l'application *Slice Fractions* [OF, 51] (51 manifestations). À 3 reprises, l'enseignante félicite les élèves et les encourage ou partage son appréciation des mathématiques [OA]. Elle emploie le métalangage mathématique, 3 fois, surtout lorsqu'elle modélise son raisonnement [MP]. Plus rarement, à 6 occasions, elle écrit la formule mathématique pour représenter l'explication de l'élève au tableau et aider les autres à conceptualiser [MC]. À 2 reprises, elle nomme seulement les fractions, surtout pour confirmer la réponse d'un élève [MF]. Au besoin, elle reformule la

réponse de l'élève [MR] avant de poursuivre l'explication pour récapituler ou pour lui donner la chance de confirmer (2 manifestations).

Durant les présentations, les élèves expliquent l'équivalence entre les trois fractions en justifiant leur raisonnement. De plus, ils justifient leurs réponses lorsqu'ils répondent aux questions de l'enseignante [rj, 7]. Lorsque l'enseignante décompose le problème en plusieurs segments, les élèves ont tendance à répondre à ses questions avec des chiffres. Par exemple, si elle demande «  $2 \times 2 = ?$  » Les élèves répondent 4. Durant le reste de la présentation, les élèves présentent leur démarche [rd, 25] en employant le métalangage mathématique plus élaboré.

Avec le soutien de l'enseignante, les élèves réussissent à répondre à des défis plus grands. En effet, à une occurrence, une équipe mobilise les nouvelles connaissances, directement à la suite des explications de l'enseignante, pour justifier l'équivalence des fractions. Une des deux élèves réussit toute seule, l'autre réussit avec l'aide de l'enseignante qui le guide en décomposant le problème [GQ, 14]. Lorsqu'il réussit, il dit : « oh ! J'ai compris » et poursuit le raisonnement sans soutien.

Dans cette activité, nous remarquons que les élèves n'utilisent jamais un métalangage qui est erroné [me, 0]. Ils réussissent à calculer des fractions et à expliquer leur démarche pour justifier l'équivalence. Ceux qui les écoutent participent aussi pour répondre à leurs questions. Par exemple, si l'équipe demande si les morceaux sont égaux, les élèves de la classe répondent par oui ou par non. Le métalangage est donc absent, dans ces cas. Par contre, il est plus présent quand les questions sont plus élaborées et permettent de répondre en nommant les fractions. Cette activité permet aux élèves d'assister à différentes façons d'expliquer l'équivalence des fractions que ce soit par le dessin, le collage ou le calcul mathématique.

#### *Description du travail de l'élève C1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 3, C1 et C4 travaillent ensemble. Elles commencent chaque défi en nommant les fractions qui sont sur l'image et celles dont elles ont besoin. Dans un défi en particulier, la stratégie est nouvelle. Il faut faire une addition, mais les élèves ne savent pas encore comment cela fonctionne dans le jeu. En effet, il faut comprendre que les fractions qui ont le même dénominateur s'additionnent ensemble s'il y a un symbole + sur l'une d'elles. Les élèves font plus

que 5 essais, pour trouver leur erreur. Elles apprennent un peu de chaque essai. Plus précisément, elles mémorisent leurs bonnes manœuvres et les répètent en disant, par exemple : « OK, j'avais fait ça ». Un élève qui a déjà réussi le niveau se porte volontaire pour leur expliquer la démarche. L'enseignante l'encourage à leur expliquer son raisonnement, sans leur donner la réponse. Il leur explique qu'il faut avoir un dénominateur 6 pour que les fractions ne s'additionnent pas ensemble. Ensuite, l'enseignante demande aux filles de nommer le dénominateur qu'elles voient. Elle les corrige jusqu'à ce qu'elles nomment correctement le reste des fractions. Finalement, elle les guide en les questionnant jusqu'à ce qu'elles réussissent. Au prochain défi, les élèves rencontrent la même difficulté. Elles persévèrent jusqu'à découvrir qu'il faut avoir des morceaux de  $\frac{1}{8}$  seulement pour éviter que les morceaux de  $\frac{1}{4}$  s'additionnent ensemble. Elles réussissent.

#### *Description du travail de l'élève C3 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 3, C3 et C5 travaillent ensemble. C3 commence directement par identifier les fractions nécessaires. Elle compare les fractions  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{6}$ . Ensuite, elle fait des essais pour trouver la stratégie pour faire tomber  $\frac{1}{6}$  dans le jeu. Lorsqu'elle bloque, C5 propose de l'aider. Elle nomme aussi les fractions qu'elle obtient après chaque coupe. Les deux réussissent.

Elles prennent le temps de réfléchir, segmentent leur démarche et procèdent à la résolution du problème une étape à la fois. Lorsqu'elles travaillent ainsi, elles réussissent du premier coup. Si elles font plusieurs essais, elles ne répètent pas leurs erreurs deux fois.

Lorsque C3 fait quelques manipulations et se rend compte qu'elle ne réussira pas le problème, elle le refait sans attendre que le jeu lui donne le résultat. Nous constatons donc qu'elle fait un raisonnement mathématique ou un calcul mental et comprend, dans cet exemple, que  $\frac{4}{5} - \frac{2}{5}$  ne donne pas  $\frac{1}{5}$ .

#### **4.4.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes**

Durant la deuxième rencontre en cercle pédagogique, les enseignantes ont participé aux échanges pour trouver des pistes de développement et des façons de réguler leurs pratiques. Leur intention est de mieux soutenir la verbalisation des élèves afin de rendre visibles leurs apprentissages, de soutenir la conceptualisation et de favoriser les liens entre le jeu et le concept de fraction. Parmi les solutions proposées, elles ont discuté de l'utilité des représentations



visuelles. C'est une piste qu'elles explorent différemment dans leurs activités respectives. Le Tableau 25 présente un résumé des trois activités.

**Tableau 25**  
Synthèse des activités 3 dans les trois classes

Enseignant	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
A	1	45 min	<i>Nearpod</i>	É et C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les élèves forment des équipes de deux avec le partenaire de leur choix.</li> <li>Les élèves ont un iPad par équipe. Ils répondent en équipe à une question à la fois.</li> <li>Les défis 7 et 8 du niveau 5 dans <i>Slice Fractions</i> ont été segmentés en 4. Chaque segment est introduit par une question différente.</li> <li>Les élèves disposent d'environ 2 minutes pour répondre à chaque question. La limite de temps est affichée dans <i>Nearpod</i>.</li> <li>Les enseignants se promènent en classe pendant que les élèves travaillent dans <i>Nearpod</i>, pour répondre aux questions de chaque équipe et offrir des rétroactions.</li> <li>Une fois que toutes les réponses sont soumises, ils reviennent sur chaque question, en grand groupe. Ils sélectionnent une réponse et invitent l'élève à présenter son raisonnement. Ils en discutent en grand groupe.</li> </ul>
	2	20-30 min	<i>Slice Fractions</i>	I	Les élèves ont un iPad chacun et font des essais dans le niveau 5 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .
B	1	20 min	Document imprimé	É	Les élèves réfléchissent, en équipes de 2, à la résolution de 6 défis de <i>Slice Fractions</i> (Niveau 5, défis 6, 7, 8, 9, 14, 15) et rédigent, pour chaque défi, s'ils sont en accord ou en désaccord avec la solution proposée sur la feuille ou s'ils trouvent que la solution est incomplète et de justifier leur choix.
	2	20 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves ont un iPad chacun et s'exercent, en équipes de 2, à résoudre tous les problèmes du niveau 5 dans l'application <i>Slice Fractions</i> incluant les 6 défis qu'ils ont tenté de résoudre sur leurs feuilles.
	3	25 min	<i>Slice Fractions</i> et TNI	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>En grand groupe, l'enseignante revient sur chacun des 6 défis sélectionnés (Niveau 5, défis 6, 7, 8, 9, 14, 15) et invite certains élèves à expliquer leur raisonnement au TNI.</li> <li>Tout au long de ce retour, les élèves valident ou corrigent leurs réponses sur leurs feuilles.</li> </ul>

Enseignante	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
C	1	30 min	<i>Slice Fractions</i>	É	Les élèves travaillent dans <i>Slice Fractions</i> en équipes de 2 avec le partenaire de leur choix à partir du niveau auquel ils se sont arrêtés la dernière fois.
	2	10 min	<i>Slice Fractions</i> et TNI	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les élèves doivent expliquer l'égalité écrite au TNI : <math>1/2 = 2/4 = 3/6</math>. Ils ont 10 minutes pour préparer leur présentation.</li> <li>• Ils doivent trouver un moyen, en équipe de 2 ou de 3, pour expliquer cette équivalence à des élèves de troisième année du primaire.</li> <li>• Pour préciser ces attentes, l'enseignante encercle les numérateurs et les dénominateurs sans les nommer et indique aux élèves qu'ils vont devoir expliquer ce que ces chiffres veulent dire : « c'est quoi le 1 dans <math>1/2</math> ? »</li> <li>• Ils peuvent utiliser tout le matériel disponible. Ils peuvent couper, coller, plier, colorer.</li> </ul> <p>Pour les encourager, elle leur dit qu'ils vont prendre le rôle de professeurs, qu'elle fera une compétition par vote et l'équipe qui remporte les points du vote pourra présenter sa démarche dans une classe de troisième année. Elle ne précise pas les critères de création des équipes.</p>

*Note.* Ressources (Res) ; types de regroupement (Reg) ; individuel (I), équipe (É), classe (C).

Toujours dans la visée d'amener les élèves à élaborer un raisonnement sur la tâche plutôt que de faire de multiples essais et erreurs, l'enseignante A choisi de travailler encore une fois avec *Nearpod* dans une activité similaire à l'activité 2, mais cette fois-ci sur deux niveaux du jeu segmentés en 4 étapes. Son activité 3 dure toute la séance. Elle a été ajustée à la suite de l'activité 2 grâce à des observations que l'enseignante A a fait lors du deuxième cercle. En effet, durant ce cercle, elle a exprimé les avantages de *Nearpod* et les améliorations qu'elle souhaite apporter à son activité. Elle a dit que cet outil lui permet de travailler avec les élèves sur des défis sans qu'ils ne puissent tester dans l'application *Slice Fractions* ou voir les réponses immédiatement. Il favorise ainsi le développement de la capacité à anticiper. Toutefois, elle a constaté que les élèves prenaient beaucoup de temps pour dessiner leur réponse sur l'écran, ce qui l'a empêché de couvrir avec eux les quatre questions qu'elle avait prévues pour son activité 1. Elle a proposé donc de mettre une image en fond d'écran, lors de son activité 3, ainsi, les élèves peuvent dessiner directement là-dessus au lieu de le faire sur une page blanche et aller ainsi plus vite. Afin de le faire et de pouvoir explorer le plein potentiel de *Nearpod* sans risquer de manquer de temps comme la dernière fois.

L'enseignante A a demandé s'il est possible d'avoir une modélisation de ce type d'activité pour voir ce qu'il est possible de mettre en œuvre avec la ressource numérique. Ainsi, à la demande de l'enseignante, une personne experte en enseignement avec *Nearpod* participe à l'animation de l'activité. Un soutien est donc offert à l'enseignante, à sa demande, et prend la forme de modélisation de pratique. L'enseignante circule pour guider les élèves. Ensuite, ils jouent librement dans *Slice Fractions*, individuellement, en poursuivant à partir du niveau où ils étaient arrivés la semaine précédente. Cette activité permet à l'enseignante A de voir des effets sur la nature de leurs pratiques pédagogiques et sur les apprentissages des élèves. Par exemple, elle peut voir à quel moment une élève éprouve une difficulté et ainsi tout de suite réguler sa pratique pour l'aider à comprendre l'aspect du concept qui lui pose un problème. Si les élèves faisaient la même activité sur papier, pour arriver au même résultat, l'enseignante devait être capable de regarder toutes les copies à chacune des étapes.

Dans la classe B, l'enseignante fait une activité similaire à son activité 2, mais ajoute sur les feuilles des hypothèses auxquelles les élèves doivent réfléchir. Comme l'enseignante A, elle utilise des captures d'écran de *Slice Fractions*. Toutefois, au lieu de les intégrer dans *Nearpod*, elle les imprime sur les feuilles qu'elle distribue aux élèves pour soutenir la visualisation. Pour chaque hypothèse, ils doivent dire s'ils sont d'accord, pas d'accord ou si l'énoncé est incomplet et justifier leur réponse. Avant d'écrire leur réponse, les élèves doivent en discuter à deux. Leurs discussions sont enregistrées. Ensuite, ils peuvent jouer et vérifier l'exactitude de leurs réponses. À la fin, ils font un retour en grand groupe sur les 6 niveaux. Les élèves sont également invités à se corriger sur le papier pendant cette étape.

Contrairement à l'enseignante A, dans la classe B, les élèves ont des choix de réponses. Ces choix sont inspirés d'erreurs fréquentes que les élèves font d'habitude. D'ailleurs, dans le cercle, nous remarquons que l'enseignante B analyse la démarche de l'élève et essaie à des multiples reprises de comprendre son raisonnement. Cette analyse lui sert pour créer des choix de réponses avec des erreurs fréquentes. Lors du retour en grand groupe, elle accorde également une importance particulière aux erreurs des élèves qui, selon elle, sont la clé pour que les élèves comprennent la démarche et soient incités à la verbaliser. En effet, comme nous pouvons le voir dans le Tableau

59 (voir Annexe 23), dans cette activité, lors du retour en grand groupe, l'enseignante anime un dialogue cognitif 14 fois.

Dans la classe C, l'exploration dans *Slice Fractions* est libre comme durant la première activité. Les élèves débutent à partir du dernier niveau auquel ils sont rendus la dernière fois. À la fin de la séance, ceux qui ont terminé travaillent en équipe sur un exercice qui consiste à expliquer une équivalence des fractions à l'image d'un mini-prof en faisant appel à des représentations visuelles et des manipulations dans le but de soutenir la compréhension et la conceptualisation. Ce travail est aussi propice à l'émergence de dialogues cognitifs entre les élèves qui tentent de justifier leurs démarches 7 fois, comme nous pouvons le voir dans le Tableau 60 (voir Annexe 24).

Nous observons, encore une fois, des transpositions distinctes visant toutes les trois à soutenir le raisonnement en utilisant des représentations qui se veulent fécondes et des manipulations d'objets.

Dans son activité, l'enseignante A met en place l'idée qu'elle a eue lors de la rencontre en cercle. Elle segmente le défi dans *Nearpod* et ajoute à chaque question une image de fond qui est une capture d'écran de défis dans *Slice Fractions* pour que ses élèves puissent dessiner directement là-dessus. Contrairement à l'enseignante B, elle ne propose pas de choix de réponses à ses élèves, mais discute avec eux de leurs réponses, en les questionnant et en animant des dialogues cognitifs, pour soutenir la conceptualisation et leur montrer qu'il est possible de suivre une démarche de résolution de problème pour réussir le défi plus rapidement.

Dans la classe B, comme dans l'activité 1, les élèves viennent à l'avant pour tester leur démarche dans l'application, devant la classe. L'enseignante les questionne pour discuter autour des différentes possibilités de résolution du problème. Elle les invite à faire des essais en grand groupe, les questionne et leur demande de justifier leurs réponses animant ainsi un dialogue cognitif. Elle les encourage également à essayer de se corriger. Parfois, elle écrit les équations au TNI pour décontextualiser les savoirs. Elle utilise également le TNI pour représenter visuellement les fractions et questionner les élèves afin qu'ils comprennent l'équation mathématique et parviennent à faire le passage du concret à l'abstrait.

Dans la classe C, l'enseignante invite ses élèves à utiliser des représentations visuelles et des objets de leur choix pour expliquer l'équivalence de fraction à leurs collègues. Ce ne sont pas des représentations que nous retrouvons dans le jeu, mais des représentations plus formelles. En les écoutant, elle peut avoir accès à leurs raisonnements et mieux comprendre ce qu'ils comprennent ou pas.

Nous pouvons observer que, dans les essais réalisés en classe à la suite des échanges qui ont eu lieu lors de la deuxième rencontre en cercle pédagogique, les trois enseignantes animent des discussions en classe autour des différentes solutions possibles. Toutefois, elles demandent aux élèves de réaliser des tâches différentes et utilisent les représentations visuelles différemment pour soutenir le raisonnement des élèves.

#### 4.5 Description de l'activité 4 de chaque enseignante à la lumière de la troisième rencontre en cercle pédagogique

Dans cette section, nous commençons par une description de la troisième rencontre, suivie d'une présentation de la quatrième activité de chacune des trois enseignantes et des effets observés sur le processus et la démarche d'apprentissage des élèves. Nous terminerons par une mise en relation des transpositions observées dans les trois classes.

Le Tableau 26 présente la fréquence des 30 pratiques pédagogiques observées, regroupées sous 7 catégories, pour l'activité 4 pour chacune des classes. Tandis que le Tableau 27 présente les fréquences d'apparition des 15 caractéristiques du travail des élèves lors de l'activité 4 dans les trois classes.

**Tableau 26**

Fréquences des pratiques pédagogiques observées pour l'activité 4 dans les trois classes

Pratiques pédagogiques		Activité 4		
		A	B	C
Préparation	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	2	0	1
	Clarifier les critères de succès [PC]	4	2	2
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	0	0	0
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	3	4	5

Pratiques pédagogiques		Activité 4		
		A	B	C
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	6	13	7
	Décomposer le problème [GQ]	13	24	12
	Modéliser son raisonnement [GM]	0	1	7
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]	4	7	6
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	2	4	17
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	6	12	34
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]	10	12	6
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	5	4	16
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]	0	0	0
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]	0	0	2
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]	16	13	20
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]	1	10	11
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]	1	2	0
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]	12	26	7
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	2	8	3
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	19	13	11
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	46	55	108
	Travailler autour des stratégies [OS]	12	38	20
	Travailler sur la dimension affective [OA]	0	0	14

Pratiques pédagogiques		Activité 4		
		A	B	C
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]	11	34	52
	Utiliser un métalangage erroné [ME]	0	0	0
	Nommer les fractions [MF]	2	7	22
	Utiliser un métalangage [MP]	30	32	51
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]	5	13	6
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	13	13	8
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	1	2	4

**Tableau 27**

Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves pour l'activité 4 dans les trois classes

Travail des élèves		Activité 4		
		A	B	C
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]	0	0	0
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]	4	30	7
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]	24	34	40
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]	9	12	43
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]	21	27	25
	Justifier sa réponse [rj]	18	23	10
	Segmenter sa démarche [rs]	1	5	1
	Interpréter son erreur [ri]	0	3	6
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]	14	35	13
	Discuter autour des fractions [df]	33	40	74
	Discuter autour de la dimension affective [da]	0	0	2

Travail des élèves		Activité 4		
		A	B	C
Métalangage	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	16	29	37
	Utiliser un métalangage erroné [me]	1	0	2
	Nommer les fractions [mf]	11	9	20
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	25	39	35

#### 4.5.1 Présentation de la troisième rencontre en cercle pédagogique

Lors de cette troisième rencontre, le travail d'analyse de pratique centré sur les apprentissages des élèves, comme le proposent Guskey (2000) et Sherin et Van Es (2009), se poursuit. Les enseignantes visionnent deux documentations sur vidéo. La première est un enregistrement d'écran qui porte sur le travail d'une élève qui résout des problèmes dans le niveau 5 de *Slice Fractions*. La deuxième documente l'activité C-3 pendant laquelle l'enseignante demande aux élèves de venir au tableau pour expliquer en équipe une équivalence de fractions.

L'animatrice présente la première vidéo dans laquelle nous pouvons voir l'écran d'une élève de la classe A, qui travaille dans le niveau 5 de *Slice Fractions* et parfois verbalise son raisonnement à voix haute. Plus tard dans la rencontre, après la fin de la discussion autour de la première documentation, l'enseignante C présente la deuxième vidéo en expliquant les intentions de l'activité et son déroulement. Elle veut que tous les élèves puissent participer au défi lancé et anticipe les erreurs qu'ils peuvent faire en lien avec les fractions. Son intention est de faire une activité de soutien au transfert. Dans cette activité, nous pouvons voir une équipe de deux élèves qui tente d'expliquer à la classe une équivalence de fractions en s'aidant du TNI où ils peuvent dessiner des bandes pour aider à la visualisation. Nous observons dans la vidéo que les élèves n'ont pas réussi à faire cette démonstration.

Les animateurs commencent par préciser les intentions de la séance et expliquer le contenu de la vidéo qu'ils partagent. Ils invitent les enseignantes à essayer de voir si les élèves « utilisent des stratégies pour résoudre les défis au-delà de simplement faire des essais erreurs ». Pendant le visionnement, les animateurs arrêtent la vidéo pour faire réfléchir les enseignantes aux



caractéristiques du raisonnement des élèves. Parfois, ce sont les enseignantes qui demandent de mettre une pause sur la vidéo.

#### *Visionnement de la première documentation et analyse du jeu*

L'enseignante B prend la parole en premier et dit ce qu'elle observe. Elle explique par exemple qu'elle voit que l'élève fait un premier essai et le manque alors elle refait un deuxième. Elle observe également que l'élève fait des pauses et prend le temps de réfléchir. Elle interprète la démarche de l'élève comme étant une indication qu'il a compris. Lorsqu'elle observe que l'élève est allée trop loin dans sa démarche erronée, l'enseignante intervient pour dire que cela veut dire qu'elle n'a pas appris de l'essai précédent. Elle interprète l'erreur de l'élève et essaie de comprendre les actions qu'elle a faites. Par exemple, elle explique que l'élève a fait  $1/2$  de ce qu'il y a et pas  $1/2$  du tout. Elle fait le lien avec la progression des apprentissages et explique que cela veut dire que l'élève n'identifie pas le tout. Elle remarque également que l'élève répète cette erreur avec le  $1/4$ .

L'animateur intervient pour lui faire remarquer que cela montre que l'élève fait quand même un raisonnement bien qu'il ne soit pas encore axé sur le bon tout, donc ce n'est pas du hasard. Il propose de demander à l'élève d'encercler le tout pour qu'elle commence à observer ce que cela donne. L'enseignante B remarque aussi les indices offerts par le jeu et interprète l'effet qu'ils ont sur l'élève. Elle dit par exemple, « C'est malin ça parce que du coup elle voit ce qui manque ». En se basant sur ces observations, elle réfléchit à des moyens d'améliorer le jeu pour répondre aux besoins des élèves : « c'est dommage ça, c'est qu'on n'ait pas le nombre de tentatives parce que ça serait un jeu fait pour les écoles, il faudrait que l'enfant mette son nom qu'on sache combien de temps il a passé et qu'on sache, par image, combien il a fait de tentatives et qu'on ait des moyennes, ça serait génial. » Elle commence ainsi un échange qui porte sur les moyens d'amélioration de la ressource numérique en fonction des besoins des élèves et des enseignantes.

#### *Observation et interprétation des difficultés*

Nous assistons à une confrontation d'idées entre les enseignantes A et B qui porte sur l'intention du jeu et l'effet sur les apprentissages des élèves. L'enseignante A tient l'argument que l'élève aurait pu continuer et réussir quand même le niveau donc le jeu n'aurait pas dû lui donner l'indice

ou lui proposer de recommencer. Elle pense que l'objectif est de s'assurer que l'élève retourne et comprenne à quoi équivaut  $\frac{1}{4}$  du tout.

Lorsqu'elle observe que l'élève a compris, l'enseignante B exprime son enthousiasme pour voir quand et comment l'élève va réussir. Elle dit par exemple : « ah OK. Donc là elle a compris que là il fallait qu'elle en fasse deux. Vas-y ! on se demande quand est-ce qu'elle va réussir. Elle a compris que c'est bon de ce côté-là. » Elle interprète les difficultés des élèves en disant : « ben là la difficulté c'est de savoir où est-ce qu'on fait tomber les morceaux. Il n'y a pas de difficulté au niveau des fractions. » Elle mentionne aussi les fois où le jeu est déroutant et peut amener les élèves à confusion. Elle explique notamment les difficultés qu'elle anticipe que les élèves vont avoir dans le niveau 6 de *Slice Fractions*. Deux éléments qu'elles trouvent déroutants : premièrement, le fait que le tout ne soit pas représenté, car les enfants sont habitués à le voir et, deuxièmement, les éléments liés à la stratégie et aux représentations visuelles comme la balance dans le niveau 5. L'animateur intervient pour attirer son attention sur le fait que, malgré ces confusions, l'élève fait quand même un raisonnement stratégique et réajuste chaque fois un peu sa démarche pour réussir.

Lorsque l'enseignante B voit que l'élève fait une action qui témoigne d'un niveau de compréhension, elle le mentionne : « c'est bien ça ». L'animateur rappelle aussi l'importance d'inviter les élèves à raisonner à voix haute avant de commencer le travail. Cela ouvre une discussion où les enseignantes partagent leurs idées sur les raisons pour lesquels les élèves sont parfois gênés de parler à voix haute et sur les conditions qui pourraient favoriser cela. L'enseignante B commente de nouveau les actions réussies de l'élève et se rend compte qu'elle est bonne : « elle est bien partie ». Elle se projette en classe et suggère qu'« il faut qu'en classe on prenne l'habitude de faire des demis comme ça en diagonale ». L'analyse du jeu l'amène donc à se rendre compte qu'il faudrait réguler sa pratique afin de s'assurer que les élèves parviennent à diviser des surfaces de différentes façons tout en étant capable de toujours associer ces divisions au concept de fraction comme des  $\frac{1}{2}$  ou des  $\frac{1}{4}$ . Alors, ils peuvent faire des triangles dans un carré ou 4 petits carrés pour faire  $\frac{1}{4}$ . L'enseignante observe donc que, dans *Slice Fractions*, les élèves doivent utiliser le concept de fraction de différentes façons. En voyant les

difficultés que les élèves rencontrent, elle se rend compte que les exemples donnés en classe sont très limités et qu'il faudrait varier les façons d'étudier un même concept en classe.

*Slice Fractions* est un environnement qui permet aux enseignantes de voir la façon dont les élèves mobilisent le concept ou l'exploitent pour réaliser des tâches, ce qui peut vouloir dire que les enseignantes développent une meilleure compréhension de ce qu'il faut varier dans les illustrations du concept quand elles le présentent de façon plus formelle. Quand elles voient les erreurs des élèves, elles sont capables de voir ce qu'elles peuvent développer ou ajuster dans leur enseignement, dans une prochaine activité, et si elles peuvent préciser certains concepts ou les illustrer pour que ce soit plus précis.

### *Analyse du jeu*

En analysant le travail des élèves dans le jeu, l'enseignante B distingue les difficultés liées aux fractions de celles liées au jeu. Elle est toujours curieuse de voir ce que l'élève va faire. Elle réitère son commentaire sur l'importance d'avoir l'échelle représentée quelque part : « Le même carré, je ne sais pas si c'est le même à chaque fois, mais là il vaut 1. Il faudrait qu'on ait la référence, l'échelle, le un quelque part sur l'écran pour qu'on sache à quoi ça correspond à chaque fois ». Elle explique les difficultés du niveau 6.

L'animateur mentionne l'intention de chaque niveau : « la comparaison », « l'équivalence ». L'enseignante B mentionne qu'elle pense que l'élève a réussi à additionner les fractions à cause d'un coup du hasard. L'enseignante A exprime un avis différent en expliquant que l'application fait exprès d'ajouter des niveaux faciles pour que les élèves comprennent quoi faire, ensuite elle augmente le degré de difficulté pour susciter un raisonnement. Dans le jeu, il n'y a aucun jugement sur le niveau ou la vitesse de réussite. Au-delà de la visée dans le jeu, c'est aux enseignantes de juger de ce qui permet de voir qu'un élève peut aller plus vite et de réfléchir à des moyens pour le faire avancer. Pour ce faire, elles peuvent lui proposer une pratique guidée sur un concept précis. Bien que l'enseignante B pensait que le hasard joue un rôle, dans cet échange, elle mentionne que les morceaux s'additionnent seulement s'ils ont le même dénominateur. Elle fait donc ressortir le lien avec les concepts mathématiques. Elle remarque que les aides offertes par le jeu sont toutes visuelles donc il y a un risque de les manquer.

À la fin de la vidéo, elle souligne qu'il est intéressant de voir ce que les élèves font comme raisonnement qui d'entrée de jeu n'a pas l'air formalisé et indique qu'il y a une progression intéressante. L'enseignante A joint sa voix à celle de l'animateur en exprimant qu'elle pense que ses élèves « vont être prêts pour la 5<sup>e</sup> année ». Par contre, elle exprime sa réticence face à la capacité des élèves à transposer les savoirs dans une situation où ils doivent résoudre les problèmes avec un papier et un crayon. Selon elle, dans le jeu, les élèves sont habitués à faire certains mouvements, ce qui les guide beaucoup. L'enseignante B est du même avis et donne l'exemple de l'addition de  $\frac{1}{4}$  avec  $\frac{1}{8}$  en expliquant que dans les exercices sur papier les élèves n'ont pas à faire l'étape intermédiaire de couper  $\frac{1}{4}$  en deux avant de pouvoir l'additionner avec  $\frac{1}{8}$ . Elle voudrait dire que dans les exercices habituels en classe les élèves doivent mettre les fractions sur le même dénominateur alors que, dans *Slice Fractions*, ils doivent segmenter une figure pour établir une correspondance entre les dénominateurs. L'enseignante B observe donc que ce sont donc deux façons d'aborder le concept. Elle mentionne que cela démontre une capacité à développer des stratégies en tenant compte des indices dans le jeu. Elle ajoute que les difficultés sont variées. Elles peuvent porter sur l'équivalence des fractions, l'addition des fractions, le chemin à faire, l'ordre des étapes.

L'enseignante B détecte une erreur chez l'élève sur la vidéo et l'associe à une difficulté d'ordre stratégique et non à une difficulté avec les fractions. Elle explique que le côté du jeu axé sur la stratégie plaît aux élèves et les intéresse et que le but de l'application est de trouver des stratégies. De ne pas réussir tout de suite un défi ne veut pas dire que les élèves ont des difficultés avec les fractions.

De son côté, l'enseignante C raconte qu'elle observe dans sa classe que le jeu a motivé les élèves, surtout ceux qui ont des difficultés ou qui n'aiment pas les mathématiques. Elle n'a pas besoin de les encourager comme elle le fait avec le cahier d'exercices. Aussi, le fait d'avoir des défis à relever les intéresse contrairement à l'exercitation. De plus, elle trouve que le travail des élèves en petit groupe est intéressant. Elle aimerait faire plus de travaux d'équipe. Selon elle, c'est important que les élèves se sentent à l'aise et aient plus de confiance. Durant l'activité, elle remarque que tous les élèves font des essais et n'ont pas peur de perdre. Elle est surprise que les plus faibles

aient une grande volonté et réussissent mieux. Elle trouve que c'est un grand exploit, « une réussite ». Elle mentionne que les élèves sont parvenus à progresser dans le niveau 6.

#### *Intérêt pour l'intégration ou pour le jeu*

L'enseignante B montre un intérêt pour savoir si le manuel pour les enseignants qui vient avec l'application est intéressant. Elle croit aussi à l'utilité des animations, car elles donnent aux élèves l'impression d'avancer et ils aiment cela.

L'enseignante C a senti qu'avec l'application les élèves ont apprécié les mathématiques. Elle désire mettre en œuvre une activité où les élèves doivent aussi faire des manipulations en utilisant les LEGO. Son objectif est d'enlever le côté terne que peuvent avoir les mathématiques est d'augmenter le sentiment d'efficacité personnelle des élèves.

Les enseignantes mettent aussi en évidence l'effet du jeu sur la motivation des élèves, car ils peuvent y faire des manipulations contrairement au travail qu'ils font dans un cahier d'exercices qui n'offre pas cette possibilité. Elles se rendent compte que, dans un jeu comme *Slice Fractions*, les essais non réfléchis peuvent contribuer à une partie des apprentissages ou à une préconception. Elles réfléchissent aussi à l'importance que les élèves élaborent un certain raisonnement avant de faire un essai.

#### *Visionnement de la deuxième documentation*

L'enseignante C explique son activité qu'on voit sur la vidéo. Elle insiste qu'elle a demandé que, dans un premier temps, tous les élèves présentent leur travail. Ensuite, une équipe choisie présentera devant les élèves de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire. Elle identifie les intentions d'apprentissage et anticipe les erreurs des élèves (proportionnalité, sens des fractions). Elle dit avoir choisi cette activité, car elle a remarqué que les élèves oublient ce qu'ils ont appris, dès qu'ils sortent de leurs cahiers. Elle mentionne que l'application enrichit les compétences transversales, ce qui vient motiver les élèves et enrichir les cours. L'enseignante B ajoute que l'application vient consolider et décontextualiser. Elle permet d'appliquer les fractions dans un autre cadre et de les mettre en pratique. À ce sujet, l'enseignante C ajoute que l'application travaille l'autonomie et la débrouillardise. Dans un cahier, les élèves ne peuvent pas faire d'aller-retour ni bouger dans l'espace comme dans l'application. Elle propose qu'afin de pouvoir mettre

le cahier d'exercices de côté, si cela est l'objectif, il faudrait préciser des intentions d'apprentissage claires et faire travailler les élèves plus longtemps dans *Slice Fractions*. Elle appuie l'idée de sa collègue d'ajouter des défis et des critères dans l'application dans le but de l'améliorer. Elle pense qu'il serait ainsi possible pour les élèves d'apprendre les notions de fractions à travers l'application.

Selon l'enseignante A, l'idée de limiter le nombre de vies peut contribuer à augmenter l'estime de soi des élèves, mais doit être approchée autrement et conçue comme dans Code.org, par exemple. Elle compare ainsi deux ressources numériques.

L'enseignante C montre un intérêt pour mieux comprendre la recherche de Cyr, Charland et Riopel (2016) et l'effet de l'application. Avec sa collègue, l'enseignante B, elles posent des questions sur le déroulement de la recherche, ce qui démontre un intérêt et une curiosité.

Dans la discussion, l'animateur leur parle de *Motion Math*. L'enseignante A montre un intérêt pour utiliser cette application en lui demandant son avis là-dessus. En écoutant la description de cette application, l'enseignante A décide qu'elle pourrait être intéressante pour les élèves de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire.



L'enseignante C se demande si les élèves apprennent avec la ressource numérique sans aucun enseignement de sa part au préalable. Elle se demande si, par exemple, pour enseigner la géométrie, il serait efficace de le faire avec une ressource numérique seule. Elle est d'avis que son intervention reste nécessaire et qu'elle ne peut pas se fier uniquement à la ressource numérique. L'enseignante B pense aussi qu'il faut consolider les savoirs.

À la fin du cercle, les enseignantes discutent de ce qu'elles prévoient créer comme prochaine activité. L'enseignante B propose de faire de manipulations avec des formes géométriques ou des LEGO comme suggérait sa collègue C. L'animateur propose de travailler dans *Slice Fractions*, mais de se limiter à un maximum de deux niveaux. Il suggère aussi de faire une activité en grand groupe en utilisant *Nearpod* ou en faisant une projection au TNI avant de laisser les élèves travailler seuls sur leurs tablettes. L'enseignante B est convaincue par cette idée de faire une explication en grand groupe sur un ou deux défis avec une décomposition des défis et un questionnaire avec *Nearpod* avant de passer aux séances de travail dans le jeu.

#### 4.5.2 Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante A

Lors de la quatrième semaine d'intervention, l'enseignante A anime une activité en groupe de 45 minutes, accompagnée de la chercheuse qui joue le rôle d'enseignante assistante et offre un soutien au besoin. L'activité est basée sur un questionnaire dans l'application *Nearpod* autour de deux défis dans *Slice Fractions* (les numéros 12 et 16 du niveau 6) où les élèves explorent l'addition des fractions.

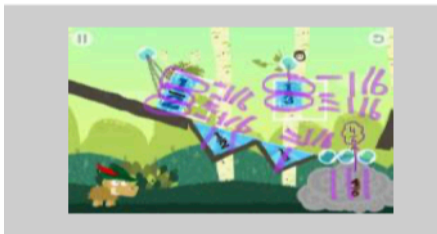
**Tableau 28**  
Segmentation des défis 12 et 16 du niveau 6 dans Nearpod

Défi 12	Défi 16
	
Question 1 : que vois-tu ?	Question 1 : que vois-tu ? Quelles fractions peuvent s'additionner ?
Question 2 : des exemples de fractions ( $1/4$ et $1/8$ ).	Question 2 : exemple de fractions ( $1/2$ , $4/6$ et $1/3$ ).
Question 3 : transforme les blocs pour avoir uniquement des huitièmes.	Question 3 : transforme les fractions en sixième en les coupant.
Question 4 : sélectionne des blocs à additionner pour obtenir un total de $4/8$ afin d'éteindre le feu.	Question 4 : sélectionne des blocs à additionner pour obtenir un total de $4/6$ afin d'éteindre le feu.

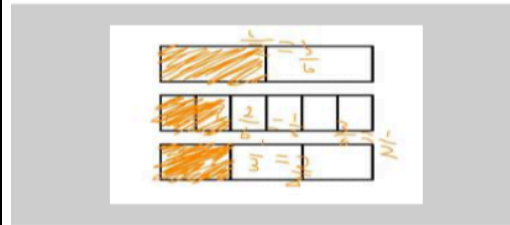
Ils portent plus particulièrement sur l'addition de fractions simples. L'objectif dans ces défis est d'amener les élèves à mieux comprendre comment additionner des fractions qui ont le même dénominateur. Ils permettent de susciter un raisonnement caractérisé par 4 questions successives. Les questions sont sensiblement les mêmes pour les deux défis. Les fractions choisies dans les questions sont celles que nous retrouvons dans chaque problème. Cette segmentation en 4 incite les élèves à suivre un raisonnement mathématique d'abord et à réfléchir à la stratégie gagnante ensuite pour résoudre le problème. Les 4 questions se trouvent dans le Tableau 29. Le Tableau 30 présente des exemples de réponses d'élèves.

**Tableau 29**  
Exemples de réponses d'élèves dans Nearpod

Exemple de travaux d'élève à la question 1



Exemple de travaux d'élève à la question 2



À la suite de cette activité, les élèves ont 15 à 20 minutes environ pour faire des essais dans le niveau 6 de l'application *Slice Fractions*.

*Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

Le pilotage de l'activité débute par une introduction où les enseignantes précisent les intentions d'apprentissages [PI, 2] et les critères de succès [PC, 4] avant de questionner les élèves pour qu'ils présentent leur démarche [QR, 6] ou pour qu'ils décrivent ce qu'ils voient [QD, 2]. Les enseignantes expliquent chaque question en utilisant le métalangage mathématique [MP, 30]. Dans quelques questions, elles mentionnent combien de temps il reste pour répondre à la question. Afin d'orienter la réflexion des élèves, elles précisent ce qu'elles veulent que les élèves regardent sur l'image partagée. Elles expliquent aussi la raison pour laquelle elles choisissent de partager avec la classe une réponse en particulier. Elles font un rappel des connaissances antérieures en présentant la question et mentionnent aux élèves, par exemple, qu'avant d'additionner deux fractions on peut les mettre au même dénominateur [PCA, 3]. Elles reformulent aussi la question [MQ, 1]. Pendant que les élèves présentent leur démarche, les



enseignantes les questionnent pour qu'ils leur confirment qu'elles ont bien compris ce qu'ils veulent dire [QC, 5].

Afin de développer le raisonnement des élèves, les enseignantes leur demandent de justifier leur réponse et les guides pour qu'ils parviennent à additionner les fractions. Ils passent par exemple du raisonnement suivant « je coupe le  $\frac{1}{4}$  en deux » à une justification plus complète « pour que ça fasse  $\frac{1}{8}$  » [rj, 18]. Les élèves emploient ainsi le métalangage précis pour exprimer leurs propos. Ils disent, par exemple « le même dénominateur ». Les réponses des élèves suggèrent qu'ils continuent à développer leur raisonnement mathématique de façon autonome, suite au soutien des enseignantes puisqu'ils justifient leurs réponses même lorsque les enseignantes ne le demandent pas [rj, 18] et emploient davantage le métalangage mathématique dans leurs propos [mp, 25]. Un élève réussit à segmenter sa démarche [rs, 5], ce qui suggère un développement de la pensée métacognitive.

Une fois que les élèves ont su expliquer leur démarche en utilisant le métalangage précis, les enseignantes leur offrent une rétroaction pour les renseigner sur leur état d'avancement [REA, 1] ou sur leurs bonnes et leurs mauvaises manœuvres [RBM, 1]. Afin de les pousser à réfléchir à leur réponse et à l'ajuster, elles leur demandent de réfléchir à la prochaine étape [RPE, 12]. S'ils ont la bonne réponse, elles la confirment [RQ, 16] ou la reformulent [MC, 5] et expliquent par exemple l'équivalence entre les fractions pour les aider à conceptualiser.

Nous observons que les enseignantes accompagnent les élèves en leur offrant de la guidance. Elle peut prendre la forme d'indices. Par exemple, à 6 occurrences, les enseignantes font des comparaisons pour les aider à visualiser : « c'est comme une banane plus une banane ça fait deux bananes ». Elles décomposent également le problème et leur posent une question à chaque étape pour guider leur réflexion [QD, 2] et les amener à réfléchir à la prochaine étape [RPE, 12]. Ce faisant, elles développent d'abord leur raisonnement mathématique [pr, 24] et ensuite leur raisonnement en lien avec la stratégie dans le jeu [ps, 4]. Dans les deux cas, elles emploient majoritairement le métalangage mathématique [MF, 2].

Une autre stratégie que les enseignantes emploient pour guider les élèves est de dessiner au tableau des représentations visuelles des fractions et de questionner les élèves pour les aider à

conceptualiser et à avancer dans leur démarche [GD, 4]. Leur questionnement est adapté au niveau de chaque élève. En voyant la représentation visuelle au tableau, les élèves semblent mieux comprendre la démarche de résolution du problème. Ils parviennent à répondre aux questions qui semblaient difficiles ou moins claires.

À travers le questionnement, tout au long de l'activité, les enseignantes animent des discussions qui portent autant sur le concept de fraction [OF, 46] que sur stratégies dans le jeu [OS, 12]. Dans ces discussions, elles nomment les fractions [MF, 2], emploient le métalangage [MP, 31] et reformulent les propos des élèves en utilisant le métalangage également [MR, 13].

À la fin des échanges autour d'une question, les enseignantes demandent aux élèves s'ils sont d'accord ou pas avec la réponse donnée par leur collègue [DAC, 2] ou s'ils ont quelque chose à ajouter, ouvrant ainsi la porte à des dialogues cognitifs [DC, 19] qui semblent favoriser la validation des actes de compréhension.

Afin d'animer le dialogue cognitif, lorsque les élèves expriment leur désaccord avec la démarche de leur collègue, et ce sans que les enseignantes leur demandent, les enseignantes en profitent pour leur demander d'expliquer la raison de leur désaccord ou de justifier leur raisonnement [QJ, 10]. Ceci se traduit par une justification adéquate de la réponse de la part de l'élève [rj, 18] durant l'activité. Ce faisant, ils nomment les fractions [mf, 11] et expliquent la stratégie dans le jeu [ds, 14].

#### *Description du travail de l'élève A1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 4, A1 verbalise sa démarche dans le jeu. Elle nomme les fractions dont elle a besoin et celles qu'elle va faire tomber et mentionne à chaque fois si les fractions vont s'additionner ensemble directement ou s'il faut faire une étape intermédiaire, soit celle de les mettre au même dénominateur. Elle résout la majorité des problèmes du premier coup en appliquant la démarche proposée par l'enseignant durant les activités précédentes.

#### *Description du travail de l'élève A2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 4, A2 réussit tous les défis du premier coup, sauf un. C'est celui qui figure dans l'activité *Nearpod*. En effet, dans *Nearpod*, lors du travail en grand groupe sur ce défi, A2 répond correctement aux questions nécessitant un raisonnement mathématique. Aussi, il transforme

correctement les fractions en  $1/6$  lorsque demandé. Mais il ne répond pas complètement aux questions nécessitant un raisonnement stratégique en lien avec le jeu. Lorsqu'il joue dans *Slice Fractions*, il fait plusieurs essais avant de réussir à trouver un moyen d'obtenir  $4/6$ . En effet, il faut couper les  $1/2$  et les  $1/3$  pour éviter que les fractions ne s'additionnent à d'autres fractions. Sa démarche suggère qu'il comprend le raisonnement mathématique, mais qu'il a des difficultés avec le raisonnement stratégique dans le jeu. Par contre, durant les défis suivants, nous remarquons qu'il réussit rapidement et avec peu d'essais. Il les résout en appliquant la démarche discutée en grand groupe. De plus, lorsqu'il rencontre un défi auquel il a déjà réfléchi durant la séance dans *Nearpod*, on l'entend dire : « ah on l'a déjà vu ». Le travail de A2 indique également qu'il fait moins d'essais durant les deux dernières semaines qu'aux deux premières semaines de travail dans *Slice Fractions*. À la suite du travail dans *Nearpod*, durant les activités 3 et 4 et à la guidance offerte par l'enseignant, l'élève développe son raisonnement stratégique dans le jeu et applique une démarche qui lui permet de résoudre les problèmes de façon plus efficace.

#### **4.5.3 Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante B**

Lors de la quatrième semaine d'intervention, l'enseignante B anime une activité en groupe durant laquelle elle est accompagnée de la chercheuse qui joue le rôle d'enseignante assistante et offre un soutien au besoin. Cette activité est similaire à l'activité 4 de l'enseignante A, mais sa mise en œuvre en classe est spécifique à l'enseignante B. Elle dure 60 minutes. À la suite de cette activité, les élèves ont 30 à 40 minutes environ pour faire des essais dans le niveau 6 de l'application *Slice Fractions*.

##### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

Le pilotage de l'activité débute par une introduction où les enseignantes précisent les critères de réussite [PC, 2] avant de questionner les élèves pour qu'ils présentent leur démarche [QR, 12], ou pour qu'ils décrivent ce qu'ils voient [QD, 4]. Elles leur expliquent ensuite le déroulement de la leçon. Elles précisent le type de questions qu'elles vont poser, et les formes de réponses que les élèves peuvent donner (dessiner sur l'écran). Elles précisent également le temps alloué à chaque question.

Nous observons que, lorsque les enseignantes reçoivent toutes leurs réponses, elles en choisissent quelques-unes et les reformulent [MR, 13]. Elles disent par exemple : « il a multiplié le numérateur et le dénominateur par 2 ». Elles demandent à l'élève de leur confirmer si leur reformulation de sa réponse est exacte [QC, 4]. Parfois, elles expliquent pourquoi elles ont choisi une réponse en particulier. Elles mentionnent que la réponse est intéressante et demandent à l'élève d'expliquer son raisonnement. L'élève présente sa démarche [rd, 27] et emploie le métalangage précis [mp, 39]. Il explique par exemple qu'il a doublé le numérateur et le dénominateur. Nous observons dans la réponse des élèves un raisonnement mathématique [pr, 34]. Si les élèves ont la bonne réponse, seuls ou à la suite d'une guidance, les enseignantes leur demandent de justifier leur raisonnement [QJ, 12]. Ils réussissent à le faire et expliquent, par exemple, que pour que les fractions s'additionnent il faut que le dénominateur soit le même, ce qui suggère un développement de la pensée métacognitive. Certains nomment les fractions et réussissent même à les additionner [mf, 9]. S'ils expliquent leur démarche en pointant sur le dessin, les enseignantes les aident à verbaliser correctement leur réponse en reformulant leurs propos avec un langage mathématique.

Pour guider les élèves, les enseignantes font des représentations visuelles au tableau blanc [GD, 7]. Elles représentent les fractions par des bandes. Nous observons qu'avec le support visuel, les élèves répondent correctement aux questions des enseignantes et font donc le lien entre la stratégie dans le jeu et les fractions. Par exemple, un élève écoute l'explication au tableau et demande ensuite pourquoi, si son propre raisonnement mathématique est exact, son collègue a eu une réponse différente de la sienne. Les enseignantes se servent également du dessin pour décomposer la démarche et questionner l'élève à chaque étape pour l'aider à comprendre [GQ, 24]. L'élève réussit à répondre à toutes les questions correctement, ce qui suggère qu'il développe un raisonnement qui est exact.

Pour aider les élèves à trouver la bonne démarche, les enseignantes font un rappel des connaissances vues à l'étape précédente ou précédemment en classe [PCA, 4]. Elles les questionnent également pour les aider à expliquer leur démarche et à la corriger. Elles demandent par exemple : « est-ce que si je prends  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$  plus le  $\frac{1}{8}$  qui attend déjà plus  $\frac{1}{8}$  qui attend est-ce que ça va marcher, est-ce que ça va faire  $\frac{4}{8}$  ? ». Elles profitent de la réponse

d'un élève pour écrire l'équation au tableau et comparer les fractions [MC, 13]. À travers ses questions et les équations qu'elles écrivent au tableau, elles font le lien entre les représentations visuelles et le concept de fraction pour aider les élèves à conceptualiser. Elles expliquent, par exemple, que la demie c'est la moitié et que l'autre morceau vaut  $1/6$ . Elles vont plus loin en demandant si c'est plus grand ou plus petit que la moitié. Les élèves disent que c'est plus grand.

Si les élèves qui présentent ont de la difficulté à répondre aux questions des enseignantes, elles demandent à quelqu'un d'autre de les aider. Parfois, d'autres élèves peuvent intervenir et exprimer des avis ou raisonnements différents. Si les enseignantes doutent de l'exactitude de la démarche d'un élève, elles lui demandent de confirmer sa réponse [QC, 4] pour l'amener à se rendre compte de son erreur. Elles confrontent également, ses idées à d'autres. Nous assistons ainsi à un dialogue cognitif entre les élèves et avec les enseignantes qui essaient de les guider [DC, 13]. En écoutant les questions des enseignantes et le raisonnement de leurs collègues, les élèves se rendent compte de leur erreur ou trouvent une façon de la corriger. En présentant leur raisonnement, 5 élèves sont capables de segmenter leur démarche [rs, 5].

Durant les dialogues cognitifs, les élèves développent leur raisonnement mathématique et font des liens entre le jeu et les fractions [pr, 34]. Par exemple, à la suite de la présentation d'une stratégie dans le jeu, un élève fait le lien avec les fractions et demande si, d'après cette démarche, il peut constater que «  $1/3 + 1/6 = 1/2$  ». Les enseignantes lui expliquent alors, en écrivant les opérations au tableau, que «  $1/3 + 1/6 = 1/2$ .  $1/3 + 2/6 = 2/3$ .  $1/3 + 1/6 = 1/2$ , parce que  $1/3$  si on partage en 3 tu as 3 fois  $1/6$  donc si tu en prends 2 ça te fais  $1/3$  et  $1/6$ , ça fait  $1/2$ . »

Les enseignantes offrent des rétroactions aux élèves pour leur confirmer que leur réponse est correcte ou que leur raisonnement est valide [RQ, 13]. Elles demandent aux autres élèves s'ils sont d'accord avec le raisonnement présenté [DAC, 8]. Parfois, elles leur font remarquer que leur raisonnement mathématique est bon, mais que la stratégie dans le jeu ne fonctionne pas, leur donnant ainsi une idée de leurs bonnes et leurs mauvaises manœuvres [RBM, 10]. Les enseignantes mentionnent aux élèves leur état d'avancement [REA, 2] et leur posent des questions pour les faire réfléchir à la prochaine étape [RPE, 26]. À la suite des rétroactions des enseignantes, les élèves prennent la parole pour mentionner leur erreur ou la corriger [ri, 3]. Une fois, un élève est intervenu à la suite de la réponse de son collègue pour mentionner que son

raisonnement mathématique est correct, mais que dans le jeu cela ne fonctionne pas ce qui suggère que l'élève a appris de la rétroaction offerte précédemment par les enseignantes. Aussi, les élèves justifient leurs réponses [rj, 23] en expliquant par exemple qu'ils vont couper les morceaux de  $\frac{1}{4}$  en deux pour avoir des  $\frac{1}{8}$  et cela va donc marcher.

Durant cette activité, les discussions animées par les enseignantes portent surtout sur les fractions [OF, 55], mais aussi sur les stratégies dans le jeu [OS, 38]. De leur côté, les élèves discutent des fractions [df, 40] et des stratégies dans le jeu [ds, 35].

#### *Description du travail de l'élève B1 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 4, B1 travaille seule dans l'application après avoir réfléchi en grand groupe dans *Nearpod* à deux défis dans *Slice Fractions*. Nous remarquons sa progression par rapport aux activités précédentes, car nous l'observons, du début à la fin de l'activité 4, segmenter sa démarche et la verbaliser comme dans l'activité avec *Nearpod*. Elle commence chaque défi en nommant les fractions qu'elle voit et celles dont elle a besoin. Ensuite, elle explique ce qu'elle peut faire pour obtenir les morceaux nécessaires avant de faire les manipulations requises. Elle dit par exemple : « les deux ensembles, ça fait  $\frac{2}{2}$  alors j'éclate la bulle,  $\frac{2}{2}$ ,  $\frac{2}{2}$  » ou encore : « là on a besoin de  $\frac{3}{4}$ , alors on va faire tomber ça avec ça et le faire glisser. Voilà  $\frac{3}{4}$  ».

Dans la plupart des cas, elle réussit du premier coup. Plus rarement, elle fait deux essais et ajuste sa démarche d'un essai à l'autre. Par exemple, elle explique qu'elle a «  $\frac{2}{4}$  ici et [...]  $\frac{3}{4}$  là. Peut-être il faut lâcher tout ». Elle l'essaye puis dit « OK, j'ai compris, il faut quatrième », en voulant dire qu'il faut le même dénominateur. Elle choisit donc les morceaux qui ont le même dénominateur pour pouvoir obtenir  $\frac{3}{4}$  en tout. Elle apprend ce qu'il faut faire et, au défi suivant, elle réussit du premier coup parce qu'elle comprend dès le début qu'elle doit additionner les fractions qui ont le même dénominateur. Elle explique « On a  $\frac{3}{4}$  ici,  $\frac{1}{6}$  là et  $\frac{2}{4}$  là. Ici, on a [des dénominateurs] 4 et 4 alors on va essayer de les additionner. Là, on a  $\frac{3}{4}$  alors on va faire glisser. Voilà. » Elle applique le même raisonnement pour la suite : « là, on a  $\frac{1}{8}$  et un autre  $\frac{1}{8}$  ça nous fait  $\frac{2}{8}$ . On va ajouter deux autres huitièmes pour nous faire  $\frac{4}{8}$  et on va éclater la bulle. » Nous l'entendons aussi faire des calculs à voix haute «  $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$  ». Nous remarquons que

sa démarche et son raisonnement mathématique sont exacts. Toutefois, le mot « dénominateur » semble manquer dans son métalangage.

Si elle bloque longtemps, pour l'aider à avancer, l'enseignante lui donne un indice en lui demandant si les deux morceaux obtenus peuvent s'additionner ensemble directement. B1 lui explique que, même si c'est le cas, cela donnera plus que  $4/6$  donc ne fonctionnera pas. Elle recommence le défi et fait tomber un morceau de moins et réussit. Nous remarquons donc que l'intervention de l'enseignante permet à l'élève de développer sa métacognition et de réfléchir à voix haute à son propre raisonnement. Ainsi, elle trouve toute seule son erreur et la façon de la corriger. L'enseignante la félicite.

#### *Description du travail de l'élève B2 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 4, B2 travaille seule dans l'application *Slice Fractions*. En observant le travail de B2, nous remarquons qu'elle reproduit la segmentation vue durant l'activité avec *Nearpod*. C'est-à-dire qu'elle commence par dire ce qu'elle voit sur l'image. Elle mentionne les fractions dont elle a besoin et les fractions qu'elle a. Elle réfléchit ensuite à la stratégie. Enfin, elle exécute. Tout au long de l'activité, l'élève nomme les fractions et emploie le métalangage exact. Elle réussit généralement du premier ou deuxième coup. Son raisonnement ressemble à cela : «  $2/4$ . Ici on a un autre  $1/4$ , ça fait  $3/4$  et, là, on lâche la bulle et tout va tomber. » Ou, elle dit par exemple « donc  $5/6$  », elle coupe le  $1/3$  en deux pour lui donner  $1/6$  et poursuit : «  $1/6, 2/6, 3/6, 4/6, 5/6$ . Parfait, on lâche. Ça tombe. » Elle justifie également son raisonnement : « OK donc à cause que le  $1/2$  peut s'additionner à  $1/2$  on peut le lâcher ce qui fait un complet ». Sa démarche et son raisonnement mathématiques sont exacts, mais nous remarquons toutefois que son métalangage n'est pas toujours tout à fait précis. Elle dit un « complet » au lieu d'un « entier ».

Parfois, elle explique son raisonnement mathématique : « ici, pour en avoir 1, pour faire  $3/5$ , on peut lâcher le  $1/5$  qui va faire  $5/5$  », mais elle fait un essai pour trouver la stratégie gagnante dans le jeu. Elle réussit et ce n'est que par la suite qu'elle comprend la démarche. Elle l'explique en disant par exemple « ah OK, je viens de comprendre. Donc quand j'ai lâché lui les cinq se sont rencontrés ce qui a fait un complet. » Dans un autre exemple similaire, l'élève refait le défi trois

fois avant que le jeu ne lui donne un indice. Ensuite, elle dit : « ah ! OK c'est parce qu'en coupant lui, lui va se coller à lui. Ça fait  $\frac{3}{4}$ . Je viens de comprendre. »

Dans un défi, un nouvel élément est intégré à la stratégie. Pour résoudre le problème, l'élève commence par appuyer sur une bulle pour voir la réaction dans le jeu et comprendre ce que cela fait. Cette bulle fait pivoter un bâton. B2 découvre ainsi la stratégie dans le jeu. Ensuite, elle sélectionne les morceaux nécessaires, les additionne ensemble et appuie sur la bulle pour faire pivoter le bâton et propulser les morceaux sélectionnés de l'autre côté. Ses manipulations suggèrent un raisonnement précis et détaillé qui lui permet de réussir des défis difficiles avec deux essais seulement.

Lorsqu'elle remarque ses erreurs, elle en apprend et cela lui donne un prétexte pour nommer les fractions. Par exemple, elle coupe le  $\frac{2}{3}$  en voulant avoir  $\frac{1}{6}$ , mais elle obtient  $\frac{1}{9}$ . Elle le dit à voix haute : « Oups ça c'est  $\frac{1}{9}$  ».

#### **4.5.4 Transpositions dans l'activité 4 de l'enseignante C**

Lors de la quatrième semaine d'intervention, l'enseignante C anime une activité en groupe durant laquelle elle est accompagnée de la chercheuse qui joue le rôle d'enseignante assistante et modélise parfois la démarche à la demande l'enseignante C. Cette activité est similaire à l'activité 4 de l'enseignante A, mais sa mise en œuvre en classe est spécifique à l'enseignante B. Elle dure 75 minutes. À la suite de cette activité, les élèves ont eu 30 à 40 minutes environ pour faire des essais dans le niveau 6 de l'application *Slice Fractions*.

##### *Pratiques pédagogiques et effets observés lors du travail en grand groupe*

Le pilotage de l'activité débute par une introduction où les enseignantes précisent les intentions d'apprentissages [PI, 1] et les critères de succès [PC, 2] en expliquant aux élèves ce qu'ils doivent faire avant de les questionner pour qu'ils présentent leur démarche [QR, 34] ou pour qu'ils décrivent ce qu'ils voient [QD, 17].

Certains élèves donnent la bonne réponse, d'autres pas. S'ils n'ont pas la bonne réponse, les enseignantes la reformulent parfois [MR, 8] et décomposent le problème pour les guider à travers les étapes en les questionnant [GQ, 12]. S'ils n'ont toujours pas les bonnes réponses, elles leur donnent des indices pour soutenir leur raisonnement [GI, 7]. Pour deux élèves en difficulté, elles



utilisent les représentations visuelles au tableau TNI pour les aider à visualiser les fractions et à développer leur raisonnement [GD, 6]. Elles aident ainsi les élèves de tout niveau à avancer dans leur raisonnement.

À travers ses questions, les enseignantes animent des discussions qui font référence majoritairement au concept de fraction [OF, 108], car elles décomposent chaque question en plusieurs étapes pour guider le raisonnement mathématique. Les discussions portent parfois sur les stratégies dans le jeu [OS, 20]. Selon la question posée, les élèves réfléchissent au raisonnement mathématique [pr, 40] ou à la démarche à suivre ensuite dans le jeu [ps, 7].

Les discussions avec les enseignantes ouvrent la porte à des dialogues cognitifs [DC, 11] puisqu'elles demandent aux élèves de présenter leurs différentes démarches et de confronter ainsi leur raisonnement. Parfois, elles demandent à un élève d'expliquer le raisonnement de son collègue d'après le dessin de ce dernier. D'autres fois, si l'élève donne une mauvaise réponse, les enseignantes lui posent à nouveau la question pour l'amener à la confirmer ou la changer.

En décrivant leur démarche [rd, 25], les élèves justifient leurs réponses [rj, 10] lorsque les enseignantes leur demandent de le faire [QJ, 6] ou lorsqu'ils font un calcul mathématique. Ils semblent développer leur raisonnement et être en mesure de porter un regard de type métacognitif là-dessus. De plus, une élève segmente sa démarche [rs, 1] : « j'ai choisi  $\frac{1}{6}$  dans mon  $\frac{1}{3}$ . J'ai fait  $\frac{1}{3}$  je l'ai coupée en deux ça fait  $\frac{1}{6}$ . J'ai fait un autre tiers j'ai coupé en deux ça fait un autre sixième. Après, j'ai fait moins  $\frac{4}{6}$ , mais après j'ai gardé  $\frac{1}{6}$ , pour le demi j'ai gardé  $\frac{1}{6}$  et  $\frac{1}{6}$  puis l'autre demi j'ai fait. » Parfois, les enseignantes demandent à l'élève de confirmer sa réponse. Ainsi, il se rend compte de son erreur et la corrige. De plus, un élève corrige le métalangage de sa coéquipière.

Pour guider les élèves, les enseignantes font des rappels des connaissances antérieures [PCA, 5], pour aider les élèves à mobiliser des connaissances qu'elles viennent d'expliquer ou qu'elles ont expliquées durant des séances précédentes. Aussi, à la suite de la réponse d'un élève, les enseignantes interviennent pour modéliser son raisonnement et expliquer la règle mathématique en lien avec les propos de l'élève [GM, 7]. À une seule occasion, les enseignantes représentent ce que les élèves viennent d'expliquer sous la forme d'une équation mathématique afin de les aider

à conceptualiser. En voyant l'équation écrite au tableau, les élèves parviennent à répondre aux questions qui semblaient difficiles, tout en nommant correctement les fractions [mf, 20].

Lorsque ces pratiques sont mises en œuvre, nous observons que les élèves qui présentent leur démarche [rd, 25] réussissent à nommer correctement les fractions et à utiliser le métalangage mathématique approprié. Toutefois, à 37 reprises, nous remarquons que les élèves donnent des réponses courtes ou n'emploient pas le métalangage [ma, 37]. Nous observons également que les élèves utilisent souvent le métalangage lorsque les enseignantes leur demandent de présenter leur démarche ou leur raisonnement ou de décrire ce qu'ils voient [mp, 35].

Lorsque les élèves ont la bonne réponse, les enseignantes la confirment en la validant, en la répétant ou en la reformulant [RQ, 20]. Les rétroactions des enseignantes prennent aussi la forme de questions qui renseignent l'élève sur la prochaine étape à réaliser [RPE, 7]. Cette rétroaction arrive à la fin de l'exercice de résolution du problème, à la suite de l'explication et à la justification de la réponse par les élèves. À 11 reprises, les enseignantes offrent des rétroactions qui renseignent les élèves sur leurs bonnes et leurs mauvaises manœuvres [RBM, 11]. Les élèves y répondent par un oui ou un non et justifient rarement leurs réponses. À une occurrence, l'élève corrige son erreur à la suite d'une telle rétroaction. Par contre, dans cinq des cas où les enseignantes demandent à l'élève de confirmer sa réponse [QC, 16], l'élève semble remarquer son erreur et comprendre comment la corriger.

#### *Description du travail de l'élève C1 dans Slice Fractions*

Durant la 4<sup>e</sup> activité, C1 travaille avec C4. L'enseignante demande aux élèves d'essayer de réaliser les défis en faisant le moins d'étapes possible pour réussir les défis plus rapidement. Lorsque C1 coupe un grand morceau, C4 la corrige et lui dit que c'est trop grand. À la suite de l'indice donné par le jeu, C1 dit : « ah ! J'ai compris. » Elle fait la moitié de la démarche et C4 la termine. Ils font plusieurs essais. C4 explique ce qu'il fait et justifie ses actions sans utiliser le métalangage. C1 réussit quelques niveaux du premier coup et dit que c'est vraiment facile. Parfois ils nomment les fractions.

### *Description du travail de l'élève C3 dans Slice Fractions*

Durant l'activité 4, C3 travaille avec C6. Elle fait des manipulations dans l'application et C6 commente. Il dit par exemple : « ça ça ne va pas s'additionner parce que c'est 4 », faisant référence au dénominateur 4. Il commente aussi la stratégie de C3 en disant que les morceaux ne peuvent pas tomber, car ils sont attachés avec des chaînes. Il attire son attention sur ce qu'ils ont appris des essais précédents. Par exemple, lorsqu'ils voient que les morceaux peuvent s'additionner, au prochain essai, C6 le mentionne : « si t'échappes ça, ça va s'additionner ». De même, lorsque C6 fait des manipulations, C3 commente sa démarche et l'aide en lui expliquant ce qu'il pourrait faire pour réussir ou en lui donnant des indices. Elle dit : « moi je te dirais utilise ça ». Elle lui conseille aussi de réfléchir avant d'agir pour bien réussir le niveau. Lorsqu'ils rencontrent un niveau qu'ils ont déjà travaillé dans *Nearpod*, C3 le mentionne. Nous remarquons qu'ils répètent la démarche qu'ils ont travaillée dans *Neaprod* et ce que l'enseignante expliquait durant cette activité. Parfois, ils n'ont pas la bonne stratégie, mais ont le bon raisonnement mathématique. Toutefois, ils réussissent presque tous les niveaux du premier coup ou, en s'entraînant, du deuxième coup.

#### **4.5.5 Mise en relation du travail de transposition dans les trois classes**

Dans la troisième rencontre en cercle pédagogique, les enseignantes ont échangé sur la nature des essais que font les élèves dans l'application *Slice Fractions* et sur les effets engendrés sur le processus d'apprentissage des élèves. Elles ont également démontré une curiosité pour l'intégration des ressources numériques et une ouverture à utiliser *Nearpod* dans leur prochaine activité en s'inspirant de l'activité de l'enseignante A dont elles ont discuté précédemment. En effet, les activités planifiées par les trois enseignantes convergent à la suite de ce troisième cercle. Le Tableau 30 présente une synthèse des activités.

**Tableau 30**  
Synthèse des activités 4 dans les trois classes

Enseignant	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
A	1	45 min	<i>Nearpod</i>	É et C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Équipes de deux avec un partenaire au choix.</li> <li>Les élèves ont un iPad par équipe. Ils répondent en équipe à une question à la fois.</li> <li>Les défis numéro 12 et 16 du niveau 6 dans <i>Slice Fractions</i> ont été divisés en 4 questions</li> <li>Les élèves disposent d'environ 2 minutes pour répondre à chaque question. La limite de temps est déterminée par les enseignantes et affichée dans <i>Nearpod</i>.</li> <li>Les enseignantes se promènent en classe pendant que les élèves répondent dans <i>Nearpod</i>, pour répondre aux questions de chaque équipe et offrir des rétroactions.</li> <li>Une fois que toutes les réponses sont soumises, elles reviennent sur chaque question, en grand groupe. Elles sélectionnent une réponse et invitent l'élève à présenter son raisonnement. Ils en discutent en grand groupe.</li> </ul>
	2	15-20 min	<i>Slice Fractions</i>	I	Les élèves ont un iPad chacun et font des essais dans le niveau 6 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .
B	1	60 min	<i>Nearpod</i>	É et C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Équipes de deux avec un partenaire au choix.</li> <li>Les élèves ont un iPad par équipe. Ils répondent en équipe à une question à la fois.</li> <li>Les défis numéro 12 et 16 du niveau 6 dans <i>Slice Fractions</i> ont été divisés en 4 questions</li> <li>Les élèves disposent d'environ 2 minutes pour répondre à chaque question. La limite de temps est déterminée par les enseignantes et affichée dans <i>Nearpod</i>.</li> <li>Les enseignantes se promènent en classe pendant que les élèves répondent dans <i>Nearpod</i>, pour répondre aux questions de chaque équipe et offrir des rétroactions.</li> <li>Une fois que toutes les réponses sont soumises, elles reviennent sur chaque question, en grand groupe. Elles sélectionnent une réponse et invitent l'élève à présenter son raisonnement. Ils en discutent en grand groupe.</li> </ul>
	2	30-40 min	<i>Slice Fractions</i>	I	Les élèves ont un iPad chacun et font des essais dans le niveau 6 dans l'application <i>Slice Fractions</i> .

Enseign ante	Ordre	Durée	Res	Reg	Caractéristiques
C	1	75 min	<i>Nearpod</i>	É et C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Équipes de deux avec un partenaire au choix.</li> <li>Les élèves ont un iPad par équipe. Ils répondent en équipe à une question à la fois.</li> <li>Les défis numéro 12 et 16 du niveau 6 dans <i>Slice Fractions</i> ont été divisés en 4 questions</li> <li>Les élèves disposent d'environ 2 minutes pour répondre à chaque question. La limite de temps est déterminée par les enseignantes et affichée dans <i>Nearpod</i>.</li> <li>Les enseignantes se promènent en classe pendant que les élèves répondent dans <i>Nearpod</i>, pour répondre aux questions de chaque équipe et offrir des rétroactions.</li> </ul> <p>Une fois que toutes les réponses sont soumises, elles reviennent sur chaque question, en grand groupe. Elles sélectionnent une réponse et invitent l'élève à présenter son raisonnement. Ils en discutent en grand groupe.</p>

*Note.* Ressources (Res) ; types de regroupement (Reg) ; individuel (I), équipe (É), classe (C).

Durant l'activité 4 dans les trois classes, les enseignantes sont accompagnées de la chercheuse qui joue le rôle d'enseignante assistante. Elle offre un soutien au besoin dans les classes A et B et modélise la démarche dans la classe C. Le TNI est utilisé pour dessiner et écrire des équations afin d'aider les élèves à visualiser les fractions. Les élèves jouent ensuite librement dans *Slice Fractions*, individuellement dans les classes A et B et en équipes de 2 dans la classe C, en poursuivant à partir du niveau où ils étaient arrivés la semaine précédente.

En dépit d'une préoccupation d'intégration de la ressource numérique partagée par les trois enseignantes, nous observons qu'elles ont trois processus de développement distincts. L'enseignante A intègre dès la deuxième activité une deuxième ressource numérique, *Nearpod*, pour soutenir le questionnement et le dialogue cognitif en début de séance. L'enseignante B exprime des préoccupations similaires sur le plan pédagogique et régule ses pratiques sur cette base, mais ce n'est qu'à la quatrième activité, après avoir analysé la documentation sur vidéo de l'activité de l'enseignante A dans le cadre du troisième cercle pédagogique, qu'elle va de l'avant avec l'intégration du dispositif *Nearpod*. Dans le cas présent, le soutien de la chercheuse en classe se limite à être disponible en cas de problème. L'enseignante C prend plus de temps à intégrer des pratiques pédagogiques avec *Slice Fractions*. Elle ne parvient pas à exploiter l'environnement numérique dès la première semaine. Son point de repère est toujours de ramener les élèves vers

les savoirs institutionnalisés. Nous l’observons à travers son choix de figure dans l’activité 2 et le type de tâche qu’elle donne à ses élèves dans l’activité 3. Toutefois, après avoir observé le processus d’apprentissage des élèves à la suite du travail dans Nearpod, elle a discerné la valeur ajoutée de la ressource numérique et est devenue ouverte à l’intégrer dans sa pratique avec un soutien de la part de la formatrice.

Les transpositions sont similaires dans les trois classes. Le déroulement des activités est le même. Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 59 (voir Annexe 23), les trois enseignantes mettent en œuvre les mêmes pratiques pédagogiques de façon assez similaire. En effet, elles commencent par une introduction où elles précisent les intentions d’apprentissages et les critères de succès. Avant de commencer à questionner les élèves, dans la classe A, l’enseignante explique chaque question en utilisant le métalangage mathématique. Elles mentionnent parfois le temps restant pour répondre à la question. Dans les classes B et C, les enseignantes expliquent le déroulement de la leçon. Dans les trois classes, les enseignantes précisent, parfois, le temps alloué à chaque question.

Dans les trois classes, après qu’ils ont donné la réponse, les enseignantes demandent aux élèves de la justifier ou leur offrent une rétroaction pour les renseigner sur leur état d’avancement, sur leurs bonnes et leurs mauvaises manœuvres et parfois pour les pousser à réfléchir à la prochaine étape. Elles reformulent la réponse donnée par l’élève et lui demandent de confirmer leur compréhension. Lorsqu’elles en perçoivent le besoin, les enseignantes guident les élèves, soit en faisant un rappel des connaissances antérieures, soit en faisant des dessins au tableau pour les aider à conceptualiser et à avancer dans leur démarche. Cette dernière pratique est adoptée dans la classe B surtout avec les élèves plus faibles. En plus de leur donner des indices, à certains moments, les enseignantes décomposent le problème pour guider les élèves à travers des étapes en les questionnant. Elles utilisent parfois le dessin au tableau pour le faire. Lorsque les élèves expriment s’ils sont en accord ou pas avec la démarche de leur collègue, les enseignantes leur demandent d’expliquer ou de justifier leur réponse et animent ainsi un dialogue cognitif.

Nous remarquons que dans cette activité 4, dans les trois classes, la fréquence de plusieurs pratiques pédagogiques est plus élevée que dans les activités précédentes (voir Tableau 59 en Annexe 23). Par exemple, les enseignantes font plus appel à la guidance par décomposition du

problème et demandent davantage aux élèves de justifier leur démarche. Nous interpréterons cette observation dans le chapitre 5.

#### **4.6 Description de la quatrième et dernière rencontre en cercle pédagogique**

Durant cette rencontre, la chercheuse est accompagnée de son directeur de recherche. Ils animent ensemble le cercle. Elle explique l'intention de la rencontre qui est de présenter deux enregistrements de travaux d'élèves dans la classe A. Elle précise qu'elle a choisi une documentation où les élèves verbalisent beaucoup et réussissent rapidement du premier coup et une deuxième documentation où les élèves ne verbalisent pas. Les élèves travaillent sur les niveaux 5 et 6 dans *Slice Fractions*. L'objectif en visionnant les documentations est d'observer la démarche des élèves et d'essayer de comprendre leur raisonnement et s'il y a des stratégies particulières qu'ils adoptent pendant la résolution. Cette dernière rencontre a aussi servi de bilan.

##### *Interprétation du travail des élèves*

Les animateurs et les enseignantes regardent la documentation sur vidéo. Les enseignantes demandent d'arrêter la vidéo à chaque fois qu'elles discernent un élément intéressant dans la démarche de l'élève. Elles tentent de l'expliquer et de le comprendre. En échangeant leurs perceptions, leurs idées évoluent.

Dès le début du visionnement, l'animateur attire l'attention des enseignantes au fait que l'élève s'est rendu compte tout de suite que ce qu'elle a fait dans l'application ne marchait pas. L'enseignante B réitère en disant que l'élève a compris de son erreur. L'animateur demande si les élèves ont trouvé que les défis sur l'addition sont difficiles. L'enseignante B répond qu'elle trouve que c'est un niveau difficile, car il faut additionner avant de couper les morceaux alors qu'au bout du compte les deux fractions peuvent s'additionner qu'ils le fassent avant ou après. L'animateur précise alors que ce niveau du jeu met en évidence l'intérêt de mettre les fractions au même dénominateur avant de les additionner. L'enseignante pense que cela sous-entend qu'on ne peut pas additionner les fractions après avoir coupé les morceaux alors que mathématiquement ce n'est pas le cas.

L'enseignante A remarque que, dans sa classe, bien qu'elle n'ait pas encore expliqué l'addition des fractions, car c'est hors programme, la majorité des élèves a compris comment résoudre les défis portant sur ce concept dans *Slice Fractions*. Elle pense donc que ses élèves sont prêts pour la 5<sup>e</sup> année et que ce sera très facile pour l'enseignante de l'année prochaine de leur apprendre l'addition des fractions. Selon elle, au début, les élèves se demandent pourquoi à certains endroits ils peuvent faire l'addition et à d'autre pas, mais dès qu'ils ont compris qu'ils doivent mettre au même dénominateur ils n'ont plus de difficulté avec cela. L'enseignante A prend l'initiative d'interrompre le visionnement et précise que le fait que le dénominateur devienne rouge sur l'image met en évidence que l'addition ne fonctionnera pas.

L'animateur précise qu'au début l'élève semble ne pas avoir compris, car elle a repris le défi. L'enseignante B ajoute que cette dernière n'a pas procédé exactement de la même façon la deuxième fois. Elle explique que l'élève aurait pu lâcher le  $\frac{1}{4}$  et le  $\frac{1}{5}$  pour les mettre côte à côte et elle aurait vu que, dans le jeu, elles ne s'additionnent pas toutes seules, car elles n'ont pas le même dénominateur.

L'enseignante B interrompt le visionnement pour indiquer qu'elle n'est pas sûre que l'élève ait compris pourquoi ce qu'elle a fait a marché. Elle explique que l'action de faire bousculer les 5 morceaux permet de les additionner, mais elle n'est pas certaine que l'élève a fait cette action de façon intentionnelle.

L'animateur interrompt à son tour le visionnement pour exprimer qu'il trouve la succession de décisions chez les élèves intéressante. L'enseignante B remarque que les élèves ont su indiquer les morceaux dont elles ont besoin en nommant les fractions qu'ils représentent. Elle en déduit qu'elles sont capables d'employer le métalangage. Par contre, elle indique qu'il fallait qu'elles prennent tous les morceaux. L'animateur précise qu'à partir de ce moment, c'est une question de stratégie dans le jeu.

L'enseignante B interrompt à nouveau le visionnement pour indiquer qu'elle trouve cela étrange de devoir libérer un morceau qui vaut  $\frac{1}{3}$  alors qu'on n'en a besoin que pour pousser le morceau qui vaut  $\frac{1}{4}$ . Elle croit que cela va à l'encontre de la logique. L'animateur précise toutefois que l'élève l'a compris et l'a dit en jouant. L'enseignante B dit qu'elle ne l'avait pas entendu.



L'enseignante C précise que la question de sa collègue porte sur la valeur du morceau, soit  $\frac{1}{3}$ . L'animateur précise que c'est une masse et cela aurait pu être n'importe quelle autre fraction, mais dans le jeu on ne veut pas que le morceau s'additionne avec l'autre, on veut juste qu'il le pousse.

L'animateur demande si ce sont des élèves fortes et l'enseignante A répond que celle qui parle est très forte, mais l'autre l'est moins et parle très timidement. L'enseignante B remarque que l'élève a compris tout de suite. L'enseignante A indique qu'elles ont fait ce niveau ensemble avec *Nearpod* avant le travail dans *Slice Fractions* alors, selon elle, il est évident que les élèves vont faire la résolution rapidement.

L'animateur attire l'attention des enseignantes que les élèves comprennent à ce moment que si elles coupent le  $\frac{1}{3}$  en 2 cela donne des  $\frac{1}{6}$ . L'enseignante B explique que cette compréhension a été amenée par le jeu, car il y avait d'autres défis où il fallait couper ainsi. En plus, sur le morceau, on voit que la diagonale est blanche alors il est facile de comprendre qu'il y a une possibilité de couper. L'enseignante A précise que, juste avant ce travail, en classe, elle a utilisé avec ses élèves l'image avec les bandes segmentées en des morceaux de  $\frac{1}{6}$  et de  $\frac{1}{3}$  et elle leur a demandé combien de  $\frac{1}{6}$  sont nécessaires pour faire  $\frac{1}{3}$  et vice versa. Elle a fait de même avec les bandes segmentées en des morceaux de  $\frac{1}{8}$  et de  $\frac{1}{4}$ .

Au prochain défi, l'enseignante B indique qu'il n'y avait pas d'autres possibilités pour résoudre le défi. Selon elle, l'élève a coupé le morceau qui vaut  $\frac{1}{2}$  et celui qui vaut  $\frac{2}{6}$  et elle a essayé de couper les autres morceaux aussi en trois donc elle n'a pas forcément compris qu'il n'en fallait qu'un seul. En plus, elle ne peut détacher qu'un seul morceau, ce qui limite les chances de se tromper. En regardant la suite de la vidéo, l'enseignante A précise toutefois que l'élève a quand même compris que  $\frac{1}{2}$  est égale à  $\frac{3}{6}$  même si son essai n'a pas fonctionné du premier coup. L'animateur indique que l'élève a peut-être juste oublié de mettre au même dénominateur. L'enseignante A répond que l'élève a fait ce raisonnement dans sa tête.

L'enseignante B interrompt le visionnement pour attirer l'attention sur le fait que l'élève a refait le défi, mais s'est trompée alors qu'elle était sur le point de réussir la dernière fois. L'animateur remarque que les élèves travaillent bien avec le concept de fraction. Lorsqu'il voit, sur la vidéo,

que les élèves adoptent une bonne stratégie ou qu'elles accélèrent, il le mentionne aux enseignantes.

### *Lien entre l'application et les apprentissages des élèves*

L'animatrice présente un deuxième enregistrement du travail de deux élèves qui sont aussi dans la classe A. L'animateur demande aux enseignantes de voir si ce que les élèves font suscite une réflexion, si elles trouvent qu'il y a des opportunités d'apprentissage qui sont particulières ou si c'est quelque chose qu'elles ont déjà abordé précédemment dans les apprentissages des élèves sans l'application. Il leur demande aussi si, en comparaison avec les années précédentes, elles trouvent des différences que ce soit en termes de vitesse ou de type d'apprentissage entre le travail qu'elles font habituellement avec le concept de fraction et le travail dans l'application et si cette dernière accélère les apprentissages ou amène quelque chose de différent. L'enseignante C répond que la motivation, l'intérêt et la participation sont beaucoup plus grands, surtout chez les élèves qui ont peur, ne se sentent pas assez bons en mathématiques ou ont une crainte envers cette matière. En effet, selon elle, le jeu semble avoir réduit un peu cette peur. Toutefois, elle hésite quant aux effets de l'application sur les apprentissages bien qu'elle n'ait pas encore vu les résultats des tests. Après avoir vécu l'expérience, elle dit qu'elle réutiliserait l'application pour enrichir ou pour ajouter quelque chose que l'enseignement traditionnel et magistral ne peut pas apporter. Toutefois, elle n'oserait pas se fier juste à l'application sans l'enseignement. Elle dit qu'elle se demande parfois si son attitude est due à la formation qu'elle a reçue puisqu'elle vient de « la vieille école ». Pourtant, elle se considère comme assez ouverte et ose essayer de nouvelles choses, car cela l'intéresse beaucoup. Elle a aussi un grand intérêt pour les mathématiques. Elle précise qu'elle intégrerait l'application dans son enseignement, car elle apporte quelque chose que l'enseignement seul ne peut pas apporter.

L'animatrice discute avec les enseignantes de la progression de leurs élèves au postest. Les enseignantes semblent impressionnées que leurs élèves aient progressé. L'enseignante A pense que sa démarche dans le cadre de cette étude était enrichissante et compte la reprendre l'an prochain. Elle va donc choisir des niveaux dans le jeu, arrêter les élèves puis leur demander d'expliquer leur raisonnement à voix haute. Par contre, elle les ferait travailler dans *Slice Fractions* en même temps qu'elle aborde le concept de fraction et non après. Elle pense aussi que

l'application en soi est certainement enrichissante, mais ce qui était encore plus intéressant pour ses élèves qui ont de la difficulté en mathématiques c'était d'entendre l'élève fort verbaliser et justifier. Elle explique que, puisque l'élève qui est en difficulté est tenté de faire des essais erreurs jusqu'à ce qu'il réussisse et puisqu'il ne se force pas à élaborer un raisonnement avant de faire des manipulations dans le jeu, il faut avoir un milieu de classe encadré afin de maximiser les effets de l'application sur les apprentissages.

L'enseignante C ajoute qu'elle a apprécié que l'application ait aidé davantage ses élèves faibles que forts. Elle a remarqué que les plus faibles ne lâchaient pas comme quand elle leur donnait le livre ou un exercice sur papier, ce qui l'a positivement surprise. Le jeu leur donne envie d'essayer et les fait réfléchir, un avantage de la ressource numérique qu'elle a beaucoup apprécié.

#### *Discussion sur les particularités de l'application*

L'animateur demande à l'enseignante C comment elle expliquerait cet effet et pourquoi l'application vient particulièrement aider les faibles. Elle répond que c'est en partie grâce aux représentations visuelles et aux animations. Elle élabore que les élèves sont déjà dans une action constante et ils sont guidés par l'animation dans l'application. Ils peuvent voir l'effet de leurs actions, alors elle n'a pas besoin d'être constamment présente avec chacun. Alors que, quand ils ont un cahier ou un exercice sur papier, ils n'ont pas les mêmes représentations visuelles. Même si elle leur donne des objets à manipuler en trois dimensions comme les LEGO, ils ne sont pas nécessairement animés. Or, selon elle, l'animation permet de progresser dans une séquence et de recevoir une rétroaction immédiate. Elle dit que, souvent, elle les fait travailler à deux en dehors de l'application, mais elle n'observe pas le même effet. Les expérimentations en classe et les échanges dans le cercle pédagogique semblent l'avoir aidée à discerner des avantages liés au travail dans la ressource numérique.

L'enseignante A ajoute qu'il y a aussi le désir de réussir qui vient encourager les élèves en difficulté. Ils sont obligés de réussir pour passer au prochain défi alors que, quand ils font un travail sur un papier et qu'ils ne réussissent pas à avoir les bonnes réponses, ils se découragent. Dans le jeu, ils font des actions et ils voient tout de suite leurs effets. L'enseignante B ajoute que cela donne l'impression d'avancer. L'enseignante C explique que ce travail leur donne aussi de

l'autonomie, car ils ne sont pas obligés d'attendre que l'enseignante arrive pour avancer. Ils sont plus indépendants.

### *Réinvestissement de Slice Fractions dans l'enseignement*

L'animateur leur demande s'il y a eu des réflexions et des allers-retours en classe, entre l'enseignement et le travail avec l'application, au-delà du travail d'enrichissement. L'enseignante C explique qu'elle a introduit le jeu presque en même temps qu'elle a commencé à faire travailler les élèves sur le concept de fraction dans le cahier d'exercices. Elle pense que la présence de l'enseignante est nécessaire, car si elle est absente elle ne peut pas connaître le raisonnement de ses élèves. Selon elle, il faut faire arrêter les élèves et leur demander d'expliquer leur démarche pour rendre visibles leurs apprentissages. Elle suggère d'ajouter une fonction dans le jeu qui permet d'accéder au raisonnement des élèves. Le manque dans l'application, selon elle, c'est qu'elle ne pousse pas les élèves à verbaliser et à justifier leur démarche. L'animateur explique qu'il est difficile, dans une application, d'arriver à avoir la même qualité du regard sur le raisonnement que celui de l'enseignant. L'enseignante C précise, encore une fois, qu'elle pense que le jeu a des qualités, que l'enseignante en a d'autres et que l'ensemble des deux est enrichissant. Elle insiste sur le fait qu'avec juste son enseignement, elle ne pourrait pas créer le même intérêt chez les élèves qu'avec l'application.

L'animateur demande si les enseignantes ont trouvé que l'application est une ressource qui les aide à mieux enseigner. L'enseignante B pense qu'elle permet de décontextualiser. Elle explique qu'elle a l'habitude, au niveau des fractions, de travailler avec les bandes numériques, de commencer avec une bande qui vaut 1 puis de la couper ou de la plier, pour obtenir  $1/2$ ,  $1/4$  et  $1/8$ . C'est ce avec quoi elle a commencé sa situation d'amorce parce que c'est ce qu'elle a appris à faire durant sa formation. Elle précise qu'elle ne sait pas si c'est plus efficace ou moins efficace, mais c'est avec quoi elle se sent à l'aise. Ensuite, elle a utilisé la partie plus traditionnelle dans le cahier d'activité où on retrouve des représentations visuelles qui sont toujours identiques (des bandes) et découpées de la même façon. Elle apprécie que l'application permette de faire d'autres formes de découpes. Elle pense que cela permet de réappliquer le concept de fraction dans un autre contexte et donc de décontextualiser. Elle croit aussi que le tout se complète et que, plus elle diversifie, plus elle permet à chaque élève de trouver son compte. Alors, selon elle,

les élèves apprennent quelque chose des activités qu'ils ont faites dans le cahier et pourront s'y appuyer en travaillant dans l'application. De même, ils apprennent quelque chose dans l'application qu'ils pourront utiliser dans d'autres contextes, notamment pour résoudre des problèmes dans le cahier. Elle pense que la diversité et le fait de réappliquer autrement permettent de vérifier que les élèves ont vraiment compris.

L'enseignante C explique qu'à refaire, elle commencerait par faire travailler les élèves dans *Slice Fractions* et poursuivrait avec un retour en grand groupe comme celui dans l'activité de sa collègue, au lieu de commencer directement par expliquer le concept de fraction. Comme dans son activité 3, elle n'enseignerait pas formellement les fractions. Dans celle-ci, elle a choisi certaines fractions et a demandé aux élèves de devenir les enseignants et d'expliquer l'équivalence de fractions aux élèves en 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire, en équipe de deux ou trois, en manipulant du matériel et en se basant sur ce qu'ils ont vécu dans le jeu. Pendant la présentation, elle les guidait s'ils faisaient des erreurs. Elle croit que, si elle avait présenté le jeu après avoir expliqué la leçon, le jeu aurait été trop facile pour ses élèves et il manquerait de complexité. En présentant d'abord le jeu, elle suscite l'intérêt des élèves aux fractions pour ensuite faire son enseignement et développer un raisonnement chez les élèves.

L'enseignante C explique qu'elle fait souvent réfléchir les élèves au préalable pour qu'ils se construisent une idée du concept avant qu'elle ne l'explique. Elle compare cette stratégie à l'action de placer des crochets et de permettre aux élèves d'y accrocher des informations. *Slice Fractions* est venu l'outiller à ce niveau-là. Cette application lui a permis de créer une situation où les élèves pouvaient réfléchir aux fractions sans se sentir stressés ou ennuyés. Elle se demande si ses élèves auraient été capables de faire des présentations en équipe s'ils n'avaient pas travaillé avec *Slice Fractions* au préalable.

À la suite de ces échanges, ils poursuivent le visionnement. L'animateur précise que le défi sur lequel travaillent les élèves dans la vidéo porte sur l'addition de fractions. Lorsque les enseignantes voient que les élèves ont compris, elles le précisent. L'enseignante B commente les réactions de l'élève dans la vidéo. Elle dit, par exemple, que cette dernière semble surprise que sa démarche fonctionne. Elle attire aussi l'attention au fait que le jeu laisse penser qu'on ne peut pas additionner  $\frac{1}{3}$  et  $\frac{1}{4}$ , sauf que c'est possible. Elle précise que cela peut induire les élèves en

erreur. L'animateur explique que c'est peut-être un choix des concepteurs. Il explique que, lorsque les concepteurs ont fait ce niveau-là, c'était pour que les élèves apprennent qu'ils ne peuvent pas additionner les numérateurs que si les dénominateurs sont les mêmes. Dans une prochaine étape, il faudrait probablement leur expliquer qu'il est possible de les additionner, mais avant tout il faut les séparer.

Comme expliqué dans la méthodologie, dans notre étude, les rencontres en cercle pédagogique se distinguent par les caractéristiques d'un dispositif de développement professionnel efficace telles qu'elles sont identifiées dans notre cadre conceptuel. Ce chapitre a permis d'illustrer leurs manifestations concrètes à travers la présentation des rencontres en cercle pédagogiques et des transpositions dans les activités dans les trois classes. Elles sont marquées, notamment, par les moments d'échanges qu'entretiennent les enseignantes dans leur travail d'analyse des pratiques pédagogiques ou du travail de leurs élèves (Darling-Hammond et al. 2017 ; Guskey, 2009). Elles se distinguent également par les occasions durant lesquelles une enseignante demande de mettre la vidéo sur pause afin de discuter d'un élément important qu'elle a discerné dans le travail de l'élève, dans sa pratique ou dans celle de ses collègues, ce qui est en lien avec le développement du regard professionnel (Sherin et Van Es, 2009). Enfin, elles se démarquent par les interventions qui illustrent une volonté de l'enseignante de réguler sa pratique lors d'un prochain essai, par exemple lorsque l'enseignante analyse l'effet qu'une pratique a eu sur les apprentissages des élèves, en tient compte et élabore des pistes de développement pour un prochain essai (Guskey, 2009). Enfin, la formatrice intervient à divers moments durant les quatre rencontres et les activités en classe. Ses interventions sont circonscrites dans le rôle qu'elle a et que nous avons défini dans la méthodologie, à la section 3.5. Dans le chapitre suivant, nous interpréterons nos résultats à la lumière de ces observations afin de répondre à nos deux objectifs de recherche.

## Chapitre 5 – Interprétation et discussion

Le premier objectif de cette recherche est de décrire le processus de développement des pratiques pédagogiques associées aux quatre principes ciblés ainsi que le processus d'intégration des ressources numériques lorsqu'un dispositif de développement professionnel jumelant un cercle pédagogique et un soutien à l'appropriation en classe est mis en œuvre. Notre deuxième objectif de recherche est de décrire l'effet de cette mise en œuvre progressive sur la démarche et le processus d'apprentissage du concept de fraction par les élèves.

Dans un premier temps, nous tenterons de mieux comprendre l'effet du développement des pratiques pédagogiques, le processus d'intégration des ressources numériques à ces pratiques et les observations qui en découlent sur le plan de la démarche et du processus d'apprentissage des élèves. Pour ce faire, nous interpréterons nos résultats de recherche qui portent sur la mise en œuvre des pratiques pédagogiques observées et sur le travail des élèves en grand groupe ainsi que dans l'application *Slice Fractions*. Dans un deuxième temps, nous examinerons le rôle joué par notre dispositif de développement professionnel dans ce processus d'intégration. Dans un troisième temps, nous discuterons de nos résultats afin de mieux comprendre les conditions qui favorisent le développement des pratiques pédagogiques.

### 5.1 Interprétation des résultats issus de l'analyse descriptive des activités

Durant les différentes activités, les enseignantes mettent en œuvre plusieurs pratiques pédagogiques en classe pour que l'usage de *Slice Fractions* par les élèves accroisse l'effet sur la construction du concept de fraction. Elles les ajustent d'une activité à l'autre en fonction de ce qu'elles discernent dans le travail des élèves. Ensemble, ces pratiques leur permettent de susciter des apprentissages chez leurs élèves. Une meilleure compréhension de ce développement et des facteurs qui y contribuent est de nature à éclairer l'élaboration des dispositifs de formation et des contextes favorables à l'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques selon le modèle TPaCK (Mishra et Koehler, 2006). Par ailleurs, ce regard nous permettra également de mieux comprendre l'interdépendance entre les quatre principes pédagogiques étudiés ainsi que l'apport des ressources numériques dans leur mise en œuvre.

### 5.1.1 Situer les élèves dans leur ZPD

Selon ce principe, les enseignantes doivent planifier les activités d'apprentissage pour que tous les élèves puissent évoluer dans leur ZPD (Vygotsky, 1978). Pour y parvenir, elles explorent l'application *Slice Fractions* et précisent les intentions d'apprentissages. En réalisant elles-mêmes les différentes étapes du niveau visé dans cette ressource numérique, les enseignantes les analysent, identifient les obstacles à la compréhension et sélectionnent un défi qu'elles estiment à la fois à la portée de tous pour l'animation en groupe, tout en offrant un certain niveau de difficulté de nature à faire ressortir certaines incompréhensions. En classe, lorsque les élèves réussissent les tâches proposées, elles les précisent, les ajustent ou les complexifient. Par exemple, lors de la première activité, l'enseignante B voulait s'assurer que les élèves puissent s'exercer dans le jeu. Elle voulait voir ce qu'ils pouvaient faire, sans les forcer à élaborer un raisonnement mathématique ou à nommer les fractions à chaque fois. Elle leur a donc offert un espace de dévolution où ils pouvaient travailler librement dans l'application tout en restant dans les premiers niveaux du jeu (Brousseau, 1978). L'observation du travail des élèves durant cette activité l'a aidée à mieux cibler leurs erreurs et les difficultés qu'ils rencontrent afin de savoir ce qu'ils sont capables de réaliser et comment ils le font. Par exemple, durant la première activité, elle a remarqué que les élèves ne prenaient pas toujours le temps d'élaborer leur raisonnement de façon autonome et de le verbaliser. Ensuite, elle a analysé le niveau suivant et a remarqué que, pour certains défis, si les élèves ne tentent pas de trouver les fractions manquantes et de faire un calcul avant de réaliser des manipulations, ils risquent de se tromper. La capacité du jeu à rendre visible le raisonnement des élèves, notre deuxième principe pédagogique, contribue ici à une meilleure appréciation par l'enseignante de la ZPD des élèves, illustrant ainsi l'interdépendance entre les deux premiers principes. Afin d'attirer l'attention des élèves sur l'importance de faire des liens avec les fractions et de les faire réfléchir au raisonnement mathématique, l'enseignante B a conçu une deuxième activité où ils devaient tout d'abord écrire leurs hypothèses de solution sur une feuille avant de la valider dans l'application. Lorsqu'elle a observé que les élèves ont pris l'habitude d'expliquer leur démarche, elle a accru graduellement la difficulté en leur demandant de justifier leurs réponses à l'écrit lors de la troisième activité. Pour ce faire, elle a sélectionné quelques défis, les a imprimés sur une feuille et a émis des



hypothèses à l'écrit pour chacun. Les élèves devaient dire s'ils étaient en accord ou en désaccord avec la réponse ou si elle était incomplète. Ils devaient aussi justifier leur réponse, puis en discuter en grand groupe et se corriger. Cet exercice fait travailler les élèves sur des obstacles potentiels qu'ils pourraient rencontrer s'ils avaient directement commencé à faire des manipulations sans prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique. Dans notre cadre conceptuel, nous avons présenté les observations réalisées en classe dans l'étude de Falkner, Levi et Carpenter (1999). Elles illustrent l'importance de placer les élèves dans des situations où ils sont confrontés à des exemples et des contre-exemples et de les questionner afin qu'ils discutent de leur raisonnement, le précisent à travers des essais multiples et distinguent graduellement les attributs qui définissent le concept en question. Nos observations illustrent la possibilité de faire travailler les élèves avec le concept de fraction et de leur permettre de proposer différentes pistes de solutions pour résoudre un même problème. Celles-ci constituent des exemples et des contre-exemples de raisonnements que l'enseignante peut utiliser pour animer des dialogues cognitifs et amener les élèves à développer leurs raisonnements ou à susciter le développement de celui de leurs camarades. En écoutant les raisonnements, les élèves détectent, parfois avec l'aide de l'enseignante, les attributs du concept et les conditions qui font qu'une démarche permet ou pas de résoudre un problème. Pendant la 3<sup>e</sup> activité de la classe B, l'enseignante observe que, ce faisant, les élèves élaborent plus fréquemment des explications et des raisonnements. Notre analyse de données permet effectivement de constater qu'ils expliquent leur démarche à 18 reprises et la justifient à 14 reprises avant d'entreprendre le travail dans l'application. La fréquence de ces manifestations constitue un indicateur que peut exploiter l'enseignante pour porter un jugement sur le fait que la tâche se situe dans la ZPD de nombreux élèves. Nous observons une progression similaire dans la démarche de conception des activités chez les deux autres enseignantes également. Cette démarche rappelle l'analyse de l'EEF (2021) qui suggère qu'en évaluant attentivement ce que les élèves sont capables de mobiliser, l'enseignant est mieux placé pour les accompagner et leur offrir des activités qui se situent constamment dans leur ZPD. Sur le plan de l'apprentissage du concept de fraction, nous constatons qu'ayant un espace de dévolution, comme le suggère Brousseau (1978), les élèves peuvent faire des manipulations librement dans des défis analysés et sélectionnés au préalable. Ils sont confrontés à des obstacles

qu'ils doivent surmonter. De plus, la possibilité de confronter leurs solutions avec celles de leurs camarades et d'en discuter en grand groupe, notamment, leur permet de développer leur raisonnement et leur capacité à le justifier.

En débutant chaque période de travail par une animation de groupe, parfois en utilisant le dispositif *Nearpod* à certaines étapes pour recueillir les réponses de chaque élève, les enseignantes visent à rendre visible le raisonnement de tous les élèves. Celui-ci contribue à la régulation des pratiques si certains élèves ne semblent pas évoluer dans leur ZPD. Par exemple, quand elles voient que les élèves sont en mesure de le verbaliser, elles accroissent le niveau de difficulté en leur demandant de proposer d'autres solutions possibles au même problème. À l'inverse, lorsque l'enseignante voit que l'élève a de la difficulté à répondre à la question posée, elle lui pose une autre question pour lui permettre de cheminer dans son raisonnement vers la bonne réponse. Ici, le questionnement joue également un rôle de guidance. C'est ce que nous observons dans la classe A lors des activités A-2, A-3 et A-4 ainsi que dans les classes B et C lors des activités B-4 et C-4.

Lorsqu'elles voient que les élèves ont de la difficulté à élaborer un raisonnement, les enseignantes les guident principalement de deux façons, soit en travaillant avec eux sur une étape du problème à la fois, soit en leur offrant des indices. Elles le font aussi en utilisant le dessin, une pratique en lien avec la richesse des représentations, notre troisième principe pédagogique. Dans le premier cas, c'est-à-dire, lorsque les enseignantes travaillent avec les élèves sur une étape du problème à la fois, comme c'est le cas durant l'activité avec *Nearpod*, ces derniers ont plus de facilité à verbaliser leur raisonnement. Ils le font souvent, soit à 21 reprises dans la classe A, à 27 reprises dans la classe B et à 25 reprises dans la classe C (voir Tableau 59, Annexe 23) et ce de façon plus précise et en faisant des liens plus directs avec le concept de fraction. Grâce à cette verbalisation, ils se rendent compte, seuls, de leurs erreurs. Sinon, les enseignantes identifient l'erreur et ajustent la tâche pour que les élèves puissent se corriger. Ce travail se fait par le biais du questionnement puisque les enseignantes ont divisé deux défis en 4 étapes, une stratégie de segmentation, chacune introduite par une question à travers laquelle les élèves mobilisent leurs connaissances antérieures. Elles ont ainsi rendu le problème plus accessible à tous. Parfois, elles posent des questions dans un ordre précis pour offrir un étayage dégressif. Par exemple, dans

l'activité 3, l'enseignante A alterne entre des questions simples comme « qu'est-ce que tu vois en dessous du nuage ? » et des questions plus complexes comme demander aux élèves d'additionner les fractions nommées. Les enseignantes arrêtent de questionner les élèves et les laissent poursuivre seuls l'élaboration de leur raisonnement, lorsqu'elles voient qu'ils en sont capables. Éventuellement, les élèves parviennent à créer une démarche de résolution, de façon autonome, une fois dans *Slice Fractions*. C'est ce que nous observons d'ailleurs dans le travail des élèves dans l'application, puisqu'avant de faire des manipulations, ils prennent le temps d'élaborer et de verbaliser leur démarche et réussissent au premier essai. C'est le cas, par exemple, de l'élève A1 dans les activités 3 et 4. Les élèves plus avancés, quant à eux, profitent de la segmentation de la démarche pour pousser leur réflexion plus loin et préciser leur justification. Ainsi, ils arrivent à la verbaliser avec un métalangage exact lorsque l'enseignante leur donne la parole durant la discussion en grand groupe. C'est le cas, par exemple, de l'élève B2 lors de la quatrième activité. Cette observation illustre l'importance d'anticiper les difficultés des élèves et de les questionner pour qu'ils développent leurs raisonnements. En effet, c'est ce que les enseignantes font lors du travail dans *Nearpod* afin d'amener les élèves à distinguer graduellement les caractéristiques de la situation et les attributs du concept dans un problème auquel ils sont confrontés et de parvenir éventuellement à les discerner dans de nouvelles situations et de résoudre ainsi de nouveaux problèmes faisant appel au même concept.

Afin de contribuer à situer la tâche dans la ZPD de tous, les enseignantes offrent aussi des indices aux élèves. Ceux-ci prennent parfois la forme de questions et visent à guider la réflexion des élèves pour qu'ils puissent continuer à avancer. Ce faisant, ils discutent de leur démarche, ce qui aide à la rendre visible et permet aux enseignantes de continuer à réguler adéquatement leurs pratiques. Par exemple, dans l'activité B-1, un élève utilise les indices offerts par l'enseignante B pour expliquer à voix haute sa démarche en disant qu'il va garder 6 morceaux attachés aux chaînes et en couper 5. Il réussit dès le premier essai. Parfois, l'indice permet à l'élève d'aller plus loin et de parvenir à justifier sa réponse. Par exemple, dans l'activité A-1, en questionnant l'élève, celui-ci parvient à déduire que  $\frac{2}{3}$  est égale à  $\frac{4}{6}$  et non à  $\frac{2}{6}$ , ce qui l'aide à résoudre le problème du premier coup. L'indice peut aussi prendre d'autres formes qu'une question. Par exemple, dans l'activité B-2, l'enseignante B donne des indices pour mentionner à l'élève la

fraction que représente le morceau sélectionné avant de l'inviter à réfléchir à la prochaine étape. L'indice peut aussi prendre la forme d'un rappel d'une règle mathématique dont l'objectif est d'inviter les élèves à mobiliser leurs connaissances antérieures dans un contexte précis. Dans l'activité 4, l'enseignante C leur dit, par exemple, que les dénominateurs ne s'additionnent pas. Ainsi, les élèves parviennent à mobiliser leurs connaissances antérieures et à additionner les fractions puis à réfléchir à la prochaine étape en précisant combien de morceaux il leur reste à couper. Les enseignantes donnent aussi des indices aux élèves lorsqu'ils sont avancés dans leur démarche afin qu'ils parviennent à préciser leur métalangage, à commencer à justifier leur raisonnement ou à en trouver un autre qui fonctionne tout autant. Enfin, les élèves s'offrent également des indices entre eux pour s'entraider.

La ressource numérique offre également des indices aux élèves. En effet, après plusieurs essais, le jeu les guide en affichant, par exemple, les options pour découper les morceaux de glace ou en affichant les fractions équivalentes à certains morceaux pour soutenir un raisonnement formel. Ceci leur permet de reconnaître plus facilement la fraction qu'il représente. Certains élèves utilisent cette information pendant le travail en grand groupe. C'est le cas d'un élève dans la classe B, qui réussit à trouver la valeur du morceau affiché sur l'image et à expliquer qu'il est plus grand que nécessaire, car il vaut  $1/2$ . De plus, quand le jeu affiche le nombre de morceaux restants, les élèves se rendent compte qu'ils n'ont pas fait tomber assez de morceaux pour éteindre la lave au sol. Cette fonction du jeu constitue une forme de rétroaction qui permet aux élèves de comprendre que la fraction qu'ils ont choisie est plus petite que celle demandée ou qu'elle est plus grande si des morceaux de glace restent au sol.

Outre la guidance, les enseignantes offrent des rétroactions qui permettent aux élèves d'identifier la prochaine étape à laquelle ils doivent réfléchir (le nombre de rétroactions évolue entre la première et la 4<sup>e</sup> activité et varie entre 0 et 26 fois dans les 4 activités dans les 3 classes). Elles offrent d'autres types de rétroactions à d'autres moments pour soutenir le passage du concret à l'abstrait, notre quatrième et dernier principe étudié. Ainsi, elles évitent que les élèves fassent des essais sans tenter d'élaborer un raisonnement au préalable ou restent bloqués en attendant qu'une solution leur soit donnée. Grâce à ce type de rétroaction, les élèves parviennent à poursuivre leur réflexion et à élaborer une explication de leur démarche. Ceux qui maîtrisent

davantage le concept en profitent également, car ils l'utilisent pour préciser leur raisonnement et établir d'autres liens avec le concept de fraction, ce qui leur permet d'avancer vers la conceptualisation.

### **5.1.2 Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves**

Selon ce principe, les enseignants doivent faire en sorte qu'à plusieurs moments dans une activité d'apprentissage, les conditions soient réunies pour accroître la visibilité des apprentissages (Hattie, 2012) et permettre l'observation du raisonnement de chaque élève (Samara et Clements, 2004). En examinant les tableaux des fréquences dans les 3 classes (voir Tableaux 59 et 60, Annexes 23 et 24), nous remarquons que deux formes de questionnement dominant, soit demander aux élèves de décrire leur raisonnement et les amener à le justifier. Lors de l'ensemble des activités 1 à 4, nous retrouvons la première forme à 21 reprises dans la classe A, à 46 reprises dans la classe B et à 49 reprises dans la classe C. Nous retrouvons la seconde à 12 reprises dans la classe A, 22 reprises dans la classe B et à 10 reprises dans la classe C. Dans les deux cas, la réponse des élèves permet de rendre visibles leurs apprentissages en offrant à l'enseignante des rétroactions qu'elle est en mesure d'interpréter pour réguler ses pratiques, comme le suggère Hattie (2009, 2012). Bien que les fréquences du questionnement visant à demander aux élèves de décrire leur raisonnement ne sont pas aussi élevées dans la classe A, nous observons que les élèves décrivent leur raisonnement 53 fois durant les 4 activités, ce qui est comparable aux fréquences dans les deux autres classes (66 fois dans la classe B et 56 fois dans la classe C). Nous estimons que c'est dû à la mise en œuvre de pratiques pédagogiques complémentaires comme le questionnement pour guider les élèves en décomposant le problème et l'animation de dialogues cognitifs que nous retrouvons à 43 et 30 reprises respectivement et qui contribuent également à rendre visibles les apprentissages des élèves.

Lorsque les enseignantes questionnent les élèves pour qu'ils décrivent leur raisonnement, ils répondent en le présentant à voix haute. Dans leurs interactions, ils font référence aux fractions et aux stratégies dans le jeu. De plus, ils emploient le métalangage précis ou nomment les fractions. Lorsque les enseignantes questionnent les élèves pour qu'ils justifient leurs réponses, ces derniers le font, parfois même sans que les enseignantes le demandent. Nous l'observons surtout dans un contexte qui favorise le dialogue cognitif c'est-à-dire où les élèves peuvent

confronter leurs raisonnements comme le suggère Barth (2004). En effet, lorsque nous observons les fréquences, nous remarquons que le nombre de justifications de la réponse est plus élevé que celui où les enseignantes le demandent (voir Tableaux 59 et 60, Annexes 23 et 24). En effet, elles invitent les élèves à justifier leur réponse à 10, 12 et 6 reprises dans les activités 4 dans les classes A, B et C respectivement. Les élèves le font à 18, 23 et 10 reprises dans ces trois classes respectivement. Nous remarquons donc que les élèves font le passage d'une pratique où ils sont invités à justifier, à une où ils prennent l'initiative et parviennent à le faire seuls afin de développer leur compréhension.

À noter que la fréquence de ce type de raisonnement était inférieure chez les élèves au début de l'expérimentation. En effet, dès les premières activités, les enseignantes questionnent les élèves pour animer les échanges en grand groupe et les inviter à expliquer leur démarche, que ce soit en grand groupe ou lors du travail dans l'application *Slice Fractions*. Lors de la première activité, lorsque les enseignantes se rendent compte que les élèves font des essais dans l'application sans forcément réfléchir à une démarche complète, elles interprètent leur travail et décident de les amener à élaborer un raisonnement au préalable. C'est pourquoi, à la suite de cette observation, les enseignantes A et B régulent leurs pratiques et conçoivent leurs deuxièmes activités en y intégrant des séances de travail qui leur permettent, avant de faire travailler les élèves dans l'application *Slice Fractions*, d'accéder au raisonnement de tous et non seulement à celui de quelques-uns. Dans ces activités 2, 3 et 4, nous observons que le questionnement semble amener tous les élèves à présenter leur démarche dans un premier temps, que ce soit en la décrivant dans *Nearpod* ou sur papier. Dans l'activité 1, c'est à travers les discussions en grand groupe qu'elles tentent d'accéder au raisonnement des élèves, mais elles ne parviennent à questionner que quelques-uns d'entre eux. En effet, dans ce contexte, elles doivent prendre en considération la limite de temps et le fait qu'une discussion en grand groupe ne donne accès qu'aux réponses de ceux qui se sont exprimés à voix haute après avoir levé la main. Lorsque les enseignantes utilisent *Nearpod* pour questionner les élèves et animent le travail en grand groupe, elles peuvent recevoir les réponses de tous en temps réel et ainsi en choisir celles qui sont plus fécondes pour être partagées. Cet usage de la ressource numérique contribue à rendre les discussions plus ciblées puisqu'elles portent sur les erreurs potentielles ou les raisonnements que les enseignantes jugent

féconds pour préciser le concept étudié. La ressource numérique semble donc accroître la portée du questionnement.

Lorsqu'elles intègrent *Nearpod*, les enseignantes profitent des occasions pour demander aux élèves de présenter leurs démarches (voir Tableau 59, Annexe 23). Lorsque c'est le cas, les élèves expliquent leur raisonnement et le font souvent, soit à 11 reprises dans l'activité A-2, 14 reprises dans l'activité A-3 et 21 reprises dans l'Activité A-4, à 27 reprises dans l'activité B-4 et à 25 reprises dans l'activité C-4 (voir Tableau 60, Annexe 24). En effet, lorsque la nature des questions est cohérente avec les critères de Stein et Smith (2011) et de Wood et Turner-Vorbeck (2001), les questions permettent de susciter des discussions fécondes et une meilleure verbalisation. Une fois que les enseignantes reçoivent les réponses de tous les élèves et ont une meilleure idée de la qualité du raisonnement de chacun et de son niveau de conceptualisation, notre 4<sup>e</sup> principe pédagogique, nous observons qu'elles sont en mesure de discerner que les conditions sont réunies pour mettre l'emphase sur un questionnement qui vise la justification. Ainsi, nous observons que les élèves justifient leurs réponses le plus souvent, à 18, 23 et 10 reprises respectivement, durant les activités A-4, B-4 et C-4 dans lesquelles les enseignantes utilisent la ressource numérique *Nearpod*. Ces activités où le dispositif *Nearpod* est utilisé pour questionner les élèves semblent donc offrir de multiples opportunités pour la mise en œuvre du questionnement.

### **5.1.3 Offrir des représentations riches qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu**

Devlin (2018) postule que lorsque les élèves travaillent sur le concept de fraction, ils rencontrent des obstacles qui sont liés à l'incompréhension des symboles mathématiques qui peuvent être hors contexte et sembler abstraits pour eux. Offrir des représentations qui soutiennent l'engagement de tous consiste à représenter ou illustrer un concept de différentes façons selon le contexte (Van Garderen et Montague, 2003). Ce principe est facilité par l'application *Slice Fractions* parce qu'elle contient des représentations visuelles qui favorisent les manipulations. De plus, les enseignantes font aussi des captures d'écran des défis qu'elles sélectionnent et les ajoutent dans leurs activités avec *Nearpod* ou sur papier dans la classe B, pour questionner les élèves. Elles les combinent à d'autres formes de représentation comme des bandes afin d'illustrer

une même fraction de différentes façons et soutenir leur raisonnement. Les activités A-3, A-4, B-4 et C-4, sont celles où les enseignantes font le plus appel aux représentations visuelles lors des échanges en grand groupe, bien que ce soit à de faibles fréquences, entre 4 et 7 fois (voir Tableau 59, Annexe, 23). Nous remarquons qu'à travers cette pratique, les enseignantes aident les élèves à comprendre les concepts sous plusieurs angles, comme le suggèrent Tripathi (2008) et Fuson et Murata (2007). Par exemple, dans *Nearpod*, à la question 2 : « des exemples de fractions ( $1/4$  et  $1/8$ ) », les élèves voient une représentation visuelle des concepts mathématiques qu'ils doivent mobiliser pour résoudre le problème en question. C'est une bande divisée en 4 et une autre divisée en 8 et ils doivent représenter  $1/4$  et  $1/8$  sur ces bandes afin de voir combien de  $1/8$  il y a dans  $1/4$ . Ensuite, pour résoudre le problème, ils doivent identifier, sur l'image dans *Slice Fractions*, les morceaux de  $1/4$  et trouver un moyen pour les transformer en  $1/8$ . Or, les morceaux dans le jeu ne sont pas représentés sous forme de bandes, mais sous forme de triangles. Les élèves se familiarisent ainsi avec différentes représentations visuelles des mêmes fractions. Ils sont en mesure de transférer leurs savoirs et de reconnaître les équivalences entre les fractions lors du travail dans l'application *Slice Fractions*. De plus, les enseignantes font des dessins au tableau pour aider les élèves à visualiser et pour discuter de leurs réponses. Par exemple, dans l'activité C-1, l'enseignante soutient le raisonnement des élèves en dessinant un diagramme au tableau pour les inviter à faire des liens avec les fractions avant de commencer à réfléchir à la stratégie. Nous observons que les élèves parviennent ainsi à répondre correctement aux questions de l'enseignante et réussissent le niveau grâce aux représentations visuelles qui contribuent à surmonter la barrière du symbole, comme le suggère Devlin (2018).

Selon Arcavi (2005) et Stylianou et Silver (2004), l'utilisation de représentations visuelles en classe encourage les élèves à verbaliser leur raisonnement. En effet, nous remarquons que les élèves ont plus de facilité à expliquer leur démarche lorsqu'ils font des manipulations en s'appuyant sur les représentations visuelles qui sont dans *Slice Fractions*. Parfois, lorsqu'elles les voient pointer sur des éléments de l'image au lieu de nommer les fractions, les enseignantes les questionnent et les amènent à expliquer l'image avec un métalangage mathématique. Par exemple, dans la première activité dans la classe B, lorsque les élèves font des manipulations dans le jeu, nous observons qu'ils se servent des représentations visuelles pour expliquer leur raisonnement à leur



camarade puisqu'ils travaillent à deux. Dans les activités B-2 et B-3, l'enseignante intervient auprès des élèves pour leur demander de réfléchir à leur raisonnement au préalable et de l'expliquer avant de faire des manipulations dans le jeu. Quand c'est le cas, nous observons que, lorsqu'elle les invite à expliquer leur raisonnement en grand groupe par la suite, les élèves semblent préciser leur description, ce qui montre une progression à ce niveau comparé à la première activité. C'est ce qui illustre la complémentarité entre l'usage de représentations visuelles et le questionnement pour soutenir le raisonnement des élèves.

#### **5.1.4 Soutenir le passage du concret à l'abstrait**

Soutenir le passage du concret à l'abstrait consiste à mettre en place des situations qui aident les élèves à faire des liens entre les représentations visuelles et les concepts mathématiques favorisant ainsi la conceptualisation. Pour ce faire, dans les trois classes, lorsque les enseignantes voient que l'élève en a besoin ou à la fin d'un défi et avant de passer au prochain comme dans la classe B, elles traduisent la représentation visuelle qui est dans l'application *Slice Fractions* en équation mathématique qu'elles écrivent au tableau. Les élèves peuvent ainsi voir une représentation abstraite des représentations plus concrètes. Parfois, l'enseignante poursuit en questionnant les élèves. Par exemple, dans l'activité B-2, l'enseignante écrit l'égalité  $2/3 = 1/6 + 1/6 + 1/6$  et demande aux élèves s'ils en déduisent que les morceaux qu'ils ont choisis dans le jeu vont suffire. Elle leur demande aussi de justifier leur réponse dans les niveaux sur l'addition des fractions pour les amener à maîtriser l'action de les mettre au même dénominateur. De leur côté, les élèves tentent de justifier leur réponse en expliquant, par exemple, qu'« on ne peut pas additionner  $1/4 + 1/2$ , on peut additionner  $1/4 + 1/4 + 1/4$  ». Durant les séances de travail en grand groupe, à la suite de ces interactions, nous observons que les élèves parviennent à mobiliser leurs connaissances mathématiques et à discerner les éléments manquants pour réussir à résoudre le problème et atteindre l'intention d'apprentissage. Cette démarche semble donc contribuer à enrichir la compréhension des élèves pour qu'elle devienne plus profonde, comme le soutient Tripathi (2008). Nous constatons que le travail de conceptualisation semble contribuer à solidifier le raisonnement des élèves.

Dans les activités avec *Nearpod*, soit les activités A-2, A-3, A-4, B-4 et C-4, les enseignantes créent une démarche de résolution de problème efficace qui nécessite que les élèves mobilisent leurs

connaissances antérieures pour répondre à une série de questions qui les font cheminer des représentations concrètes vers les représentations plus abstraites. Dans la première question, les enseignantes demandent aux élèves de décrire ce qu'ils voient. Dans la deuxième question, elles leur demandent d'utiliser leurs connaissances antérieures et de colorer sur les bandes pour représenter les fractions. Les fractions incluses dans la question sont celles utilisées dans le défi sélectionné. Dans la 3<sup>e</sup> question, elles leur demandent d'appliquer la conclusion tirée de la question précédente pour transformer les fractions qui sont sur l'image. Les questions 2 et 3 portent donc sur le concept de fraction et son application dans le jeu. La 4<sup>e</sup> question invite les élèves à trouver la stratégie dans le jeu qui permet de faire tomber les morceaux sélectionnés à la question 3. Nous constatons que, lorsque les élèves perçoivent qu'en mobilisant leurs connaissances antérieures, ils parviennent à trouver la logique mathématique derrière les représentations visuelles qui sont dans le jeu *Slice Fractions* et ainsi trouver une stratégie qui leur permet de résoudre rapidement le défi, ils le font pour tous les autres défis. Ainsi, dans les séances de travail dans *Slice Fractions*, nous remarquons que le raisonnement des élèves est mieux organisé lors des séances qui ont suivi le travail dans *Nearpod* que dans les premières activités. Ils commencent par développer un raisonnement mathématique pour trouver, par exemple, si les fractions s'additionnent ensemble ou pas, ensuite ils réfléchissent à la stratégie dans le jeu, ce qui les aide à résoudre la majorité des problèmes du premier coup. Nous constatons donc que lorsque les élèves perçoivent qu'une démarche leur permet de résoudre le problème en peu d'étapes, cela a un effet sur la valeur qu'ils attribuent par la suite au temps consacré au raisonnement. Ils sont ensuite en mesure de se réguler et de suivre la démarche efficace (Schunk et Cox, 1986).

## **5.2 Dispositif de développement professionnel**

Conformément aux caractéristiques d'un dispositif de développement professionnel efficace présentés dans le cadre conceptuel (Chapitre 2), lors des rencontres en cercles pédagogiques, les enseignantes ont visionné des documentations sur vidéo des pratiques pédagogiques et du travail des élèves et elles les ont analysées collectivement dans une perspective d'interprétation afin de mieux comprendre le lien entre les deux. L'analyse des cercles nous mène à constater que les

échanges autour de la documentation sur vidéo du travail d'un élève ou d'une animation de groupe aident les enseignantes à discerner certains apports de la ressource numérique et certaines démarches des élèves, à les interpréter et à en déduire des pistes de développement pour leurs pratiques. En lien avec le développement du regard professionnel, nous remarquons qu'à travers ces observations, les enseignantes parviennent à discerner les difficultés de compréhension des élèves et à réfléchir à des ajustements dans leurs pratiques pour y remédier. En analysant les pratiques mises en œuvre et en observant des points communs entre les démarches des élèves dans leurs trois classes, les enseignantes élaborent un raisonnement pédagogique à partir de celui de leurs collègues. Elles s'entraident pour concevoir des activités qui permettront de répondre aux besoins de leurs élèves et qu'elles tentent de mettre en place dans des essais subséquents en classe. Dans les sections suivantes, nous tenterons de mieux comprendre la contribution du travail en cercle pédagogique sur le développement de la capacité des enseignantes à discerner, dans un premier temps, et sur le niveau de leur engagement à développer leurs pratiques, dans un deuxième temps. Nous aborderons, ensuite, le développement des pratiques pédagogiques et le rôle que joue la collaboration dans le processus de réflexion à des pistes de développement.

### **5.2.1 Développement de la capacité des enseignantes à discerner**

Pour rappel, avant chaque visionnement, les enseignantes ou l'animatrice présentent le contenu de la vidéo et le contexte dans lequel elle s'inscrit. La chercheuse invite les enseignantes à mettre la vidéo sur pause lorsqu'elles estiment que l'activité peut faire l'objet d'un travail d'interprétation de liens entre les pratiques pédagogiques et le processus d'apprentissage des élèves. L'objectif est de rendre visible la vision qu'ont les enseignantes de leurs pratiques et des apprentissages de leurs élèves sans porter de jugement. L'intention est également que les enseignantes puissent s'exercer, dans les cercles pédagogiques, à discerner des éléments qui sont déclencheurs de raisonnement et à développer ainsi leur regard professionnel. Plus précisément, nous visons à ce que les enseignantes s'exercent à mettre la vidéo sur pause aux moments où elles estiment que les situations suscitent un raisonnement. Ainsi, les échanges peuvent contribuer à développer les savoirs pédagogiques, disciplinaires et ceux en lien avec les ressources numériques, un processus complexe que cherche à décrire Mishra et Koehler (2006)

dans leur modèle TPaCK. Toutefois, au début de la deuxième rencontre en cercle pédagogique (c'est la première rencontre durant laquelle les enseignantes ont visionné une documentation sur vidéo), à plusieurs reprises c'est l'animatrice qui fait des arrêts pendant le visionnement pour favoriser et soutenir le développement d'un regard professionnel afin que les enseignantes parviennent à discerner elles-mêmes des événements marquants, puisque c'est la première fois qu'elles travaillent sur l'analyse d'une documentation. Après quelques expériences similaires au fil des cercles pédagogiques, elles deviennent plus à même de discerner les moments féconds et de demander de mettre la vidéo sur pause pour en discuter. Ainsi, elles voient des éléments dans leurs pratiques et dans les apprentissages des élèves qu'elles ne percevaient pas avant et parviennent à interpréter les indices afin de cibler les besoins de leurs élèves (Jacobs, Lamb et Philipp, 2010 ; Sleep et Boerst, 2012 ; Van Es, 2010). Lorsqu'elles s'aperçoivent que certains événements sont féconds pour un raisonnement, elles voient l'utilité de mettre la vidéo sur pause afin qu'elles puissent s'engager dans un dialogue sur des aspects qu'elles ont discernés. Cela suggère un développement de leur regard professionnel (Sherin et Van Es, 2009).

En visionnant la documentation, sans la surcharge cognitive du contexte de classe, les enseignantes ont le temps de s'attarder sur certains éléments, d'amorcer un raisonnement et de voir que leurs interventions auprès des élèves pendant le travail dans l'application ont un rôle qu'elles ne percevaient pas avant. Lors des échanges, nous observons que les enseignantes font référence aux savoirs pédagogiques et à ceux en lien avec les ressources numériques de façon interreliée, ce que Mishra et Koehler (2006) nomment Technological Pedagogical Knowledge ou TPK dans leur modèle TPaCK. Elles font aussi le lien avec les savoirs disciplinaires pour mettre en relation les défis dans *Slice Fractions* et la progression des apprentissages ou pour catégoriser les erreurs des élèves. Leurs échanges sont à ce moment de l'ordre du Technological Content Knowledge ou TCK (Mishra et Koehler, 2006). Afin d'être en mesure de réaliser des échanges qui sont de l'ordre de l'intégration des trois savoirs du modèle TPaCK, les enseignantes analysent le jeu à plusieurs reprises tout en réfléchissant aux erreurs des élèves et à leurs propres pratiques.

Les enseignantes se sont rendu compte en observant le travail des élèves dans l'application *Slice Fractions* qu'il y a à la fois des stratégies de résolution qui se retrouvent dans le jeu et des concepts en mathématiques qui sont convoqués. Afin de mieux comprendre le fonctionnement du jeu, les

enseignantes arrêtent parfois le visionnement pour faire elles-mêmes l'expérience dans un iPad, se placer dans le rôle de l'élève pour voir l'activité de son point de vue et voir ce que serait la stratégie la plus efficace, ce qui illustre qu'elles commencent à discerner des moments par elles-mêmes, une autre indication du développement de leur regard professionnel (Hattie, 2012 ; Sherin et Van Es, 2009). Par exemple, dans le cercle 2, l'enseignante B observe que l'élève a fait une erreur, mais fait remarquer que cela ne veut pas dire qu'elle ne comprend pas. Ce sont les échanges à ce sujet qui l'amènent à réaliser que les élèves peuvent faire un raisonnement mathématique correcte, mais être bloqués dans le jeu et qu'il faut donc les aider pour qu'ils cheminent dans leur raisonnement afin qu'ils puissent se rendre compte que leurs erreurs ne sont pas d'ordre mathématique ou les guider pour développer leurs connaissances du concept de fraction pour qu'ils soient en mesure de mieux travailler avec les fractions et de réussir à surmonter les obstacles d'ordre stratégique. Ces observations illustrent comment les échanges dans le cercle autour d'une activité documentée sur vidéo contribuent à augmenter la compréhension des actions des élèves et à analyser ce qu'ils comprennent et ce qu'ils ne comprennent pas afin de réfléchir à des moyens pour développer les pratiques pédagogiques en conséquence (Sherin et Van Es, 2005).

Parmi les pratiques auxquelles les enseignantes réfléchissent en analysant le travail de l'élève en équipe, nous retrouvons celles qui visent à aider les élèves à verbaliser leur raisonnement en classe. Comme mentionné à la section 5.1.2, la verbalisation permet de rendre visibles les apprentissages et aide les enseignantes à pouvoir cerner les difficultés des élèves dans le cadre d'une tâche (Hattie, 2012). Par exemple, elles concluent, dans le cercle 2, que l'élève aurait dû continuer dans le même défi pour finir par comprendre qu'il lui fallait  $\frac{4}{6}$ . Il fallait donc qu'il ramène les fractions au même dénominateur. L'enseignante B suggère que les élèves ne sont pas habitués à passer des petites fractions aux plus grandes en les multipliant. Nous remarquons qu'à travers cet échange, les enseignantes découvrent l'importance de la verbalisation pendant la tâche pour être en mesure de cibler les erreurs des élèves et d'identifier les obstacles à la compréhension. Ces observations, grâce à la verbalisation, constituent des rétroactions pour les enseignantes qui permettent une régulation des pratiques et contribuent à préciser la planification des prochaines activités, comme le suggère Hattie (2012). De plus, dans les

descriptions des rencontres, nous observons que les enseignantes discernent les effets de la guidance pendant la tâche et du questionnement, car elles perçoivent que dans ces conditions les élèves sont en mesure d'avancer et de conceptualiser. Elles remarquent également que lorsqu'elles ne le font pas, les élèves ont tendance à ne pas verbaliser leur raisonnement. Les enseignantes réfléchissent donc aux besoins de leurs élèves et font preuve d'engagement en réfléchissant à des moyens d'adapter leurs pratiques pour y répondre (Shulman et Shulman, 2004). Elles tentent, par exemple, de trouver des moyens qui leur permettent de différencier leurs pratiques et d'aider les élèves qui font des essais et erreurs à préciser leurs concepts et ceux qui sont plus forts à analyser et à comprendre leurs actions. Par exemple, l'enseignante B, dans le cercle 2, fait des propositions pour amener les élèves qui ont appris certaines notions par cœur à remettre en question leur réponse et à la justifier.

Elles s'aperçoivent également de la valeur ajoutée des ressources numériques comme *Slice Fractions* et de son potentiel pour aider les élèves à s'autoréguler. En effet, l'enseignante B discute de l'importance des représentations visuelles. Elle valorise leur rôle dans *Slice Fractions* puisqu'elle remarque que les élèves ont de la facilité à comprendre le raisonnement qui porte sur les fractions et celui de leurs collègues grâce aux représentations visuelles. Cette réflexion l'amène à faire usage de représentations visuelles plus fréquemment dans ses pratiques subséquentes en classe ou à profiter de celles qui sont intégrées à l'application. Elle s'en sert pour faire réfléchir les élèves, s'assurer que tous comprennent et aider les plus faibles à conceptualiser. D'ailleurs, c'est ce qu'elle fait dans ses activités où elle reproduit parfois le dessin de bandes divisées en nombre varié de parties égales pour illustrer deux fractions équivalentes. Son objectif est de familiariser les élèves avec la représentation des fractions et de les aider à développer leurs apprentissages au-delà des simples manipulations dans le jeu. Elle a donc ajusté ses pratiques après avoir vu les effets qu'elles peuvent avoir sur les apprentissages des élèves (Guskey, 2009 ; Hattie, 2012).

De plus, les enseignantes mettent en évidence l'importance de l'erreur et prennent conscience de l'utilité d'un outil, comme *Slice Fractions*, qui permet à l'élève de faire de multiples essais et de voir leurs effets instantanément. Par exemple, l'enseignante B se rend compte que, pour que l'élève puisse verbaliser sa démarche, il importe qu'il se trompe et qu'il ait la chance de se

reprandre. Ceci suggère que les enseignantes perçoivent le potentiel du jeu à susciter une réflexion et à aider les élèves à développer leur raisonnement au-delà des simples essais et erreurs. Le processus d'apprentissage des élèves est donc très similaire à celui des enseignantes dans les cercles. En effet, les enseignantes ont plusieurs occasions de faire des essais d'une semaine à l'autre et d'observer les effets sur les apprentissages des élèves. Or, le fait de faire plusieurs essais, de réfléchir, de verbaliser, de raisonner là-dessus et d'en discuter en cercle a un effet sur les apprentissages professionnels des enseignantes et les amène à discerner des éléments dans la documentation sur vidéo qui contribuent aux changements dans leurs pratiques. Nous observons que les enseignantes voient l'effet potentiel de leurs pratiques et se perçoivent de plus en plus comme étant capables de les mettre en œuvre (Darling-Hammond et al., 2017 ; Guskey, 2009). Cette observation se traduit par une augmentation de leur engagement dans la tâche, en ce sens qu'elles anticipent l'effet de leur pratique et sont capables de la mettre en œuvre (Shulman et Shulman, 2004). En effet, selon les analyses de Fullan (2007), si l'enseignant a la chance de tester les pratiques, de comprendre leurs effets et d'apprendre de celles qui n'ont pas eu les résultats escomptés, son engagement à les développer augmentera davantage. C'est ce que soutiennent également Guskey (2009) et Darling-Hammond (2017), selon qui le changement peut être motivé par les observations d'effets d'une semaine à l'autre à travers le visionnement de documentations de pratiques sur vidéo.

### **5.2.2 Développement de l'engagement des enseignantes dans le développement de leurs pratiques**

L'engagement observé dans le développement des pratiques pédagogiques serait en lien avec la participation des enseignantes dans des réflexions sur leurs pratiques et sur leurs contributions aux apprentissages des élèves en lien avec l'intégration de la ressource numérique. Cette réflexion découle de l'alternance rapide entre des expérimentations en classe et des échanges dans les cercles. Elle est aussi fructueuse, car elle porte sur l'intégration des trois savoirs du modèle TPaCK (Mishra et Koehler, 2006). De tels échanges permettent de développer les savoirs des enseignantes sur les ressources numériques. Lorsque ces savoirs se développent, elles ont plus d'idées pour bonifier leurs pratiques. En voyant l'effet de leurs pratiques sur les apprentissages des élèves, elles ressentent le besoin de les ajuster et de concevoir des activités

qui répondent aux besoins de leurs élèves et à leurs attentes que ce soit en lien avec la verbalisation du raisonnement, la justification ou le développement du métalangage, ce qui joue un rôle dans le développement de leur vision au fil des cercles. Shulman et Shulman (2004) suggèrent que les enseignants s'engagent dans un changement dans leurs pratiques lorsqu'ils perçoivent un besoin qui les motive à développer leurs connaissances en cohérence avec leur vision. En effet, nous observons qu'en discutant autour de leurs pratiques pédagogiques et des apprentissages des élèves avec la ressource numérique, les enseignantes les analysent et réfléchissent à des moyens d'intégrer la ressource l'année prochaine. Elles mentionnent déjà des idées d'activités ou d'ajustements à leurs activités actuelles, ce qui illustre un certain niveau d'engagement dans le développement de leurs pratiques. Par exemple, dans le cercle 1, l'enseignante B réfléchit à la séance prochaine et propose de demander aux élèves d'expliquer leur raisonnement lorsqu'ils seront familiers avec l'application et qu'elle n'aura plus peur de les retarder dans le jeu, afin qu'elle y ait accès. Dans le même cercle, l'enseignante C s'imagine déjà utiliser l'application avec ses élèves l'année prochaine. Elle pense qu'elle aura gagné en maîtrise de l'application, d'ici là, grâce aux activités qu'elle a mises en œuvre et qu'elle conçoit et découvre avec ses collègues. Cet engagement se poursuit dans les cercles 3 et 4. Dans le cercle 3, par exemple, l'enseignante A observe que l'application est utile pour préparer ses élèves à la 5<sup>e</sup> année. Elle suggère que l'enseignante de 5<sup>e</sup> année fasse référence à des exemples travaillés dans *Slice Fractions* en 4<sup>e</sup> année. Son intervention souligne un potentiel de travail collaboratif entre des enseignantes de différents niveaux pour assurer une fluidité dans l'intégration de l'application d'une année à l'autre. L'enseignante A exprime, dans le cercle 4, qu'elle va « sûrement utiliser l'application » l'an prochain. Elle réfléchit à des ajustements dans ses activités et propose, par exemple, de présenter l'application avant d'aborder le concept de fraction et non après comme c'était le cas cette année. Elle conserverait aussi certains aspects de ses activités de l'année en cours. Par exemple, elle demanderait aux élèves de présenter leur raisonnement et d'expliquer leur démarche avant de les laisser résoudre les défis, car elle trouve que c'est un aspect enrichissant.



### 5.2.3 Développement des pratiques

Durant les rencontres en cercle pédagogique, les enseignantes observent leurs pratiques respectives et réussissent à identifier les effets positifs sur les apprentissages des élèves ou entendent leurs collègues parler de ces effets positifs, ce qui les encourage à les reproduire. En effet, Darling-Hammond et Richardson (2009) soulèvent l'importance d'observer les pratiques pédagogiques en groupe afin d'en ressortir les impacts. C'est le cas de l'enseignante C qui, en visionnant la pratique de l'enseignante B, exprime l'envie de faire un retour en grand groupe également avec ses élèves en les questionnant pour les amener à développer leur raisonnement.

Nous observons aussi que, lors des cercles, les enseignantes prennent le temps de réfléchir et de discuter de leurs activités. Ce faisant, elles développent de nouvelles idées pour leurs prochaines activités. En effet, en discutant de l'apport de l'application, leur intérêt pour cette ressource s'accroît et elles arrivent à mieux voir son potentiel. Par conséquent, elles conçoivent, en partie durant les cercles, des activités où l'application est une valeur ajoutée et non juste un complément. Par exemple, l'enseignante A commence avec une activité de retour en grand groupe à la semaine 1 et, dans les échanges dans le cercle 1, s'aperçoit qu'il serait probablement plus efficace de familiariser les élèves avec la démarche et le raisonnement avant de les laisser travailler dans l'application. Elle réfléchit alors, durant le cercle 1, à son activité 2 qu'elle décide d'amorcer par un questionnement avec *Nearpod* pour développer la démarche de résolution chez les élèves avant de les inviter à résoudre les défis dans l'application. Elle utilise ainsi *Slice Fractions* pour développer le raisonnement des élèves et leur métalangage. L'enseignante B anime aussi un échange en grand groupe où elle invite les élèves à présenter différentes possibilités pour leur permettre de voir que, dans le jeu, il est plus efficace de raisonner avant de faire des actions non réfléchies. Dans le cercle 1, elle explique que le retour en grand groupe a permis aux élèves de s'apercevoir qu'il existe un raisonnement derrière chaque solution. Dans sa deuxième activité, elle élabore sur ce concept en demandant aux élèves d'écrire leur raisonnement sur papier. C'est peut-être dû au fait que l'enseignante B s'est aperçue du potentiel de l'application et de la capacité de ses élèves à élaborer un raisonnement tout en essayant de résoudre les défis. Elle cherche donc à consolider cette pratique en leur demandant de le rédiger. Durant l'activité 3, une fois qu'elle est devenue consciente que ses élèves sont capables de rédiger et de verbaliser leur

raisonnement, l'enseignante B leur demande de le justifier. Nous observons alors que sa pratique se développe d'une semaine à l'autre en fonction de ce qu'elle voit comme effet de sa gestion de l'application sur les apprentissages de ses élèves.

Dans leurs discussions lors des cercles, les enseignantes échangent sur des points spécifiques qui les intéressent et qu'elles souhaitent développer comme l'intégration de la ressource numérique en lien avec la mise en œuvre de leurs pratiques, notamment le questionnement, évoqués lors des cercles 2 et 3, et la guidance évoquée lors du cercle 1. En décrivant leurs idées pour les prochaines activités, les enseignantes les justifient en expliquant en détail leur faisabilité et en analysant les effets sur les apprentissages des élèves qu'elles seront susceptibles d'observer. Par ailleurs, elles se demandent si l'activité permet de développer le raisonnement des élèves, de réduire le nombre des essais non réfléchis et de favoriser la verbalisation. Elles perçoivent donc l'interdépendance des trois savoirs, disciplinaires, pédagogiques et ceux en lien avec les ressources numériques, lors de la planification des activités, ce qui est un effet probable de ce type d'échanges en cercle d'après Miller (2007).

Nous constatons que le développement dans les pratiques peut être dû au fait que les enseignantes réfléchissent sur les trois savoirs en même temps et enrichissent la conversation autour de leurs intérêts et questionnements. En effet, selon Darling-Hammond (2017) et Guskey (2010), ainsi que selon les analyses de Lafortune (2008), les échanges, les réflexions et les analyses de pratiques favorisent la construction de nouveaux concepts et le développement de nouvelles pratiques, ce qui permet aux enseignantes de s'ouvrir au changement. De plus, dans ces échanges, les idées émergent d'un besoin ou d'un questionnement qui vient des enseignantes, contribuant ainsi à leur engagement dans le développement de leurs pratiques.

#### **5.2.4 Collaboration et propositions de pistes de développement en termes de pratiques pédagogiques**

Les échanges en cercle pédagogique peuvent être qualifiés de riches. Dans ces échanges, les intentions des enseignantes étaient étroitement liées aux besoins des élèves et au développement de leurs apprentissages. Chacune des trois enseignantes prenait la parole et exprimait ses idées, ce qui rendait les échanges féconds et les réflexions profondes. Comme mentionné dans les sections précédentes, dans leurs propos, les enseignantes travaillent à

l'interprétation des erreurs des élèves et cherchent à réguler leurs pratiques en fonction de leurs besoins, ce qui sous-tend un engagement dans le développement des pratiques selon le modèle de Shulman et Shulman (2004). Pour illustrer ces observations, dans cette section, nous présenterons des exemples de pistes de développement proposées par les enseignantes.

Durant les échanges, les enseignantes se questionnent pour mieux comprendre ce que leurs élèves font et elles tentent d'expliquer ce que cela signifie. Ce faisant, elles identifient les éléments qui pourraient accroître l'effet de l'intégration de l'outil numérique et amener les élèves à cheminer dans leur raisonnement et à le verbaliser avec précision. Par exemple, dans le cercle 3, l'enseignante B envisage d'ajouter à sa pratique des nouvelles façons de représenter les fractions pour que les élèves aient plus de facilité à conceptualiser. Elle reconnaît que cela aiderait les élèves à réussir des niveaux dans *Slice Fractions*. Elle continue à varier les représentations et met en œuvre le questionnement dans ses prochaines activités, puisqu'elle s'aperçoit que les élèves verbalisent davantage dans ce contexte, ce qui illustre un développement de sa pratique. Nous constatons donc que l'enseignante B réalise, d'une part, l'importance d'utiliser les représentations visuelles pour aider les élèves à comprendre le raisonnement de leurs camarades, d'autre part, l'apport du questionnement pour aider les élèves à verbaliser.

Les rencontres dans les cercles permettent aux enseignantes d'observer des similitudes entre leurs pratiques respectives et la démarche des élèves des autres classes. Ces observations leur permettent de faire des liens avec le travail de leurs propres élèves et les difficultés qu'ils rencontrent et de réfléchir aux points communs, en écoutant les interventions de leurs collègues. De plus, les échanges dans les cercles permettent aux enseignantes de partager leurs propres expériences pour proposer des idées de pratiques et d'activités qui permettent de cibler les besoins de leurs élèves compte tenu de ce qu'elles observent sur la documentation sur vidéo et en classe. En confrontant leurs observations, elles identifient des pistes de développement inspirées de leurs idées respectives et s'y basent pour construire ou préciser leurs pratiques. Par exemple, dans le cercle 2, afin de soutenir les apprentissages dans le jeu, les enseignantes mentionnent à plusieurs reprises des idées pour aider les élèves à verbaliser ou à tirer des apprentissages du jeu. L'enseignante C suggère d'utiliser les LEGO comme outil de manipulation alors que l'enseignante A suggère le dessin pour la même visée et pour les encourager à

verbaliser, car elle a remarqué que ses élèves sont plus à l'aise avec le dessin pour s'exprimer. Ce faisant, les enseignantes s'engagent dans un dialogue cognitif comme le conçoit Barth (2004) puisque, durant leur échange, elles perçoivent des éléments qu'elles n'avaient pas remarqués avant que ce soit dans le discours ou dans les pratiques de leurs collègues et elles affinent leur argumentation. Elles justifient également leurs suggestions lorsqu'elles sont différentes de celles de leurs collègues, en faisant référence à ce qu'elles observent chez leurs élèves en classe. Elles manifestent aussi leur intention d'essayer, dans les prochaines activités, les méthodes proposées. Par exemple, l'enseignante C suggère de questionner les élèves, comme l'enseignante B, mais de faire attention à les laisser répondre eux-mêmes sans leur donner la réponse et de donner la chance à tous les élèves de participer et d'écouter leurs réponses respectives avant de donner la bonne réponse. D'ailleurs, nous observons une transposition de ces idées dans les activités 4 de chaque classe, puisque les enseignantes utilisent le dessin dans *Nearpod* et questionnent fréquemment leurs élèves pour qu'ils justifient leurs réponses. Pour résumer, nous constatons qu'en écoutant et en observant les pratiques de leurs collègues, les enseignantes s'en inspirent pour les développer et planifier leurs prochaines activités. Nous constatons également que les échanges dans les cercles permettent aux enseignantes de faire des liens avec leurs pratiques déjà établis en classe et de réfléchir à des moyens pour les adapter en intégrant la ressource numérique.

Les pistes de développement conçues par les enseignantes sont le fruit d'un travail collaboratif durant les cercles où les enseignantes construisent leurs activités en s'inspirant des idées de leurs collègues et en les enrichissant. Par exemple, l'enseignante C pense mettre en œuvre l'activité de retour en grand groupe de l'enseignante B tout en faisant travailler les élèves avec des LEGO. De son côté, l'enseignante B aide l'enseignante C à s'imaginer un scénario avec l'usage des LEGO pour représenter le défi présent dans *Slice Fractions*. Aussi, dans le cercle 2, nous assistons à un échange riche entre les trois enseignantes durant lequel l'enseignante B partage son intention de faire travailler les élèves sur papier pour les faire réfléchir à la justification de certains raisonnements d'élèves fictifs avant de les laisser manipuler dans l'application. Ne voulant pas que ses élèves voient les fractions sur l'image suivante, ce qu'elle ne peut contrôler sur papier, l'enseignante A propose de faire une activité similaire à celle de l'enseignante B, mais avec

*Nearpod*. Elle précise donc qu'elle aimerait faire réfléchir les élèves au raisonnement à partir d'une saisie d'écran, mais qu'elle partagerait dans *Nearpod* et qu'elle ne leur proposerait pas d'hypothèses de solution afin de les encourager à réfléchir seuls. Elle ajoute qu'elle enregistrerait les élèves. L'enseignante B adopte cette dernière idée de l'enseignante A et l'ajoute à son activité afin de pouvoir accéder à ce qui se passe dans la tête de ses élèves pendant la tâche.

Nous observons alors que les décisions des enseignantes sont construites à partir des échanges et restent toujours en lien avec les intentions de chacune. En effet, les analyses de Darling-Hammond et Richardson (2009) suggèrent que, lorsque les enseignantes travaillent en collaboration pour discuter et comprendre les pratiques mises en œuvre, ils s'entraident pour trouver des moyens pour intégrer les nouvelles stratégies dans leurs cours. Ces échanges sont aussi fructueux parce que les enseignantes ont eu la chance de mettre en pratiques leurs idées en classe et de voir leurs effets. Elles ont pu faire plusieurs essais comme le suggère Guskey (2009) et ajuster leurs activités et leurs pratiques après chaque essai.

### **5.3 Discussion**

Dans cette section, nous voulons revenir sur nos objectifs de recherche pour voir comment nos résultats et notre interprétation nous informent sur les conditions à mettre en œuvre pour qu'une intégration des ressources numériques et un travail en cercle pédagogique jumelé à un soutien à l'appropriation en classe favorisent la mise en œuvre des pratiques pédagogiques et leur développement. Dans un premier temps, nous nous attarderons sur l'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques et nous discuterons du développement des pratiques associées aux quatre principes pédagogiques soutenus par les ressources numériques. Ensuite, nous aborderons le soutien du développement professionnel des enseignantes.

#### **5.3.1 Intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques**

Les trois enseignantes arrivent à la première rencontre avec la même préoccupation qui est celle d'éviter que les élèves fassent des essais non réfléchis pour résoudre les défis dans la ressource *Slice Fractions*. Elles ont également des doutes sur la capacité des élèves à élaborer un raisonnement en travaillant dans l'application. En tentant de répondre à leurs préoccupations, compte tenu de leurs connaissances antérieures sur les ressources numériques, nous observons

le déploiement de trois démarches différentes à travers lesquelles se manifeste la mise en œuvre des quatre principes retenus (voir Tableaux 19, 22, 25 et 30). Les enseignantes A et B intègrent des animations de groupes dès leur première activité. Celles-ci sont placées à la fin de la séance, c'est-à-dire après le travail des élèves dans *Slice Fractions*. À l'inverse, à la suite d'un raisonnement pédagogique, les enseignantes ont décidé de mettre le travail en groupe au début des trois activités suivantes. L'enseignante C ne fait pas d'animation en grand groupe lors de la première activité. Elle fait une animation en grand groupe à la fin de la deuxième et la troisième séance et au début lors de la quatrième et dernière séance. Afin de mieux soutenir le développement du raisonnement chez leurs élèves, l'enseignante A intègre une deuxième ressource numérique, *Nearpod*, dès la deuxième activité, alors que l'enseignante B met en place une démarche d'abord basée sur l'impression sur papier de défis présents dans *Slice Fractions* avant de permettre aux élèves de valider leur démarche dans l'application dans un deuxième temps dans les activités 2 et 3, tandis que l'enseignante C fait appel à des représentations plus institutionnalisées lors de ces deux activités. En observant les démarches des trois enseignantes, nous estimons qu'avoir des connaissances antérieures donne lieu à trois démarches de transpositions en partie distinctes et qu'avoir une certaine familiarité avec la ressource numérique ou avec les pratiques pédagogiques à mettre en œuvre semble favoriser l'intégration des deux en classe. En effet, l'enseignante A est une jeune enseignante qui avait déjà installé *Slice Fractions* sur son iPad personnel, donc elle connaît déjà l'application bien qu'elle ne l'ait pas encore expérimentée avec ses élèves en classe. Dans les premières activités, l'enseignante B emploie *Slice Fractions* dans une démarche identique à ce qu'elle faisait déjà en classe avec d'autres outils comme *Tangram*, c'est-à-dire comme un moyen pour faire réfléchir ses élèves avant de discuter avec eux de leurs solutions. Pour ce faire, elle met en œuvre des pratiques pédagogiques avec lesquelles elle est à l'aise. L'enseignante C fait également appel à des pratiques pédagogiques qu'elle met en œuvre en général. Toutefois, son activité se situe davantage dans une démarche institutionnalisée qui ressemble à ce que les élèves peuvent faire lorsqu'ils travaillent dans un cahier d'exercices après avoir exploré *Slice Fractions*. Nous remarquons que, dans ces différents parcours, lorsqu'elles planifient leurs activités, les enseignantes se basent sur leurs connaissances antérieures et font appel à des pratiques

pédagogiques avec lesquelles elles sont familières, ce qui rend possible un développement progressif. Un dispositif de développement professionnel de type cercle pédagogique doit situer les intentions de développement dans la ZPD des enseignantes pour que les pratiques visées et la qualité de l'intégration des ressources numériques soient à leur portée. Pour ce faire, le formateur peut leur offrir du soutien (Darling-Hammond, 2017). En effet, nous remarquons l'effet du soutien offert aux enseignantes lorsqu'elles animent une activité en classe en faisant appel à une nouvelle ressource numérique. Par exemple, l'enseignante A cherche une ressource numérique qui va appuyer son utilisation de *Slice Fractions* et lui permettre de faire réfléchir les élèves pour qu'ils anticipent une démarche avant de les faire travailler dans le jeu. Elle utilise donc *Nearpod* en plus de *Slice Fractions*. Malgré la progression rapide, cette intégration reste dans la ZPD de l'enseignante, car elle est familière avec les pratiques pédagogiques qu'elle met en œuvre, mais aussi parce qu'elle reçoit un soutien à l'appropriation et à l'intégration progressive des ressources numériques qu'elle souhaite mettre en œuvre, qui tient compte de ses connaissances antérieures et de son niveau de préparation (*Readiness*) comme l'évoque l'EEF (2021). Il est donc important de rendre visibles les connaissances mobilisées par les enseignantes et leur progression pour que le formateur puisse réguler son accompagnement.

Dans l'activité 1, un deuxième exemple permet d'illustrer le rôle du formateur. L'enseignante A demande aux élèves de faire un dessin sur une page blanche afin de dire ce qu'ils voient dans le défi de *Slice Fractions*. N'ayant pas une image de fond sur laquelle se baser pour indiquer ce qu'ils voient, les élèves devaient dessiner le défi au complet, ce qui leur a pris du temps et a fait en sorte que l'enseignante n'a pas pu compléter l'animation de l'entièreté de son activité prévue. Ce faisant, la question qui avait pour objectif d'amorcer la réflexion sur une démarche efficace à suivre pour résoudre un défi s'est transformée en un prétexte pour que les élèves expliquent la démarche complète qu'ils pensent suivre pour résoudre le défi en question. Elle n'a donc pas eu tous les effets attendus. Dans un contexte de développement professionnel, il faut faire attention à ce genre de situation, car elles peuvent décourager l'enseignant relativement à l'utilisation de la ressource numérique. Dans le cas de l'enseignante A, elle n'était pas complètement satisfaite de son intégration de la ressource la première fois, mais elle a su détecter le problème seule et a compris que c'est l'absence d'une image de fond qui posait le problème. Elle était donc prête à

donner une deuxième chance à la ressource numérique en précisant son usage. Pour ce faire, elle a posé des questions à la formatrice à la suite de l'activité, ce qui lui a permis de découvrir que *Neapord* permettait de mettre des images de fond sur lesquelles les élèves peuvent dessiner au lieu de le faire sur une page blanche. Elle a ensuite utilisé avec succès cette fonctionnalité dans les activités ultérieures. Une autre enseignante aurait pu considérer son expérience comme un échec et éviter de la reprendre. En effet, Tomlinson et Imbeau (2013) expliquent qu'un enseignant peut avoir le sentiment d'échouer si sa pratique en classe ne donne pas les résultats escomptés. En étant à l'affût de ce type de situation, le formateur peut procéder par le questionnement pour tenter de garder la tâche dans la ZPD des enseignants et offrir un accompagnement pour que l'intégration de la ressource se déroule dans des conditions fécondes.

Aussi, un cercle pédagogique doit permettre de tenir compte des connaissances antérieures des enseignantes en leur proposant de discuter de leurs propres expériences et à partir de ce qu'elles ont l'habitude de faire plutôt qu'en leur imposant des sujets de discussion qui sont loin de leur réalité actuelle. Elles ont ainsi la possibilité de discuter à partir de ce qu'elles savent déjà et de développer ces connaissances en échangeant avec leurs collègues. Il y a donc place à l'émergence d'un dialogue cognitif dans lequel se construisent les connaissances des uns et des autres à partir des échanges (Barth, 2004). Les échanges dans les cercles pédagogiques semblent également contribuer au développement des pratiques lorsqu'elles portent sur les effets des usages faits en classes (Guskey, 2009), permettant ainsi aux enseignantes B et C de s'engager dans l'exploration de nouvelles ressources numériques. Par exemple, la ressource *Nearpod* n'était peut-être pas dans la ZPD des enseignantes B et C dès l'activité 2, mais en observant et analysant, en cercle pédagogique, la pratique de l'enseignante A à la suite de sa deuxième activité où elle a intégré cette ressource, les enseignantes B et C ont perçu son potentiel et ont commencé à réfléchir à son intégration progressive. Elles sont devenues prêtes à l'explorer avec un soutien à l'activité 4. En effet, la posture réflexive suggérée par le modèle de Shulman et Shulman (2004) est mise en œuvre lors des rencontres en cercle pédagogique pour échanger sur les pratiques et analyser leurs effets, ce qui contribue également à accroître l'engagement des enseignantes dans le développement de leurs pratiques, selon ce même modèle, comme nous l'examinerons dans la section suivante.



L'application *Slice Fractions*, par sa nature basée sur les manipulations, offre un potentiel pour rendre visible le travail des élèves. Cette visibilité dépend, cependant, du travail de l'enseignante et de sa capacité à observer ce que les élèves font dans l'application. Par exemple, lorsque les élèves travaillent individuellement sur leur tablette, l'enseignante peut circuler dans la classe, observer leurs manipulations et s'apercevoir des connaissances qu'ils mobilisent. Par ailleurs, en plus de faire travailler les élèves seuls dans l'application, dans certaines activités, les enseignantes A et B invitent quelques élèves à travailler sur l'iPad tandis que la caméra document diffuse le contenu de l'écran sur le TNI, ce qui contribue également à rendre visibles la stratégie de résolution pour l'ensemble de la classe. L'intérêt de cette démarche est de permettre aux élèves d'écouter le raisonnement de leurs camarades et d'amorcer éventuellement un dialogue cognitif pour essayer de le comprendre, comme le suggère Barth (2004). Ainsi, la démarche pour rendre visibles les apprentissages n'est pas uniquement utile pour permettre à l'enseignante de comprendre le raisonnement des élèves, mais aussi pour permettre aux élèves de comprendre les réponses de leurs camarades et de tenter de corriger leurs conceptions erronées. De plus, lors des activités 2 et 3, l'enseignante B demande à ses élèves d'écrire leur raisonnement sur une feuille avant de le tester dans *Slice Fractions*. Cette stratégie permet aux élèves de voir si leur raisonnement est bon ou mauvais et de préparer leurs questions pour en discuter en grand groupe, l'objectif étant qu'ils puissent se corriger eux-mêmes. Ce faisant, les élèves semblent avoir davantage confiance lorsqu'ils sont invités à venir présenter leur démarche, peu importe leur niveau d'exactitude, ce qui fait émerger des dialogues cognitifs plus élaborés qui les amènent à comprendre le raisonnement de leurs camarades et à corriger le leur s'il y a lieu. Toutefois, dans le cadre de cette démarche, si l'enseignante souhaite prendre connaissance du raisonnement de chaque élève pour obtenir un portrait plus précis et représentatif, elle doit ramasser les feuilles, se promener entre les équipes ou les questionner pour qu'ils expliquent ou justifient leur démarche en faisant des manipulations sur l'iPad. Dans l'activité 2 de l'enseignante C, les élèves font un exercice mathématique en grand groupe. L'enseignante C s'inspire d'un défi de *Slice Fractions* pour donner aux élèves des exemples de fractions et les faire travailler sur l'équivalence. Ces démarches permettent aux enseignantes de porter un jugement sur la progression des élèves afin de s'assurer que les défis se situent dans leur ZPD. Toutefois, dans tous ces types d'activités,

les trois enseignantes ont seulement accès aux réponses de quelques élèves, en raison de la contrainte de temps. Elles doivent, par exemple, sélectionner les élèves qui lèvent la main pour venir présenter leur démarche à l'avant. Pour remédier à la contrainte de temps et pouvoir plus facilement avoir accès aux réponses de tous les élèves, les trois enseignantes utilisent *Nearpod* (activités A-2, A-3, A-4, B-4 et C-4) qui leur permet de s'assurer que tous les élèves répondent et de voir leurs réponses permettant ainsi de mettre en œuvre plus aisément le premier et le deuxième principe pédagogique soit de situer la tâche dans la ZPD des élèves et de rendre visibles leurs apprentissages. Toutefois, si un enseignant veut faire cet usage de *Nearpod*, il faut qu'il demande aux élèves de rédiger leurs réponses dans l'application et leur donne assez de temps pour y réfléchir. Afin de soutenir leur réflexion, similairement à la démarche des trois enseignantes, il peut aussi diviser la démarche de résolution en questionnant les élèves dans *Neaprod* en quatre temps pour les aider à élaborer leur raisonnement et à se corriger d'une question à l'autre pour arriver à la fin de l'exercice avec une compréhension plus étoffée de la nature du raisonnement attendu.

Nous observons également que les élèves qui réussissent à élaborer une démarche de résolution dans *Nearpod* prennent en général le temps de réfléchir avant de faire des manipulations et font moins d'essais pour réussir. C'est même le cas de certains élèves qui semblaient plus en difficulté lors du travail en grand groupe avant la séance de travail dans l'application. Cette observation suggère que, dans une classe, il est fécond d'utiliser un dispositif qui permet à l'enseignant d'avoir accès aux réponses de tous les élèves pour pouvoir mieux cibler leur besoin et ajuster la tâche pour qu'elle reste dans leur ZPD. Toutefois, pour que cette démarche soit réussie, il faut que, sur le plan pédagogique, l'enseignant conçoive à l'avance des questions ouvertes qui suscitent l'élaboration d'un raisonnement (Smith et Stein, 2011) et qu'il puisse rapidement regarder les réponses au fur et à mesure qu'elles sont émises afin de choisir celles qui présentent des raisonnements exacts ou erronés et seraient donc fécondes à partager avec le groupe pour favoriser la compréhension. Autrement, l'enseignant utilise une ressource qui permet un questionnement fécond, mais ne l'exploite pas de façon à rendre visibles les apprentissages de tous. C'est le cas, par exemple, lorsque l'enseignant questionne les élèves puis donne la parole à un seul et demande à son camarade de le corriger s'il se trompe au lieu de tenter d'utiliser la

réponse de cet élève pour réguler sa pratique afin de l'amener à se corriger ou afin d'utiliser son raisonnement comme contre-exemple et susciter des discussions en classe qui permettront de corriger les incompréhensions des uns et des autres.

Dans notre cadre conceptuel, nous avons émis le postulat que le fait d'avoir accès aux réponses de tous les élèves permet aux enseignants de réguler leurs interventions pour les inviter à corriger les erreurs (Smith et Stein, 2011 ; Wood et Turner-Vorbeck, 2001). Dans le cas présent, les enseignantes se régulent essentiellement en posant à l'oral des questions complémentaires à celles qu'elles ont déjà préparées dans *Nearpod*. Elles contribuent ainsi à garder la tâche dans la ZPD des élèves. Nos résultats suggèrent que, si les élèves sont avancés, les enseignantes peuvent leur permettre d'élaborer leur raisonnement pour aller encore plus loin. S'ils n'ont pas encore la bonne réponse, elles peuvent guider leur raisonnement en les faisant réfléchir à leur réponse ou à celle de leurs camarades dans un dialogue cognitif comme le suggère Barth (2004). Les questions peuvent ainsi être employées pour offrir des rétroactions ou de la guidance et accompagner ainsi les élèves dans leur travail dans l'application afin de soutenir l'élaboration d'un raisonnement. Les élèves semblent en bénéficier puisqu'ils reproduisent un raisonnement similaire lors du travail dans *Slice Fractions* pour résoudre les défis rencontrés. Les enseignantes augmentent le défi pour ceux pour qui cela semble facile en les questionnant pour qu'ils justifient leur réponse, par exemple.

Nous observons également un développement du regard professionnel des enseignantes. En effet, lorsque le questionnement se faisait sans *Nearpod*, lors de la première activité par exemple, les enseignantes A et B demandaient à des élèves volontaires de venir présenter leur démarche. Au fur et à mesure qu'elles avançaient dans les activités, elles demandent s'il y a des élèves qui ont eu une autre démarche et invitent ceux-ci à venir à l'avant pour la présenter. Il y a donc une évolution dans la perception des enseignantes de l'utilité d'interpeler les élèves pour qu'ils expliquent leur démarche. De plus, les enseignantes perçoivent de plus en plus l'importance de sélectionner des réponses parmi celles données et de bien en choisir celles qui sont fécondes pour être partagées avec la classe, c'est-à-dire celles qui peuvent contribuer à développer la compréhension des uns et des autres. De plus, d'une séance à l'autre, les élèves manifestent de plus en plus leur intérêt à présenter leur raisonnement même lorsque celui-ci leur semble inexact

afin qu'ils puissent en discuter et comprendre leurs erreurs. Aussi, une fois dans le jeu, les enseignantes voient si les élèves appliquent une démarche de résolution féconde en se posant des questions à chaque étape comme lorsqu'ils travaillaient dans *Nearpod*. Cette progression dans la pratique des enseignantes est représentative d'un effort de régulation qu'elles ont réussi à faire lorsqu'elles ont pu voir ce que les élèves sont capables de réaliser dans l'application et accéder à leur raisonnement en rendant visibles leurs apprentissages. C'est un des effets attendus de ce principe, selon Hattie (2009). Afin que les enseignants parviennent à prendre des décisions adaptées et rapides résultant des observations faites en classe, il devient de plus en plus important qu'ils développent leur fluidité à mettre en œuvre des pratiques pédagogiques en s'exerçant à intégrer les trois savoirs soit les savoirs disciplinaires, pédagogiques et ceux relatifs aux ressources numériques, comme le suggèrent Mishra et Koehler dans leur modèle TPaCK (2006). Nous observons que le dispositif mis en œuvre offre les conditions requises pour que les enseignants puissent observer, à plusieurs reprises, l'effet d'un apprentissage visible sur leur propre vision, pratiques, connaissances et engagement, qui correspondent aux quatre dimensions du modèle de Shulman et Shulman (2004). De plus, la posture réflexive suggérée par le modèle de Shulman et Shulman (2004) contribue également au développement du regard professionnel des enseignantes puisqu'elles commencent à détecter les éléments qui leur permettent de juger de l'efficacité de celles-ci (Sherin et Van Es, 2009). Il s'agit par exemple, comme dans le cas présent, de la capacité des élèves à transposer une démarche de raisonnement pour résoudre plus rapidement un problème dans *Slice Fractions*. Nous revenons sur cette observation dans la prochaine section qui porte sur le développement professionnel.

Les représentations fécondes aident les élèves à verbaliser leur raisonnement et à faire des liens entre les savoirs institutionnalisés et le jeu (Arcavi, 2005 ; Devlin, 2018 ; Stylianou et Silver, 2004). C'est ce que nous observons dans les activités où les enseignantes font un questionnement dans *Nearpod* et ajoutent des images de leur choix. Certaines sont des images qui proviennent de *Slice Fractions* que les enseignantes ont parfois modifié selon ce que requiert la question posée. Elles invitent aussi les élèves à dessiner eux-mêmes, soit sur une page blanche, soit par-dessus les images insérées dans l'application. Toutefois, ces images sont fixes et ne peuvent pas être manipulées comme dans le jeu. D'un autre côté, le fait de dessiner sur l'image aide les élèves à

expliquer leur raisonnement. Dans les activités où les élèves sont invités à consigner une réflexion sur papier avant de faire des manipulations dans le jeu, les représentations visuelles sont des images imprimées de *Slice Fractions*. Comme avec *Nearpod*, les élèves peuvent dessiner par-dessus l'image, mais ils ne peuvent pas faire de manipulations pour voir l'effet de leurs actions. L'enseignante B en profite pour leur demander de réfléchir à la solution du défi uniquement en regardant la représentation visuelle de celui-ci, dans l'activité 2. Comme expliqué précédemment, elle les incite ainsi à réfléchir et à émettre des hypothèses pour les tester ensuite et voir leur exactitude. Les élèves confrontent ensuite leurs façons de faire dans un dialogue cognitif qui porte sur des savoirs qui ont été validés et justifient leur raisonnement. Ainsi, ils tentent de comprendre le raisonnement de leurs camarades et le comparent au leur (Barth, 2004). Tandis que, dans la classe A, ce dialogue porte sur les savoirs qui ont été anticipés dans *Nearpod*, mais pas encore validés. Dans le premier cas, nous observons que les élèves ont davantage tendance à justifier leurs réponses. Ils ont aussi la possibilité de faire des essais dans l'application pour tester leur démarche. En ayant l'assurance qu'elle fonctionne, à la suite des rétroactions offertes par le jeu, ils ont plus confiance pour la partager et la justifier. Dans le deuxième cas, les élèves développent leur capacité à anticiper leur démarche. C'est sur ces démarches anticipées que porte le dialogue cognitif qui permet de les valider ou de les corriger. La mise en œuvre de l'une ou de l'autre de ces deux conditions permet aux élèves de profiter du travail en grand groupe pour corriger leurs erreurs et aller au-delà du simple essai. De plus, le fait d'informer les élèves qu'ils devront expliquer leur démarche les encourage à s'engager dans une réflexion avant de faire des essais dans le jeu. Aussi, en écoutant le raisonnement de leurs camarades lors des échanges en grand groupe, ils se rendent compte qu'il y a un raisonnement derrière les essais et que ce ne sont pas de simples manipulations non réfléchies.

Certaines ressources peuvent offrir une forme de soutien, sous la forme d'indices dans le cas présent (Gee, 2003 ; Herz, 1997 ; Long et Aleven, 2017). Ces indices peuvent contribuer à garder la tâche dans la ZPD des élèves. C'est ce que nous observons dans le travail des élèves dans *Slice Fractions*, mais le danger des indices est que les élèves arrêtent de faire l'effort de chercher la solution par eux-mêmes et décident de générer des essais successifs en espérant avoir la bonne réponse éventuellement. Nous observons que certaines conditions lorsque réunies font en sorte

que, même lorsque les élèves s'aident parfois des indices, ils le font afin de pouvoir avancer et ne pas rester bloqués longtemps, mais ils développent quand même un raisonnement d'un essai à l'autre et ne se contentent pas de faire des essais au hasard chaque fois. Par exemple, l'enseignant peut inviter les élèves à réfléchir à une démarche de résolution, comme dans les activités 2, 3 et 4 de l'enseignante A et les activités 4 des enseignantes B et C, ensuite les inviter à faire des essais dans le jeu. Il peut aussi les inviter à émettre des hypothèses et les tester dans le jeu pour en discuter ensuite en grand groupe comme dans les activités 2 et 3 de l'enseignante B. En effet, dans ces activités où les élèves sont invités à faire une réflexion sur papier avant de faire des manipulations dans le jeu, ils ont la possibilité, lorsqu'ils travaillent à deux, de discuter avec leur camarade pour élaborer leur raisonnement et affiner leur compréhension. Ainsi, ils s'entraident au lieu de rester bloqués sur une question. Le fait de pouvoir tester leur réponse dans le jeu, juste après avoir émis leurs hypothèses, leur permet de recevoir une rétroaction assez rapidement sous forme de réponse à leurs actions et de se corriger. Dans une classe, il serait donc intéressant d'avoir des applications capables d'offrir une forme de soutien aux élèves pour éviter qu'ils restent bloqués lorsque l'enseignante ne peut pas être présente avec eux pour soutenir leur raisonnement. Toutefois, lorsque c'est le cas, il faut que sur le plan pédagogique, les élèves soient amenés à anticiper les réponses avant de faire des manipulations dans le jeu. De cette manière, en voyant que leur raisonnement fonctionne dans le jeu et leur permet d'avancer, ils ont le sentiment que la tâche est dans leur ZPD. De plus, il faut prévoir des moments de retour en grand groupe pour pouvoir écouter le raisonnement des élèves et ainsi mieux discerner les effets qu'a l'activité sur leurs apprentissages.

Il est important d'anticiper les réponses des élèves et de les aborder dans un ordre précis afin de pouvoir en discuter pour favoriser l'organisation des connaissances et l'élaboration de liens entre les idées (Smith et Stein, 2011 ; Wood et Turner-Vorbeck, 2001). C'est ce que nous observons dans les activités où les enseignantes font un questionnement dans *Nearpod*, elles conçoivent les questions à l'avance et les ajoutent dans un ordre précis dans l'objectif de favoriser graduellement le développement d'un raisonnement. Elles anticipent ainsi les réponses des élèves et les guides dans leur réflexion afin qu'ils puissent appliquer une démarche efficace de résolution d'un défi dans *Slice Fractions* une fois dans le jeu. Le travail de conceptualisation se fait

donc à travers des questions qui portent à la fois sur des représentations institutionnalisées et sur des stratégies dans le jeu permettant ainsi aux élèves de faire des liens entre les deux. Lorsqu'ils ont de la difficulté à le faire, les enseignantes font des dessins au tableau pour les guider. Par exemple, dans l'activité 2, nous observons que lorsque les élèves font l'exercice mathématique en grand groupe, l'enseignante C fait un dessin au tableau qui accompagne la question pour apporter un soutien visuel. Dans l'activité 3, elle invite les élèves à venir dessiner au tableau pour les aider à expliquer leur raisonnement. Ces dessins au tableau sont similaires à ce que nous pouvons retrouver dans un cahier d'exercices, ce qui contribue à la création de liens entre le travail dans le jeu et les savoirs institutionnalisés. D'ailleurs, dans les deux autres types d'activité, soit celle avec *Nearpod* et celle sur papier, les enseignantes font également des dessins du même genre au tableau. Cette observation nous apprend qu'une telle démarche aide les élèves à faire le lien avec le curriculum et à trouver ainsi la bonne démarche à suivre dans le jeu ou à comprendre pourquoi leur démarche ne fonctionne pas. Une autre façon de favoriser la conceptualisation est de demander aux élèves d'expliquer leur démarche en faisant appel au métalangage. En s'aidant du visuel qui est dans *Nearpod* et qui s'inspire du jeu *Slice Fractions*, les élèves utilisent le métalangage pour expliquer leur raisonnement, développant ainsi leur compréhension du concept et faisant des liens avec les savoirs institutionnalisés. Ils ont ainsi plus de facilité à passer des représentations concrètes dans le jeu à celles plus abstraites dans un cahier d'exercices. De plus, parfois les enseignantes A et B écrivent les équations au tableau pour faciliter davantage la construction de ces liens, si elles voient que les élèves ont de la difficulté à le faire par eux-mêmes. Ainsi, pour les prochains défis, ils ont la possibilité de faire ce même raisonnement seuls en se posant les questions que leur posaient les enseignantes pour parvenir à transformer les représentations concrètes en des représentations plus abstraites. Cette observation nous apprend que, dans une classe, écrire l'équation mathématique au tableau permet de représenter de façon abstraite le défi illustré avec une combinaison de représentations visuelles plus concrètes dans le jeu et constitue ainsi un soutien qui aide les élèves à faire des liens et à comprendre le processus d'abstraction. Nous en déduisons qu'afin de soutenir le passage du concret à l'abstrait selon le principe expliqué dans notre cadre conceptuel, il peut être

fécond d'utiliser des représentations visuelles qui peuvent jouer un rôle facilitateur tandis que le rôle de l'enseignant est de mettre en œuvre des pratiques qui favorisent la construction de liens.

**Tableau 31**

Développement des pratiques associées aux quatre principes pédagogiques soutenus par les ressources numériques

Caractéristiques de l'activité	Principes pédagogiques			
	Situer les élèves dans leur ZPD	Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves	Offrir des représentations riches qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu	Soutenir le passage du concret à l'abstrait
Questionnement dans <i>Nearpod</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réguler ses interventions</li> <li>- Inviter les élèves à réfléchir avant de faire des essais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voir les réponses de tous</li> <li>- Voir si les élèves font appel à une démarche efficace de résolution une fois dans le jeu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser des images de <i>Slice Fractions</i>, mais en format fixe (non manipulables)</li> <li>- Inviter les élèves à dessiner sur l'image</li> <li>- Dessiner au tableau pour faciliter la compréhension</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir l'ordre des questions posées</li> <li>- Favoriser l'utilisation du métalangage lors de l'explication de la démarche par les élèves</li> <li>- Favoriser la réflexion à la démarche avant de faire des manipulations dans le jeu</li> </ul>
Réflexion sur papier	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inviter les élèves à discuter de leurs réponses avec leurs camarades</li> <li>- Permettre aux élèves de tester leur démarche et de l'ajuster dans le jeu, avant de venir la présenter en grand groupe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtenir les réponses de quelques-uns parmi ceux qui lèvent la main</li> <li>- Récupérer les feuilles de réponses de tous pour offrir une rétroaction qui ne sera pas immédiate</li> <li>- Animer un dialogue cognitif sur les hypothèses validées des élèves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser des images de <i>Slice Fractions</i>, mais en format fixe (non manipulables)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire des dessins au tableau ou écrire des équations mathématiques pour favoriser la conceptualisation</li> </ul>



Caractéristiques de l'activité	Principes pédagogiques			
	Situer les élèves dans leur ZPD	Rendre visibles les apprentissages de tous les élèves	Offrir des représentations riches qui soutiennent l'engagement des élèves avec le contenu	Soutenir le passage du concret à l'abstrait
Exercice mathématique	- Sélectionner des fractions et des défis du jeu qui correspondent au niveau du groupe	- Obtenir les réponses de quelques-uns parmi ceux qui lèvent la main	- Utiliser le dessin au tableau pour accompagner la consigne et faciliter le raisonnement	- Créer un exercice s'inspirant du jeu, mais où les représentations sont institutionnalisées favorisant ainsi les liens entre les deux types de représentations

### 5.3.2 Soutenir le développement professionnel des enseignantes

Guskey (2002, 2009) suggère que la possibilité d'expérimenter des pratiques et d'en observer les effets positifs sur les apprentissages des élèves constitue une condition qui accroît le développement de la fluidité des gestes pédagogiques. En effet, tout au long de l'expérimentation, et bien qu'elle ait porté uniquement sur 7 semaines, nous avons pu observer que les enseignantes se sont engagées à développer leurs pratiques et leurs usages des ressources numériques de semaine en semaine et ont conçu et mis en œuvre des activités avec leurs élèves qui sont basées sur les échanges qu'elles ont eus avec leurs collègues durant les cercles. Ce faisant, elles ont démontré une capacité à anticiper les difficultés et les besoins de leurs élèves. Elles ont eu la possibilité d'utiliser les connaissances acquises durant les échanges pour concevoir une activité qui correspond à leurs façons de faire et qui est adaptée à leur enseignement et aux besoins de leurs élèves.

Dans leur modèle TPack, Mishra et Koehler (2006) soulignent l'importance d'avoir de nombreuses occasions de mobiliser les trois savoirs simultanément pour favoriser leur intégration. Ainsi, il serait plus facile de tisser des liens entre les savoirs et cela fait en sorte que la mobilisation de l'ensemble de ces savoirs en classe devienne plus fluide. Rappelons que, comme le suggère le modèle de Shulman et Shulman (2004), les enseignantes ont eu l'occasion de s'engager dans une pratique réflexive dans les cercles pédagogiques où nous observons

qu'elles ont réfléchi, dans un contexte d'enseignement des fractions, au développement de leurs pratiques et à leur mise en œuvre pour améliorer des aspects spécifiques en lien avec l'usage de *Slice Fractions* en classe afin de développer les apprentissages des élèves de différents niveaux. Elles ont aussi réfléchi aux impacts de l'application sur les apprentissages des élèves en difficulté et sur des moyens de garder l'engagement et de favoriser les apprentissages des ceux qui sont plus rapides dans l'application. Les solutions qu'elles ont proposées sont parfois en lien avec des aspects technologiques dans *Slice Fractions*, mais principalement en lien avec leurs pratiques pédagogiques mises en œuvre avec cette application. Nous estimons que le fait que les enseignantes aient pu observer le travail de leurs élèves de différents niveaux et leur raisonnement durant les différentes activités leur a permis de se rendre compte du potentiel de l'application. En effet, selon Guskey (2002), l'évolution des attitudes et des croyances des enseignants se produit principalement après qu'ils aient observé un développement dans les apprentissages des élèves résultant de changements qu'ils ont apportés à leurs pratiques en classe ou de l'usage d'un nouvel outil, ici les ressources numériques. De plus, les échanges dans les rencontres en cercle pédagogique avec d'autres enseignantes qui font la même activité ou des activités similaires avec leurs élèves les a aidés à réfléchir ensemble pour faire émerger des idées. Nous constatons l'importance que les enseignantes s'impliquent durant les cercles pédagogiques dans la réalisation des activités en lien avec une intention visée qui est ici de soutenir l'apprentissage du concept de fraction par tous les élèves. Pour y parvenir, elles échangeaient sur les pratiques à mettre en œuvre et sur la meilleure façon de mettre à contribution les ressources numériques. En effet, le fait d'avoir une intention bien ciblée permet de diriger les discussions vers un objectif spécifique faisant ainsi en sorte que les enseignantes focalisent leur attention sur des éléments précis qui peuvent soutenir l'intention visée. Elles peuvent ainsi se pratiquer à discerner des aspects de leur pratique ou de la démarche des élèves qui renseignent sur les actions qu'elles peuvent réguler la prochaine fois, développant ainsi leur regard professionnel comme le suggère Sherin et Van Es (2009).

Selon Hofer et Harris (2010), lorsque les enseignants utilisent la ressource numérique avec fluidité, ils peuvent davantage se concentrer sur des objectifs d'apprentissage et la planification d'activités que sur la familiarisation avec la ressource numérique. C'est ce que nous observons

également, puisqu'il semble que lorsque les enseignantes commencent à maîtriser de plus en plus le jeu, elles passent à l'interprétation de ses effets, ce qui illustre un développement de leur regard professionnel. En effet, nous observons que, dans les premières rencontres en cercle pédagogique, les enseignantes discutaient davantage autour de l'application et de sa valeur ajoutée. Ensuite, elles ont commencé à élaborer des raisonnements sur le travail des élèves et à l'interpréter.

Dans les rencontres en cercle pédagogiques, nous observons qu'il y a chaque fois des éléments qui influencent la planification des activités et le travail en classe. Lorsque les enseignantes savent qu'elles disposeront d'un soutien pendant la période de planification, elles se permettent d'entrevoir des pratiques ou des usages plus avancés. En effet, selon Guskey (2002), le soutien permet à ceux qui sont engagés dans une démarche de mise en œuvre de pratiques qui leur semble difficile ou complexe de tolérer des échecs occasionnels. Comme évoqué dans la section 5.3.1, ce soutien était présent en classe sous la forme d'un étayage minimaliste dont l'objectif est de rassurer les enseignantes. Il s'est déployé à trois niveaux, car les connaissances mobilisables et mobilisées sur le plan de l'intégration de la ressource numérique ne sont pas les mêmes chez les trois enseignantes. En présence de ce type de soutien, l'enseignante A va jusqu'à intégrer l'application *Nearpod* en plus de *Slice Fractions* dès son activité 2. Pour préciser sa pratique, elle souhaite observer une modélisation à l'activité 3. Toutefois, elle y intervient sur le plan pédagogique, car elle est attentive aux réponses des élèves. Elle devient plus autonome avec l'outil *Nearpod* à l'activité 4 et en fait un usage qui est plus fécond qu'à l'activité 2. Il est intéressant d'observer que à la suite de l'analyse de la pratique de l'enseignante A avec *Nearpod* dans le cadre du cercle pédagogique 3, les enseignantes B et C intègrent l'usage du questionnement avec cette application dans leur propre activité. L'enseignante B utilise *Nearpod* avec un soutien de la chercheuse à l'activité 4, tandis que l'enseignante C fait appel à une modélisation dans l'application comme celle offerte à l'enseignante A lors de l'activité 3. Elle fait également des interventions pédagogiques pendant la démarche avec *Nearpod*. Quand un soutien similaire est offert en classe, il faut porter attention aux indices qui peuvent informer le niveau d'étayage à offrir jusqu'à ce qu'il soit possible d'observer une pratique autonome. Afin de voir s'il y a maintien de la pratique, c'est-à-dire si les enseignantes continuent à intégrer *Nearpod*

dans leurs classes et avec quel niveau de soutien, il faut poursuivre l'accompagnement des enseignantes en cercle pédagogique.

Nous observons que plusieurs éléments contribuent à l'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques. Premièrement, c'est le fait de partir d'une notion qui est au cœur du programme de formation, pour laquelle un temps de classe est prévu et qui préoccupe les enseignants ; dans le cas présent, il s'agit du concept de fraction. C'est aussi d'utiliser des ressources numériques qui se situent dans la ZPD des enseignants, c'est-à-dire un outil qu'ils peuvent s'approprier progressivement que ce soit sur le plan technique, des représentations utilisées, du contenu et de son lien avec le programme. Un soutien peut aussi être offert aux enseignants et prendre la forme d'une modélisation pour les familiariser avec des usages féconds de la ressource avant de les laisser l'explorer seules quelques fois en ajustant leurs pratiques ou leurs activités à chaque fois en fonction des effets observés sur les apprentissages des élèves. De plus, il faut leur permettre d'observer leurs élèves faire de nombreux essais de plus en plus difficiles pour discerner une progression. Enfin, il est utile que les enseignants participent à des rencontres en cercle pédagogique qui permettent d'avoir un temps pour analyser ce qui s'est passé dans la classe et de se rendre compte de la progression qui s'est faite. Dans ce contexte, les enseignants peuvent voir que leurs collègues sont en mesure de réaliser une activité ou d'intégrer une ressource et les effets de cela sur les apprentissages. Ces observations contribuent à leur engagement à faire des essais à leur tour.

### **5.3.3 Synthèse de la discussion**

Dans cette section, nous mettrons en lumière les principales contributions de notre étude qui révèle six faits saillants essentiels.

La première contribution de notre étude est d'illustrer l'apport d'une alternance rapide entre l'expérimentation de pratiques pédagogiques intégrant les ressources numériques en classe et l'analyse en cercle pédagogique de leurs effets sur les apprentissages des élèves. Les cycles sont ici deux fois plus courts que les cercles pédagogiques mensuels des recherches de Giguère (2015) et de Poirier (2020). De plus, chaque période d'activité avec l'application *Slice Fractions* a été documentée sur vidéo permettant ainsi aux trois enseignantes d'exploiter les pratiques de

chaque classe lors de chacun des cercles. Cette spécificité s'est traduite, dans notre étude, par un développement de plusieurs pratiques intégrant les connaissances pédagogiques, disciplinaires et technologiques dans la perspective du TPaCK en l'espace de 7 semaines, notamment pour le questionnement visant la mobilisation des connaissances antérieures ainsi que pour le soutien à la conceptualisation. Rappelons qu'à la première rencontre, avant le début de l'expérimentation, les enseignantes ont tenté d'identifier les usages possibles de cette ressource qu'ils ne connaissaient pas tout en exprimant des craintes à l'égard de la capacité de la ressource à susciter un raisonnement mathématique.

La deuxième contribution de notre étude est de mettre en évidence l'importance de la collaboration et du processus réflexif pour développer le regard professionnel et favoriser ainsi le processus de conception des activités d'apprentissage et la régulation des pratiques. En effet, les résultats de notre recherche nous ont permis d'observer que la collaboration entre les enseignantes et le rôle joué par la formatrice contribuent à soutenir les enseignantes dans l'ensemble du processus. Plusieurs études ont révélé l'impact positif de la dimension collaborative au sein de ces dispositifs sur l'amélioration de l'expérience d'apprentissage de nombreux enseignants (Allaire, 2015; Gagnon et al., 2015; Hamel et al., 2013; Roy et al., 2020). L'étude menée par Fontaine et al. (2013) met en lumière que les échanges au sein des CAP permettent aux enseignants de partager leurs expériences et leurs préoccupations, tout en collaborant pour trouver des solutions aux défis rencontrés par chacun. De plus, en tant qu'apprenants eux-mêmes, les enseignants développent leurs compétences en mettant en pratique et en réfléchissant en collaboration avec leurs pairs (Roy et al., 2020). Dans l'étude de Granger et al. (2013) portant plus particulièrement sur les cercles pédagogiques, les enseignants ont eu l'opportunité de partager leurs idées, de confronter leurs points de vue, et de s'engager dans des discussions visant un objectif commun, à savoir le développement des apprentissages de tous les élèves. Ils ont exprimé le sentiment que travailler ensemble leur permettait de mieux répondre aux besoins de ces derniers. Dans notre étude, le travail d'interprétation en cercle pédagogique du lien entre les pratiques pédagogiques et la démarche d'apprentissage s'est appuyé sur une documentation exhaustive des activités en classe et il a permis de préciser progressivement les pratiques et de développer une vision partagée des visées. De plus, nous

avons observé un effet de contamination entre les enseignantes des usages des ressources numériques et de leur intégration aux pratiques pédagogiques. Toutefois, il est important de noter que ces résultats sont étroitement liés aux caractéristiques spécifiques du dispositif, notamment l'alternance rapide entre les cercles pédagogiques et l'expérimentation en contexte réel avec soutien.

Le troisième fait saillant de notre étude concerne le rôle du formateur. Dans les cercles pédagogiques, nous avons observé que le fait d'offrir un soutien à l'intégration des ressources numériques aux pratiques pédagogiques permet un développement rapide de la capacité à mobiliser ses connaissances dans l'enseignement. Granger et al. (2013) expliquent le rôle que joue le soutien offert par les formateurs dans le maintien de l'engagement des enseignants. Dans l'étude de Bédard (2023), la chercheuse explique l'importance du rôle que jouent les conseillers pédagogiques en modélisant certaines pratiques afin de favoriser les apprentissages des enseignantes participantes. Quant à eux, Dionne et Couture (2013) soulignent que, dans une communauté de pratique, le formateur doit sonder les besoins des enseignants afin d'être en mesure de les accompagner adéquatement. Ce n'est pas sans rappeler ce que nous disions tantôt à l'effet que les enseignants sont parvenus à mobiliser leurs connaissances pour faire le chemin restant vers la conceptualisation à partir des apprentissages réalisés dans l'application. Pour ce faire, ils peuvent observer leurs pratiques en classe ou sur vidéo.

Qui plus est, notre interprétation permet de faire ressortir les principaux rôles du formateur dans ce contexte. À l'image des principes pédagogiques mis en exergue pour soutenir les apprentissages dans cette étude, le formateur doit pouvoir déterminer la ZPD de chaque enseignant et cibler des intentions de développement et une démarche pour y parvenir qui soit propre à chacun. Il doit également être à l'écoute des besoins exprimés par les enseignants, à l'affût des progrès qu'ils réalisent et présent pour offrir du soutien lorsque nécessaire afin d'éviter qu'ils soient confrontés à des obstacles trop importants et qu'ils se découragent. Afin de répondre aux besoins des enseignants le formateur doit porter attention aux indices qui permettent d'informer le niveau d'étayage à leur offrir pour qu'une pratique autonome puisse se mettre en place progressivement. Le soutien offert est possible sous plusieurs formes. Il peut s'agir d'un soutien pédagogique ou technique en classe pendant la réalisation de la tâche pour corriger les

problèmes qui surviennent et rassurer les enseignants. Il peut aussi se manifester sous la forme d'une modélisation en classe pour familiariser les enseignants avec la mise en œuvre d'une pratique, le raisonnement pédagogique qui la sous-tend, ou son intégration avec une ressource numérique. Rappelons toutefois que ce n'est pas la modélisation qui constitue un apprentissage pour l'enseignant, mais la possibilité de s'exercer à reproduire les gestes pédagogiques à quelques reprises. Le choix d'une ressource numérique et la façon de l'intégrer doivent également correspondre au niveau d'aisance des enseignants afin qu'ils n'aient pas à faire rapidement un saut trop grand et risquer un découragement à la suite des difficultés rencontrées ou faute de pouvoir observer des effets positifs. De plus, durant les cercles pédagogiques, afin de garder les échanges dans la ZPD des enseignants, le formateur doit tenir compte de leurs connaissances antérieures et faire en sorte que les discussions portent sur leurs propres expériences plutôt que sur des sujets imposés et parfois éloignés de leur réalité. Il doit aussi favoriser une posture réflexive où les enseignants sont encouragés, à plusieurs reprises, à faire des essais en classe, à observer les effets de leurs pratiques, à les interpréter et à juger de leurs effets sur les apprentissages des élèves. En effet, nous observons que, dans les cercles pédagogiques, les enseignantes discutent de leurs pratiques après les avoir expérimentées en classe. Elles le font en visionnant la documentation de leurs pratiques sur vidéo, ce qui les aide à discerner des éléments qu'elles n'auraient peut-être pas pu observer en classe pendant l'animation de l'activité à cause de la surcharge cognitive. Il est possible de transposer cette démarche pour mieux comprendre les effets sur le développement des apprentissages des élèves. Par exemple, au lieu de demander aux élèves d'expliquer leur démarche pendant qu'ils travaillent dans l'application, les enseignantes peuvent leur demander d'enregistrer le contenu de leur écran et, idéalement, de raisonner à voix haute afin de revoir la documentation de leur travail plus tard avec l'enseignante, un camarade, ou en grand groupe. Enfin, dans une perspective de transfert, il serait intéressant d'observer si ce type de soutien pourrait favoriser la transposition des pratiques développées dans ce cadre vers d'autre discipline, en français notamment.

La quatrième contribution de notre étude concerne les pratiques pédagogiques mises en œuvre. Nos résultats ont permis de constater l'importance de questionner les élèves pour les faire réfléchir sur les défis avant de les diriger vers des manipulations dans l'application. Il est aussi

essentiel que l'enseignant leur montre qu'il est à l'écoute de leurs réponses et que celles-ci contribuent au développement des connaissances. Good, Galbraith et Renshaw (2002) ont également étudié l'effet que les interactions en classe, que ce soit avec d'autres élèves ou avec l'enseignant, ont sur les apprentissages des élèves et l'évolution de leurs ZPD. Ils ont remarqué que les discussions en classe entre les élèves et avec l'enseignant suscitent le développement de la métacognition. Toutefois, ils soulignent l'importance de considérer le type d'interactions ainsi que le moment auquel elles ont lieu, car ces facteurs peuvent également jouer un rôle et influencer l'effet observé. De même, selon Breive (2020), l'environnement dans lequel se font les interactions entre l'enseignant et les élèves influence le processus de développement de la ZPD. Selon cette étude, les interactions doivent se dérouler dans un environnement de confiance où l'élève ne craint pas de s'exprimer et perçoit que ses idées contribuent à la démarche de résolution de problème. De plus, dans une vidéo documentant la pratique d'une enseignante sur le site Digital Promise (2023), l'enseignante souligne l'importance de ne pas succomber à la tentation d'aider l'élève en lui donnant la réponse et d'avoir confiance au processus pour amener l'élève à surmonter les obstacles par lui-même.

Le quatrième fait saillant de notre recherche concerne plus spécifiquement la pratique du questionnement que nous venons d'évoquer. Nos résultats et notre interprétation suggèrent que l'usage d'un dispositif qui permet de recueillir les réponses de tous les élèves et de partager les exemples pertinents permet à un enseignant de susciter un raisonnement dans la tête de la plupart des élèves, d'y avoir accès, de contribuer à la mobilisation des connaissances et de réguler ses pratiques afin de s'assurer que la tâche se situe dans la ZPD de chaque élève. L'usage d'une ressource numérique, en l'occurrence *Nearpod* dans cette étude, a permis l'émergence de discussions, ce qui a conduit les élèves à justifier leur réponse et à tenter de comprendre le raisonnement des autres élèves. Dans cette démarche, les élèves sont plus enthousiastes à l'idée de répondre aux questions, car ils ont le sentiment que l'enseignante s'intéresse à leurs raisonnements et veut les écouter tous. Aussi, les élèves n'ont pas eu peur de se tromper ou de réfléchir à voix haute afin de corriger leurs réponses erronées. Toutefois, afin d'intégrer cette ressource numérique, il est important de prendre en compte quelques aspects que notre étude a permis de mettre en évidence. Premièrement, il faut prendre soin d'inviter tous les élèves à



répondre aux questions posées et prévoir suffisamment de temps pour permettre l'élaboration d'un raisonnement. Il est aussi important que l'enseignant analyse préalablement l'activité et prépare les questions afin de guider les élèves vers l'élaboration d'un raisonnement. Cela l'aide aussi à se réguler plus facilement pendant l'animation de l'activité, car il aura anticipé les réponses des élèves et leurs difficultés potentielles. Après avoir reçu les réponses de tous les élèves, l'enseignant a la possibilité d'animer un dialogue cognitif autour d'exemples et de contre-exemples sélectionnés parmi les réponses. Les élèves sont ainsi en position de discuter de leurs raisonnements, de tenter de comprendre celui de leurs camarades et de se corriger s'il y a lieu. Une fois à l'étape de faire des manipulations, dans le jeu *Slice Fractions* par exemple, ils ont la capacité de tester leur démarche afin de voir si elle leur permet de réussir le défi. En effet, nous avons également observé que les activités conçues avec *Nearpod* peuvent être animées de façon à avoir des effets sur l'espace de dévolution donné aux élèves et favoriser le développement de leur raisonnement. Pour ce faire, dans les activités observées, les questions que les enseignantes posent aux élèves par l'entremise de *Nearpod* visent à développer leur capacité à élaborer une démarche efficace en leur présentant une suite logique de questions qui structurent le raisonnement et qu'ils sont encouragés à mobiliser lorsqu'ils débutent leur réflexion sur un défi dans *Slice Fractions*. Il serait intéressant de voir si une organisation différente de l'activité faisant appel à d'autres types questions offrirait un espace de dévolution plus grand ou différent.

La cinquième contribution de notre étude vise à souligner l'importance que l'enseignant utilise intelligemment les indices offerts par le jeu pour éviter que les élèves ne s'y fient et réussissent sans réfléchir à une démarche de résolution. En effet, certaines ressources numériques offrent des indices aux élèves, ce qui permet de les aider à avancer et au lieu d'attendre que l'enseignant vienne les guider, surtout lorsqu'il y a un grand nombre d'élèves en classe et peu de temps. Ces indices peuvent prendre la forme de représentations visuelles qui indiquent les effets des actions qu'ils ont posées. À cet égard, l'application *Slice Fractions* présente des similarités avec *ST Math* par exemple. Les deux applications montrent à l'élève l'effet de ses actions. Ainsi, ces applications permettent de lui dire où il s'est trompé pour qu'il ajuste sa réponse au prochain essai, ce qui contribue à développer ses connaissances. Abtahi (2015) suggère qu'un outil mathématique est susceptible de contribuer au développement de la ZPD puisqu'il joue le rôle de la personne plus

compétente qui guide l'élève dans la démarche de résolution d'un problème. Nos résultats suggèrent que l'enseignant doit amener les élèves à élaborer un raisonnement et pouvoir même anticiper les réponses avant de les laisser faire des manipulations dans la ressource numérique. Ainsi, lorsque les élèves travaillent dans la ressource, ils ont le sentiment que la tâche est dans leur ZPD et qu'ils sont capables de surmonter les obstacles et de progresser. L'enseignant a également la possibilité de prévoir des séances de retour en grand groupe pour que les élèves puissent discuter de leurs réponses après les avoir testés. Ainsi, ils auront plus confiance en leurs raisonnements pour les partager et seront davantage en mesure de les justifier. De plus, sachant qu'ils vont devoir justifier leurs réponses, les élèves s'engageront davantage à réaliser des manœuvres dans la ressource numérique et se fieront moins au hasard. De cette façon, l'enseignant contribuera, d'une part, à garder la tâche dans la ZPD des élèves grâce à la guidance et aux indices offerts par la ressource numérique et, d'autre part, à rendre visibles leurs apprentissages grâce à la possibilité de faire des manipulations dans la ressource numérique, au questionnement avec un outil qui permet de recueillir les réponses de tous et aux discussions en grand groupe pour corriger les conceptions erronées. Afin de soutenir le passage du concret à l'abstrait, l'enseignant est en position de demander aux élèves d'expliquer leurs raisonnements en utilisant le métalangage afin de les amener à développer leur compréhension du concept et à faire des liens avec les savoirs institutionnalisés. Il a aussi la possibilité d'écrire des équations au tableau ou dans *Nearpod* dans le but de représenter mathématiquement une image plus concrète. Il peut, ensuite, questionner les élèves pour faciliter la construction de liens entre les représentations concrètes et celles plus abstraites. Ce faisant, il favorise le développement de la capacité des élèves à résoudre des problèmes dans le cahier d'exercices.

Avec l'émergence de l'intelligence artificielle, il est probable que nous pourrions développer les capacités des ressources numériques à offrir une guidance davantage basée sur la démarche de l'élève. C'est le cas, par exemple, du dispositif Khanmigo, un tuteur en développement de la Khan Academy intégrant un système d'intelligence artificielle générative. Khanmigo a potentiellement la capacité de répondre aux questions, d'interroger les élèves et d'établir des liens entre les idées. Dans un exercice de mathématiques, par exemple, Khanmigo est en mesure de guider l'élève à

travers le problème dans le but de l'amener à comprendre le processus plutôt que de lui fournir simplement la réponse.

Certaines ressources numériques ont été conçues avec des représentations visuelles qui vont du passage du concret à l'abstrait. Notre sixième et dernier fait saillant concerne le soutien que peut offrir un enseignant pour soutenir la conceptualisation avec de telles ressources numériques. À cet égard, nos résultats permettent d'observer que les enseignantes parviennent à mobiliser les connaissances didactiques qu'elles possèdent pour prendre en compte les apprentissages réalisés avec l'application *Slice Fractions* et s'appuyer sur ceux-ci pour susciter un travail de conceptualisation. Dans les premiers niveaux de la ressource numérique *Slice Fractions*, par exemple, les élèves travaillent avec des objets concrets. En progressant dans les niveaux subséquents, les objets se transforment graduellement en symboles mathématiques. Dans le même esprit, dans l'application *ST Math*, les concepteurs ont éliminé tous les éléments abstraits pour ne laisser que ce qui est concret dans les premiers niveaux du jeu. Ainsi, les élèves travaillent avec des objets manipulables virtuels et, plus ils progressent dans le jeu, plus les représentations deviennent abstraites jusqu'à devenir similaires à ce qui est proposé dans les cahiers d'exercices. Les concepteurs de *ST Math*, en collaboration avec le MIND research institute, ont réalisé une recherche visant à évaluer les effets de cette application sur les apprentissages d'élèves. Les résultats ont montré que dans les écoles qui utilisaient *ST Math*, les élèves avaient des résultats en mathématiques significativement plus élevés que ceux qui ne l'utilisaient pas. Contrairement à *ST Math*, dans *Slice Fractions*, il n'y a pas de défis qui ressemblent à ceux qu'on retrouve dans un cahier d'exercices classique ou un test mathématique. C'est donc à l'enseignant de s'assurer que l'élève parvient à faire le passage du concret à l'abstrait. C'est aussi le cas dans *Dragon Box Algebra*. En effet, Venant et Mighneault (2017), dans leur recherche portant sur le développement de la pensée algébrique précoce par le jeu, expliquent que les connaissances construites en jouant à *Dragon Box* ou à d'autres ressources numériques similaires doivent être formalisées. Selon eux, ces jeux sont capables d'aider progressivement les élèves à institutionnaliser des concepts mathématiques, mais que ce travail doit être soutenu par des interventions de l'enseignant. À cet égard, Back (2013) explique que l'enseignant doit offrir juste assez de soutien aux élèves pour qu'ils puissent affronter les obstacles et arriver par eux-mêmes

à les surmonter pour, éventuellement, parvenir à conceptualiser. Selon notre analyse, le dialogue cognitif, comme l'explique Barth (2004) et comme nous l'observons dans les trois classes, est particulièrement important pour soutenir le passage du concret à l'abstrait et le développement d'un métalangage.

## Chapitre 6 – Conclusion

Plusieurs caractéristiques des ressources numériques sont de nature à soutenir les apprentissages de tous les élèves. Toutefois, plusieurs métaanalyses suggèrent que leurs effets sur les apprentissages sont étroitement liés à leur intégration à des pratiques pédagogiques (EEF, 2021 ; Guskey, 2009 ; Wouters et al., 2013 ; Hattie, 2023). Selon Mishra et Koehler (2006), un dispositif de formation qui vise à favoriser cette intégration doit susciter la mobilisation simultanée et à plusieurs reprises des trois savoirs du modèle TPaCK, soit les savoirs pédagogiques, disciplinaires et ceux relatifs aux ressources numériques, dans un contexte qui favorise la réussite de tous (Mishra et Koehler, 2006). Or, Darling-Hammond et al. (2017) estiment que plusieurs conditions doivent également être réunies pour qu'un dispositif de formation puisse avoir un tel effet sur le développement des pratiques.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressée plus spécifiquement aux pratiques pédagogiques et aux usages en classe qui permettent d'exploiter des ressources numériques de façon à maximiser leur contribution au développement des apprentissages de tous les élèves. Nous avons voulu comprendre comment se fait ce travail d'intégration des pratiques pédagogiques et des ressources numériques en classe. C'est pourquoi nous avons observé et documenté les pratiques pédagogiques et le processus d'apprentissage des élèves. Nous avons aussi étudié la relation entre le dispositif de développement professionnel de type cercle pédagogique et le développement des pratiques à la suite de chaque rencontre dans une perspective d'intégration de ressources numériques.

Notre recherche-action a été réalisée auprès de trois enseignantes en 4<sup>e</sup> année du primaire et de leurs élèves. Elle suit une démarche d'analyse qualitative basée sur la documentation sur vidéo des pratiques pédagogiques des enseignantes et de la démarche de leurs élèves lors d'animations en grand groupe ainsi que lors du travail individuel ou en équipe dans l'application *Slice Fractions*. Les quatre activités d'apprentissage que nous avons documentées intègrent l'application *Slice Fractions* et parfois l'application *Nearpod*, et se sont déroulées une fois toutes les deux semaines environ. Pour soutenir ces usages, nous avons également mis en place un dispositif de développement professionnel qui intègre un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation.

Les données recueillies permettent d'observer le travail et les interactions suscités par les diverses pratiques pédagogiques, à la fois dans des contextes d'interaction en classe et dans un contexte de travail dans une ressource numérique. Ils permettent également d'observer l'évolution des différentes pratiques ainsi que la progression dans le processus d'apprentissage des élèves, au fil des quatre activités, soulignant ainsi l'apport des échanges en cercle pédagogique. Finalement, ils permettent d'observer les possibilités de réinvestissement des connaissances acquises lors des échanges en cercle pédagogique dans les activités intégrant des ressources numériques.

Dans cette conclusion, nous ferons un rappel de la démarche et des résultats. Nous présenterons ensuite les apports pour la communauté scientifique et pédagogique tant au niveau de l'intégration de ressources numériques aux pratiques pédagogiques qu'au niveau de la mise en œuvre d'un dispositif de développement professionnel de type cercle pédagogique. Finalement, nous énoncerons les limites de cette recherche et nous proposerons des pistes de travail futur.

### **6.1 Rappel de la démarche et des résultats**

Rappelons que notre premier objectif de recherche est de décrire le développement des pratiques pédagogiques et le processus d'intégration des ressources numériques pour soutenir la mise en œuvre des quatre principes pédagogiques ciblés lorsqu'un dispositif de développement professionnel qui intègre un cercle pédagogique et un soutien en classe pendant le processus d'appropriation est mis en œuvre. Notre deuxième objectif de recherche est de décrire l'effet de la mise en œuvre progressive des pratiques pédagogiques associées aux quatre principes ciblés soutenus par l'intégration de ressources numériques sur la démarche et le processus d'apprentissage du concept de fraction par les élèves.

Pour les atteindre, nous avons mis en œuvre un cercle pédagogique d'une durée de 60 à 90 minutes, environ une semaine sur deux. Nous avons aussi documenté ces séances et analysé leur contribution au développement des pratiques pédagogiques. Lors des cercles, la chercheuse animait les échanges. La première rencontre était une rencontre préparatoire. Dans les rencontres en cercle pédagogique qui ont suivi, les enseignantes ont visionné des documentations sur vidéo des activités en classe de deux d'entre elles et du travail de deux

équipes d'élèves. Dans les quatre rencontres en cercle, les échanges ont porté sur l'effet des pratiques des enseignantes et sur le travail des élèves en lien avec la mise en œuvre des ressources numériques *Slice Fractions* et *Nearpod*. Dans nos observations, nous nous sommes concentrés sur la nature des interventions des enseignantes et sur ce qu'elles discernent dans les documentations visionnées. Outre les rencontres en cercle pédagogique, nous avons également documenté sur vidéo et analysé les pratiques pédagogiques mises en œuvre par les enseignantes, notamment le travail de conceptualisation et de mise en relation avec le curriculum, tout au long de la réalisation d'un parcours dans une ressource numérique. L'analyse du travail des élèves en grand groupe et dans l'application *Slice Fractions* nous a permis d'observer leur capacité à mobiliser leurs connaissances antérieures en fonction de leur niveau de développement du concept de fraction.

Durant les rencontres en cercle pédagogique ainsi que lors de la conception des activités avec *Slice Fractions*, les enseignantes ont analysé l'application pour identifier les connaissances liées au concept de fraction qu'elle peut contribuer à acquérir. Elles réfléchissent aux différents défis, à leur lien avec le curriculum et à leur niveau de complexité et en sélectionnent pour les travailler avec les élèves lors de la prochaine activité. Elles explorent aussi l'application pour comprendre les différentes manipulations qu'elle permet. Ce faisant, elles découvrent que l'application offre plusieurs possibilités de résolution d'un même problème. Elles s'en servent pour faire travailler leurs élèves sur différentes situations où ils doivent analyser et travailler avec les mêmes fractions pour résoudre un même défi. Nos résultats soulignent l'importance que l'enseignant utilise intelligemment les indices offerts par ce type de ressource numérique afin de s'assurer que les élèves ne les exploitent pas pour éviter d'élaborer une démarche de résolution. De façon générale, nous observons un développement dans le raisonnement des élèves lorsque les enseignantes mettent en œuvre des pratiques pédagogiques de nature à soutenir le raisonnement des élèves afin de les faire réfléchir au problème et formuler une démarche pour le résoudre de façon efficace.

Nos résultats permettent également d'illustrer l'apport d'une alternance rapide entre l'expérimentation de pratiques pédagogiques intégrant les ressources numériques en classe et l'analyse en cercle pédagogique de leurs effets sur les apprentissages des élèves. Ils suggèrent

que les échanges entre les enseignantes pendant les cercles leur permettent de discuter de leurs pratiques et du processus d'apprentissage de leurs élèves. Ils leur permettent également de discerner des éléments dans leurs pratiques, dans celles de leurs collègues ainsi que dans le travail des élèves qu'elles ne parvenaient pas à discerner en contexte de classe. Cette capacité a évolué entre la première et la dernière rencontre en cercle pédagogique. Nous observons que les discussions témoignent d'un haut niveau d'engagement chez les enseignantes qui s'est traduit par un développement de leurs pratiques au fil des semaines. Elles ont aussi profité des rencontres en cercle pour concevoir collectivement leurs activités et pour s'inspirer des expériences réciproques, de leur vécu durant les activités précédentes et de ce qu'elles ont discerné dans les documentations visionnées, pour améliorer leurs activités. Les pistes de développement qu'elles suggèrent sont basées sur les besoins de leurs élèves et ont pour objectif de favoriser leurs apprentissages.

De plus, nos résultats permettent de mettre en évidence l'importance de la collaboration et du processus réflexif pour développer le regard professionnel et favoriser ainsi le processus de conception des activités d'apprentissage et la régulation des pratiques. En observant et en analysant le travail des élèves lors des rencontres en cercle pédagogique, les enseignantes se rendent compte de la nature de leurs erreurs et de l'aide que leur procure l'application. Leurs réflexions témoignent de leur capacité à prendre en compte l'intégration des trois dimensions du modèle TPaCK (Mishra et Koehler, 2006) dans leurs discussions, soit les savoirs pédagogiques, disciplinaires et ceux en lien avec les ressources numériques. Ces réflexions leur permettent de collaborer pour proposer des pistes de développement afin d'améliorer la mise en œuvre de leurs pratiques en classe d'une activité à l'autre. De plus, nous observons que les enseignantes transposent en classe les pistes de développement qu'elles élaborent durant les échanges en cercles, ce qui suggère un haut niveau d'engagement dans la perspective de la quatrième dimension du modèle de Shulman et Shulman (2004). Nous estimons que les caractéristiques du cercle pédagogique mis en œuvre et la qualité des réflexions contribuent au développement des quatre dimensions du modèle de Shulman et Shulman (2004) soit les savoirs, les pratiques, l'engagement et la vision des enseignantes.



Nous remarquons également que plus les enseignantes avancent dans les rencontres, plus leur maîtrise de l'application augmente et plus leurs discussions portent sur les pratiques pédagogiques à mettre en œuvre. Aussi, les enseignantes savaient dès le début qu'une partie de notre objectif était de documenter l'intégration des ressources numériques et des pratiques pédagogiques. Elles savaient également que nous avions confiance en leur expertise et que nous leur laissions le choix de la conception des activités. Nous avons observé un engagement de la part des trois enseignantes et une volonté de maîtriser les applications, de développer les activités et de les documenter régulièrement. Nous estimons que la clarification des intentions du cercle et des interventions dès le début des rencontres influence positivement le partage de la vision avec les enseignantes. Elles s'engagent ainsi à mettre en œuvre régulièrement des activités qui font usage de la ressource et à les documenter sur vidéo afin d'observer les apprentissages qu'elles suscitent chez les élèves. Nous avons également observé que le fait d'offrir un soutien à l'intégration des ressources numériques aux pratiques pédagogiques permet un développement plus rapide de la capacité à mobiliser ses connaissances et à prendre des risques dans l'enseignement. Par exemple, pour les soutenir dans l'intégration de *Nearpod*, nous avons veillé à ce que le travail de développement des pratiques se situe dans leur ZPD. Nous avons procédé d'abord par une modélisation de la tâche pour ensuite accompagner l'enseignante A pendant qu'elle faisait l'activité seule. À la suite de cette activité, elle se sentait capable de la mettre en œuvre seule une prochaine fois, ce qui n'était pas le cas au premier essai. De plus, en observant la portée sur les apprentissages de l'usage de la ressource dans la classe de l'enseignante A, les deux autres enseignantes ont exprimé leur intention de l'exploiter également. L'intégration de cette ressource a permis d'avoir de nombreuses occasions pour mettre en œuvre des pratiques pédagogiques favorisant le développement du raisonnement des élèves tout en leur permettant de justifier leurs démarches et d'employer le métalangage. Les pratiques observées lors de ces activités des trois enseignantes ont eu un impact sur le développement du processus d'apprentissage des élèves et de leur travail en classe. Ces derniers justifiaient davantage leurs réponses et employaient le métalangage précis pour le faire. Ces observations suggèrent que les conditions de mise en œuvre du cercle pédagogique ont été propices au développement des pratiques des enseignantes et du processus d'apprentissage de leurs élèves.

Nos résultats permettent d'observer que les enseignantes parviennent à mobiliser les connaissances didactiques qu'elles possèdent pour prendre en compte les apprentissages réalisés avec l'application *Slice Fractions* et s'appuyer sur ceux-ci pour susciter un travail de conceptualisation. Leurs pratiques ont consisté essentiellement à questionner les élèves, à les guider, à leur offrir des rétroactions et à animer des dialogues cognitifs tout en encourageant l'emploi du métalangage précis. Ces pratiques sont mises en œuvre afin de soutenir les principes pédagogiques retenus et permettre ainsi de répondre aux besoins des élèves. Nous avons également observé le travail des élèves afin de mieux comprendre la progression de leur processus et leur démarche d'apprentissage dans l'activité, les caractéristiques de leur raisonnement, la nature du dialogue cognitif dans lequel ils s'engagent et le développement de leur métalangage. En nous appuyant sur nos observations, nous avons décrit les différentes activités. Bien que les fréquences ne soient pas un indicateur exact de l'ampleur que prend chaque pratique pédagogique et du processus d'apprentissage des élèves, elles nous donnent une meilleure idée de leur distribution. Nous avons ensuite mis en relation les pratiques des enseignantes et le processus d'apprentissage des élèves afin de mieux comprendre la nature du développement de chacun de ces deux éléments.

Nos résultats ont permis de constater l'importance de questionner les élèves pour les faire réfléchir sur les défis avant de les diriger vers des manipulations dans l'application. Ils suggèrent que les interventions des enseignantes contribuent au développement de la démarche et du raisonnement des élèves dans le jeu. Lorsque les enseignantes accompagnent leurs élèves dans les différentes activités, elles observent les effets de leurs pratiques et les régulent afin de garder la tâche dans leur ZPD. Par exemple, lorsqu'elles remarquent que les élèves sont capables d'expliquer leur démarche, elles augmentent le défi en leur demandant de se justifier. Aussi, plus les élèves justifient leurs réponses, plus ils ont tendance à le faire sans que l'enseignante ne leur demande, ce qui témoigne d'un développement de leur capacité d'autorégulation. Elles observent aussi que, à travers leurs interventions, elles peuvent soutenir les apprentissages des élèves lorsqu'ils font des essais dans l'application. De plus, lorsqu'elles les questionnent, ils tendent à réfléchir à leur démarche et à la verbaliser. En la verbalisant, ils s'exercent à employer un métalangage exact. Si ce n'est pas le cas, les enseignantes les invitent à le faire en les

questionnant davantage. Nous remarquons que lorsque les élèves voient l'importance de verbaliser avec un métalangage exact et l'utilité de le faire pour réussir à développer une démarche efficace, ils sont encouragés à le faire plus souvent.

Enfin, nos résultats et notre interprétation suggèrent que l'usage d'un dispositif qui permet de recueillir les réponses de tous les élèves et de partager les exemples pertinents permet à un enseignant de susciter un raisonnement dans la tête de la plupart des élèves, d'y avoir accès, de contribuer à la mobilisation des connaissances et de réguler ses pratiques afin de s'assurer que la tâche se situe dans la ZPD de chaque élève. Grâce à l'activité conçue par les enseignantes dans *Nearpod*, les élèves voient l'importance d'élaborer une démarche pour résoudre le problème en moins d'essais. Ils constatent aussi qu'il y a plusieurs démarches possibles pour relever un même défi. Ensuite, dans *Slice Fractions*, ils font des essais et parviennent à résoudre le problème en mobilisant les connaissances développées lors de l'activité précédente. Grâce aux discussions avec leurs pairs ou avec l'enseignante, ils justifient leur raisonnement et tentent de comprendre celui des autres. Cet enchaînement est plus difficilement observable par les enseignantes lorsque les élèves travaillent dans des contextes qui ne permettent pas de faire de multiples essais et de tester des possibilités de différentes solutions, comme c'est souvent le cas dans un cahier d'exercices. Aussi, les élèves développent des démarches efficaces pour résoudre les défis et accroître leur habileté à raisonner avant de faire des actions dans le jeu lorsqu'ils se rendent compte que cela est bénéfique et peut leur permettre de réussir plus rapidement.

## **6.2 Apport de la recherche**

Comme mentionné au début de cette section, les métaanalyses suggèrent que les ressources numériques s'intègrent à des pratiques pédagogiques voire à des pratiques disciplinaires, mais peu de recherches portent sur cette intégration (EEF, 2021 ; Guskey, 2009 ; Wouters et al., 2013 ; Graham, Hebert et Harris, 2015). Aussi, les études que nous avons recensées ne décrivent pas avec précision les pratiques mises en œuvre lors de l'intégration des ressources numériques en classe. C'est pourquoi, à la suite de la lecture de Cyr, Charland et Riopel (2016), nous avons voulu enrichir les connaissances dans ce domaine en tentant de décrire le travail d'intégration que les enseignantes réalisent et identifier la nature des pratiques pédagogiques qu'ils mettent en œuvre

lorsqu'elles animent des activités d'apprentissage intégrant des ressources numériques en classe. Notre étude permet d'exemplifier et d'interpréter les interactions entre des pratiques pédagogiques spécifiques, des savoirs disciplinaires, des usages des ressources numériques et la démarche d'apprentissage des élèves.

De même, en nous basant sur le corpus de recherche sur les cercles pédagogiques (Sherin et Van Es, 2009), nous avons voulu apporter une contribution en rassemblant une équipe niveau de trois enseignantes d'une école primaire et en examinant la portée des allers-retours fréquents entre le pilotage d'activités d'apprentissage en classe et le travail d'analyse de pratiques en cercle. Ce cadre méthodologique nous informe donc sur le travail d'intégration des ressources numériques au sein de pratiques pédagogiques visant l'apprentissage du concept de fraction, permettant ainsi d'étudier un contexte de transposition dans la perspective du modèle TPaCK.

### **6.3 Limites de la recherche**

Le cadre méthodologique de cette recherche présente des limites que nous jugeons important de mettre en évidence. Tout d'abord, il s'agit d'une étude descriptive et les données recueillies sont le fruit d'observations et de descriptions détaillées de multiples activités et rencontres en cercle pédagogique en contexte montréalais. Elles ne se veulent donc pas généralisables à tous les milieux, notamment parce qu'elles sont déterminées par les caractéristiques du contexte, soit l'expertise spécifique de chaque enseignante et le profil des élèves dans cette école. Les observations pourraient donc différer d'un contexte à l'autre. Toutefois, le dispositif visant à soutenir l'intégration est de nature à être exploité dans des contextes variés.

Ayant fait nos observations au cours de l'hiver, deux des trois enseignantes de l'école sélectionnée avaient déjà abordé le concept de fraction avec leurs élèves, donc ces derniers avaient des connaissances à ce sujet. Toutefois, si nous observons l'évolution entre la première et la quatrième activité, nous remarquons une évolution dans le travail des élèves qui suggère une progression dans leur processus d'apprentissage et dans leur raisonnement dans l'application qui est en grande partie liée aux interventions mises en œuvre par leurs enseignantes.

Rappelons que, pour observer les interrelations entre les activités d'apprentissage en classe et l'analyse de pratiques en cercle pédagogique, notre méthodologie attribuait aux enseignantes la

responsabilité de planifier elles-mêmes leurs activités plutôt que mettre en œuvre des activités uniformes. Nous avons toutefois proposé aux enseignantes de les accompagner dans le processus et elles ont accueilli l'idée avec enthousiasme. En effet, nos résultats suggèrent que les enseignantes demandent un accompagnement et une modélisation, car elles veulent maximiser les usages. Cet accompagnement fait donc partie du processus de formation. De plus, la vision des enseignantes semble évoluer à la suite des échanges dans le cercle et l'analyse des effets des activités sur les apprentissages des élèves. Enfin, comme mentionné dans le chapitre sur la méthodologie, nous avons basé notre analyse principalement sur les descriptions des différentes activités. La description des pratiques contribue à offrir une vision précise du déroulement des activités en classe et fait transparaître les résultats communiqués. Nos résultats sont donc basés sur des observations et appuyés par des exemples tirés directement des descriptions. Les fréquences viennent éclaircir certains éléments et faciliter l'interprétation des résultats communiqués.

#### **6.4 Pistes de travail et de recherche**

Nous avons choisi, dans notre recherche-action, de nous limiter à trois enseignantes et leur classe respective afin de pouvoir aller plus en profondeur dans l'accompagnement et dans l'analyse des données. Dans le cadre de notre expérimentation, les interventions ont duré sept semaines. Nous avons pu rencontrer les enseignantes quatre fois en cercle pédagogique, en plus d'une rencontre préparatoire, et observer quatre activités avec *Slice Fractions*. Bien que nous ayons réalisé notre collecte de données à l'aube de la pandémie, nous avons été en mesure de la réaliser en contexte d'enseignement régulier et de rassembler des données. De plus, nous avons été en mesure de recueillir environ cent vidéos qui documentent le travail des élèves dans l'application et l'intégralité des activités dans les trois classes. Une étude à plus large échelle permettrait de mieux comprendre la portée et les limites du dispositif mis en œuvre et éventuellement de contribuer à une meilleure généralisation.

Alors que les études réalisées sur les cercles pédagogiques mettent en place ce dispositif sur une ou deux années avec des rencontres mensuelles d'analyse de pratiques (Giguère, 2015 ; Poirier, 2020), nos résultats suggèrent qu'une alternance rapide entre les essais en classe avec soutien et

les séances d'analyse de pratique peut permettre une accélération du développement des pratiques. Ces résultats rappellent ceux de l'étude *The Mirage* (2015) où, dans un réseau d'écoles à charte, les chercheurs ont observé une plus grande amélioration de l'expertise chez les enseignants qui ont participé à un dispositif de développement professionnel qui se caractérise par des rencontres de réflexion et d'analyse des pratiques pédagogiques et des apprentissages observés pendant la semaine. Il serait intéressant d'examiner l'effet d'une alternance rapide entre les essais en classe avec soutien et les séances d'analyse de pratique en contexte de stage lors de la formation initiale.

Selon les recherches, la guidance offerte par le formateur lors des cercles contribue à accroître ses effets sur le développement des savoirs (Doppelt, 2009; Kleickmann et al., 2016 ; Rosenshine, 1986 ; Snow-Renner et Lauer, 2005 cité dans Darling-Hammond et Richardson, 2009). Nos résultats ont permis de faire ressortir les principaux rôles du formateur dans ce contexte. Nous les avons identifiés dans la section 5.3.3 afin de guider le travail du formateur dans ce contexte. Dans notre recherche, en lien avec ce troisième fait saillant, nous avons constaté que l'accompagnement des formateurs non seulement pendant les rencontres en cercle, mais également pendant les activités en classe semble avoir contribué à l'engagement des enseignantes dans le changement de leurs pratiques. En plus du rôle du formateur, les échanges dans le cercle ont aussi contribué à garder les ressources numériques et les pratiques pédagogiques dans la ZPD des enseignantes. Ces observations et ces discussions ont contribué au développement de leur engagement dans le changement de leurs pratiques. Il serait donc intéressant d'observer l'effet d'une alternance rapide entre les essais en classe et les séances d'analyse de pratiques en cercle sur la capacité des enseignants à transposer leurs pratiques pédagogiques dans d'autres disciplines. Ce pourrait être le cas, par exemple, de la mise en œuvre du questionnement dans l'écriture de textes variés.

Dans cette étude, à la suite de l'identification, lors des échanges en cercle pédagogique, d'un besoin de soutenir le développement du raisonnement mathématique, les enseignantes ont intégré la ressource *Nearpod* dans leurs activités. En lien avec notre quatrième fait saillant, cet outil leur a permis de décomposer la démarche de résolution de quelques défis de *Slice Fractions* en étapes et de questionner leurs élèves pour les guider dans l'élaboration d'une démarche de

résolution de problème efficace. Elles ont pu ainsi recueillir les réponses de tous les élèves, ce qui a favorisé l'animation de dialogues cognitifs et le développement du métalangage de tous. Il serait donc intéressant d'examiner comment, en contexte de cercle pédagogique, l'analyse des besoins sur le plan didactique et pédagogique peut permettre aux enseignants d'identifier les ressources pertinentes, d'anticiper leur usage en classe et de cibler des indicateurs pour observer leur effet. Cette proposition s'inscrit notamment dans les visées du plan numérique.

En lien avec notre cinquième fait saillant, nos résultats suggèrent que la guidance est un aspect essentiel au développement du raisonnement des élèves avec *Slice Fractions*. Ils mettent en évidence l'intérêt que l'enseignant amène ses élèves à élaborer un raisonnement et à anticiper les réponses avant de les laisser faire des manipulations dans la ressource numérique. Afin que l'enseignant puisse guider adéquatement ses élèves et intervenir en contexte, il faut qu'il ait accès facilement à une documentation pertinente portant sur le processus d'apprentissage de l'élève. De plus, lorsque les enseignantes ont accès, pendant les cercles, aux documentations sur vidéo du travail des élèves, idéalement accompagnées de leur raisonnement à voix haute, cela les aide à mieux comprendre ce que les élèves comprennent ou pas. Nous observons que, souvent, lorsque les enseignantes ont la possibilité de revoir la démarche d'un élève, elles génèrent des pistes de développement en termes de guidance. Plus la documentation du processus est précise, complète et riche, plus elle offre des opportunités sur le plan de l'analyse des pratiques ainsi que sur le plan de la guidance en classe. Les dispositifs numériques offrent une plus-value à cet égard et permettent une documentation riche de la démarche des élèves, ce qui est plus difficile à réaliser avec des cahiers d'exercices. Si un dispositif permettait de faciliter la documentation du processus, que ce soient les erreurs des élèves ou leurs bons coups, pour pouvoir informer les enseignants en classe ou en contexte d'analyse de pratiques, il serait intéressant d'observer les effets de son intégration sur la qualité de la guidance. Aussi, au même titre que l'application *Nearpod* rend possible une meilleure exploitation des réponses des élèves, il serait intéressant d'évaluer la portée d'un tel dispositif de gestion efficace des traces sur la capacité des enseignants à réguler leurs pratiques et à soutenir le développement de l'autorégulation chez leurs élèves.

Les dialogues cognitifs qui ont eu lieu entre les élèves, durant les activités mises en œuvre, ont porté parfois sur des démarches que les élèves ont eu l'opportunité de tester et de valider dans

l'application *Slice Fractions* avant d'en discuter en grand groupe, comme c'est le cas dans les activités 2 et 3 de l'enseignante B, d'autre fois sur des hypothèses qu'ils ont émis dans *Nearpod* et dont ils ont discuté avant de faire des essais dans *Slice Fractions*, comme c'est le cas dans les activités 4 des trois enseignantes par exemple. Dans les deux cas, et en lien avec notre sixième fait saillant, le dialogue cognitif semble être une pratique pédagogique qui favorise la capacité des élèves à élaborer leurs raisonnements et à émettre des justifications en particulier dans le contexte d'utilisation d'une ressource numérique qui offre la possibilité de faire des manipulations afin d'amener les élèves à conceptualiser. Toutefois, il pourrait être intéressant, dans de futures recherches, d'étudier l'effet respectif ou l'effet combiné des deux démarches, c'est-à-dire d'animer un dialogue cognitif avec les élèves sur des démarches anticipées, dans un premier temps, et sur les démarches validées dans le jeu, dans un deuxième temps, afin de développer à la fois la capacité à anticiper et celle à justifier la démarche. Enfin, il serait intéressant d'étudier le potentiel des ressources numériques dotées d'une intelligence artificielle à comprendre la démarche des élèves, y compris leurs erreurs, et à offrir un soutien basé sur le questionnement comme le fait actuellement *Khanmigo* par exemple, au lieu de fournir des indices préprogrammés comme c'est le cas dans *Slice Fractions*.

Comme notre recherche s'inscrit dans la foulée de la publication du Plan d'action numérique du MEQ (2018), elle s'est intéressée à l'intégration des ressources numériques en contexte scolaire dans le cadre d'activités d'apprentissage qui visent le développement d'un raisonnement chez les élèves. Nos résultats ont permis de mieux comprendre ce processus d'intégration et de souligner l'apport d'un dispositif de développement professionnel de type cercle pédagogique caractérisé par une alternance rapide entre les expérimentations en classe et l'analyse des pratiques sur le développement de l'expertise des enseignants. Nous espérons que ces résultats contribueront au développement des pratiques pédagogiques et soutiendront la réalisation des visées du plan d'action numérique tout en fournissant des orientations aux conseillers pédagogiques engagés dans le soutien du développement professionnel en enseignants.



## Références bibliographiques

- Abtahi, Y. (2015). The zone of proximal development and the affordances of the mathematical tools. Dans *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 1, 1-8.
- Adjage, R., et Pluvineau, F. (2000). Un registre géométrique unidimensionnel pour l'expression des rationnels. *Recherches en didactique des mathématiques*, 20 (1), 41-88.
- Ainsworth, S., et Loizou, A. (2003). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive science*, 27(4), 669-681.
- Alberta Learning. (2010). *Faire une différence : répondre aux différents besoins en matière d'apprentissage à l'aide de la différenciation pédagogique*. Gouvernement de l'Alberta. <http://tinyurl.com/m3f78d9a>
- Allaire, G. (2015). Les défis d'appropriation du TNI par l'enseignant : Récit d'une démarche de développement professionnel. Dans *Le tableau numérique interactif : Quand chercheurs et praticiens s'unissent pour dégager des pistes d'action* (p. 135-148). Presses de l'Université du Québec.
- Allo prof. (2021). *La notation fractionnaire*. Allo Prof. <http://www.alloprof.qc.ca/bv/pages/m1029.aspx>
- Angelo, T. A., et Cross, K. P. (2012). *Classroom assessment techniques*. Jossey Bass Wiley.
- Arcavi, A. (2005). Developing and using symbol sense in mathematics. *For the learning of mathematics*, 25(2), 42-47.
- Arpin, L. et Capra, L. (2008). *Accompagner l'enseignant dans son parcours professionnel*. Chenelière Éducation.
- Back (2013). *Manipulatives in the primary classroom*. University of Cambridge.
- Ball, D. L. (1990). The mathematical understandings that prospective teachers bring to teacher education. *The elementary school journal*, 90(4), 449-466.
- Ball, D. L. (1992). *Implementing the NCTM Standards: Hopes and hurdles*. National Center for Research on Teacher Learning, Michigan State University.
- Bangert-Drowns, R. L., Kulik, C. L. C., Kulik, J. A., et Morgan, M. (1991). The instructional effect of feedback in test-like events. *Review of educational research*, 61(2), 213-238.
- Barth, B. M. (2004). *L'apprentissage par l'abstraction*. Retz.
- Barth, B. M. (2004). *Le savoir en construction*. Retz.
- Barth, B. M. (2004). Le transfert des connaissances : Quels présupposés ? Quelles implications pédagogiques. *Le transfert des apprentissages, comprendre pour mieux intervenir*, 269-283.
- Barth, B. M. (2013). *Élève chercheur, enseignant médiateur : donner du sens aux savoirs*. Retz.

- Beaugrand, J. P. (1988). Démarche scientifique et cycle de la recherche. *Fondements et étapes de la recherche scientifique en psychologie*, 1-35.
- Bednarz, N. (1987). *Le jeune enfant et l'acquisition du concept de nombre. Des conceptions stratégiques des enfants au concept mathématique*. Université du Québec à Montréal. CIRADE.
- Bednarz, N., Proulx, J. (2010). Processus de recherche-formation et développement professionnel des enseignants de mathématiques : Exploration de mathématiques enracinées dans leurs pratiques. *Éducation et Formation*, (293), 21-36.
- Bergeron, G., et Granger, N. (2016). Les retombées de deux projets de recherche-action impliquant une collaboration interprofessionnelle sur le développement des pratiques inclusives au secondaire. *Education sciences and society*, (1), 161-177.
- Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning*. McGraw-Hill.
- Blouin, P. (1993). *Enseignement de la notion de fraction à des élèves de 1<sup>ère</sup> secondaire en difficulté d'apprentissage* [thèse de doctorat, Université de Montréal].
- Blouin, P., et Lemoyne, G. (2002). L'enseignement des nombres rationnels à des élèves en difficulté d'apprentissage : une approche didactique de la rééducation et ses effets. *Petit*, (58), 7-23.
- Boaler, J., et Staples, M. (2008). Creating mathematical futures through an equitable teaching approach: The case of Railside School. *Teachers College Record*, 110(3), 608-645.
- Bober, M. (2010). Games-based experiences for learning. *Futurelab*.
- Bosson, M. S., Hessels, M. G., Hessels-Schlatter, C., Berger, J. L., Kipfer, N. M., et Büchel, F. P. (2010). Strategy acquisition by children with general learning difficulties through metacognitive training. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 15(1), 13-34.
- Bray, M. (2013). Benefits and tensions of shadow education: Comparative perspectives on the roles and impact of private supplementary tutoring in the lives of Hong Kong students. *Journal of International and Comparative Education (JICE)*, 18-30.
- Breive, S. (2020). Student–teacher dialectic in the co-creation of a zone of proximal development: An example from kindergarten mathematics. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(3), 413-423.
- Brousseau, G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue française de pédagogie*, 130-139
- Brousseau, G. (1988). Les différents rôles du maître. *Bulletin de l'AMQ*. Montréal, (23), 14-24.
- Brousseau, G. (2003). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. DAEST - Faculté des Sciences de l'Homme-Université Victor Segalen.
- Brousseau, G., et Balacheff, N. (1998). *Théorie des situations didactiques : Didactique des mathématiques 1970-1990*. La pensée sauvage.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.

- Butler, F. M., Miller, S. P., Crehan, K., Babbitt, B., et Pierce, T. (2003). Fraction instruction for students with mathematics disabilities: Comparing two teaching sequences. *Learning Disabilities Research & Practice, 18*(2), 99-111.
- Carpenter, T. P., Falkner, M. L., et Levi, L. (2003). *Thinking mathematically*. Portsmouth, Heinemann.
- Charbonneau, J. (2006). Réversibilités et parcours scolaires au Québec. *Cahiers internationaux de sociologie, (120)*, 111-131. <https://doi.org/10.3917/cis.120.0111>
- Charnay, R. (1996). *Pourquoi des mathématiques à l'école ?* ESF éditeur.
- Cheung, A. C., et Slavin, R. E. (2011). The Effectiveness of Education Technology for Enhancing Reading Achievement: A Meta-Analysis. *Center for Research and reform in Education*.
- Cochran-Smith, M., et Lytle, S. L. (1999). Relationships of knowledge and practice: Teacher learning in communities. *Review of research in education, 24*(1), 249-305.
- Conseil Supérieur de l'Éducation. (2014). *Le développement professionnel, un enrichissement pour toute la profession enseignante*. Gouvernement du Québec. [www.cse.gouv.qc.ca](http://www.cse.gouv.qc.ca)
- Conseil Supérieur de l'Éducation. (2017). *Pour une école riche de tous les élèves*. Gouvernement du Québec. [www.cse.gouv.qc.ca](http://www.cse.gouv.qc.ca)
- Corcoran, T. B., McVay, S., et Riordan, K. (2003). *Getting it right: The MISE approach to professional development*. CPRE Research Reports.
- Crespo, S. (2000). Seeing more than right and wrong answers: Prospective teachers' interpretations of students' mathematical work. *Journal of Mathematics Teacher Education, 3*(2), 155-181.
- CTREQ. (2016). *Les données probantes en éducation*. CTREQ. <https://www.ctreq.qc.ca/les-donnees-probantes-en-education>
- Cyr, S., Charland, P., et Riopel, M. (2016). Un jeu vidéo pour l'apprentissage des fractions au primaire. *Math-École, (226)*, 8-12.
- Darling-Hammond, L., et Richardson, N. (2009). Research Review/Teacher Learning: What Matters?. *How Teachers Learn, 66*(5), 46-53.
- Darling-Hammond, L., Hylar, M. E., et Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
- DeBlois, L. (2011). *Enseigner les mathématiques : des intentions à préciser pour planifier, guider et interpréter*. Presses de l'Université Laval.
- Devlin, K. (2018). *Method for representing and solving algebraic equations with a physical or virtual gear system*. U.S. Patent No 9,904,657.
- Digital Promise. (2023). Concrete-Representational-Abstract (CRA). <https://lvp.digitalpromiseglobal.org/content-area/math-7-10/strategies/concrete-representational-abstract-cra-math-7-10/summary>

- Dionne, L. et Couture, C. (2013). Avantages et défis d'une communauté d'apprentissage pour dynamiser l'enseignement des sciences et de la technologie à l'élémentaire. *Éducation et francophonie*, 41(2), 212–231. <https://doi.org/10.7202/1021034ar>
- Doppelt, Y., Schunn, C. D., Silk, E. M., Mehalik, M. M., Reynolds, B., et Ward, E. (2009). Evaluating the impact of a facilitated learning community approach to professional development on teacher practice and student achievement. *Research in Science & Technological Education*, 27(3), 339-354.
- Education Endowment Foundation. (2021). *Teaching and learning toolkit*. Education Endowment Foundation. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/education-evidence/teaching-learning-toolkit>
- Empson, S. B. (2003). Low-performing students and teaching fractions for understanding: An interactional analysis. *Journal for research in mathematics education*, 34(4), 305-343.
- Falkner, K. P., Levi, L., et Carpenter, T. P. (1999). Children's understanding of equality: A foundation for algebra. *Teaching children mathematics*, 6(4), 232.
- Fontaine, S., Savoie-Zajc, L., et Cadieux, A. (2013). L'impact des CAP sur le développement de la compétence des enseignants en évaluation des apprentissages. *Éducation et francophonie*, 41(2), 10-34.
- Fortin, M. F., et Gagnon, J. (2022). *Fondements et étapes du processus de recherche : méthodes quantitatives et qualitatives*. Chenelière éducation.
- Fosnot, C. T., et Jacob, B. (2010). *Young Mathematicians at Work: Constructing Algebra*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Fullan, M. (2007). Change the terms for teacher learning. *Journal of staff development*, 28(3), 35-36.
- Fullan, M. (2007). Change the terms for teacher learning. *National Staff Development council*, 28(3), 35-36,71.
- Fullan, M. (2007). *The New Meaning of Educational Change* (4<sup>e</sup> ed.). Teachers college Press.
- Fuson, K., et Murata, A. (2007). Integrating the NRC principles and the NCTM process standards: Cognitively guided teaching to individualize instruction within whole-class activities and move all students within their learning paths. *National Council of Supervisors of Mathematics Journal*, 10(1), 72-90.
- Fyfe, E. R., et Nathan, M. J. (2019). Making “concreteness fading” more concrete as a theory of instruction for promoting transfer. *Educational Review*, 71(4), 403-422.
- Gagnon, B., Charron, A. et Raby, C. (2015). *Collaborer et coopérer pour la mise en œuvre de projets de recherche-action : Un partenariat gagnant pour le développement professionnel des enseignants*. Paris, France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01203408>
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., et Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American educational research journal*, 38(4), 915-945.

- Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment*, 1(1), 20-20.
- Giguère, M. H. (2015). *Les effets d'un cercle pédagogique sur le regard professionnel et les pratiques pédagogiques des enseignants du 3e cycle du primaire en grammaire actuelle* [Thèse de doctorat, Université de Montréal]. Papyrus. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/13051>
- Giroux, J. (2013). Entretiens didactiques sur la fraction auprès d'élèves en difficulté d'apprentissage. *Actes du colloque du Groupe de didactique des mathématiques du Québec*, 52-61.
- Goos, M., Galbraith, P., et Renshaw, P. (2002). Socially mediated metacognition: Creating collaborative zones of proximal development in small group problem solving. *Educational studies in Mathematics*, 49, 193-223.
- Graham, S., Hebert, M., et Harris, K. R. (2015). Formative assessment and writing: A meta-analysis. *The Elementary School Journal*, 115(4), 523-547.
- Granger, N., Debeurme, G., et Kalubi, J. C. (2013). Les cercles d'apprentissage et d'inclusion: regard sur la transformation des pratiques enseignantes au secondaire. *Éducation et francophonie*, 41(2), 232-248.
- Gravemeijer, K. P. (1991). An instruction-theoretical reflection on the use of manipulatives. *Realistic mathematics education in primary school*, 57-76.
- Greeno, J. G., et Hall, R. P. (1997). Practicing representation: Learning with and about representational forms. *Phi Delta Kappan*, 78, 361-367.
- Guskey, T. R. (1999). *New Perspectives on Evaluating Professional Development*. US Department of Education.
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin press.
- Guskey, T. R. (2009). Closing the knowledge gap on effective professional development. *Educational horizons*, 87(4), 224-233.
- Guskey, T. R. (2010). Lessons of mastery learning. *Educational leadership*, 68(2), 52.
- Guskey, T. R., et Pigott, T. D. (1988). Research on group-based mastery learning programs: A meta-analysis. *The Journal of Educational Research*, 81(4), 197-216.
- Guskey, T. R., et Yoon, K. S. (2009). What works in professional development?. *Phi delta kappan*, 90(7), 495-500.
- Hamel, C., Laferrière, T., Turcotte, S. et Allaire, S. (2013). Un regard rétrospectif sur le développement professionnel des enseignants dans le modèle de l'École éloignée en réseau. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 105-130. <https://doi.org/10.3406/stice.2013.1061>
- Hasemann, K. (1981). On difficulties with fractions. *Educational studies in mathematics*, 12(1), 71-87.

- Hattie, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. Routledge.
- Hattie, J. (2023). *Visible learning: The sequel: A synthesis of over 2,100 meta-analyses relating to achievement*. Taylor & Francis.
- Hattie, J., et Clarke, S. (2019). *Visible Learning: Feedback*. Routledge.
- Hattie, J., et Yates, G. C. (2013). *Visible learning and the science of how we learn*. Routledge.
- Hawkridge, D. (1990). Who needs computers in schools, and why?. *Computer and Education*, 15(1-3), 1-6.
- Haystead, M. W. et Marzano, R.J. (2009). Meta-analytic synthesis of studies conducted at Marzano Research Laboratory on instructional strategies. *Marzano Research Laboratory*, 1-38.
- Heritage, M. (2008). Learning progressions: Supporting instruction and formative assessment. *The Council of Chief State School Officers*, 1-30.
- Herz, J. C. (1997). *Joystick nation: How videogames ate our quarters, won our hearts, and rewired our minds*. Little, Brown & Company.
- Hiebert, J. (1997). *Making sense: Teaching and learning mathematics with understanding*. Heinemann.
- Hiebert, J., et Wearne, D. (1993). Instructional tasks, classroom discourse, and students' learning in second-grade arithmetic. *American educational research journal*, 30(2), 393-425.
- Higgins, S., Xiao, Z., et Katsipataki, M. (2012). The Impact of Digital Technology on Learning: A Summary for the Education Endowment Foundation. *Education Endowment Foundation*.
- Hofer, M., et Harris, J. (2010, mars). Differentiating TPACK development: Using learning activity types with inservice and preservice teachers. Dans *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Horne, P. E., et Timmons, V. (2009). Making it work: Teachers' perspectives on inclusion. *International journal of inclusive education*, 13(3), 273-286.
- Jacob, A., et McGovern, K. (2015). *The Mirage: Confronting the Hard Truth about Our Quest for Teacher Development*. TNTP.
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L., et Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for research in mathematics education*, 169-202.
- Jitendra, A. K., Griffin, C. C., McGoey, K., Gardill, M. C., Bhat, P., et Riley, T. (1998). Effects of mathematical word problem solving by students at risk or with mild disabilities. *The Journal of Educational Research*, 91(6), 345-355.

- Karsenti, T., et Savoie-Zajc, L. (2011). *La recherche en éducation : étapes et approches* (3<sup>e</sup> ed.). Éditions du renouveau pédagogique inc.
- Kleickmann, T., Tröbst, S., Jonen, A., Vehmeyer, J., et Möller, K. (2016). The effects of expert scaffolding in elementary science professional development on teachers' beliefs and motivations, instructional practices, and student achievement. *Journal of Educational Psychology, 108*(1), 21.
- Kluger, A. N., et DeNisi, A. (1996). The effects of feedback interventions on performance: A historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological bulletin, 119*(2), 254.
- Kokkonen, T., et Schalk, L. (2021). One instructional sequence fits all? A conceptual analysis of the applicability of concreteness fading in mathematics, physics, chemistry, and biology education. *Educational Psychology Review, 33*(3), 797-821.
- Lafortune, L. (2008). *Un modèle d'accompagnement professionnel d'un changement, pour un leadership novateur*. Presses de l'Université du Québec.
- Le Boterf, G. (2008). Repenser la compétence. *Pour dépasser les idées reçues*, 1-15.
- Leclerc, M. et Labelle, J. (2013). Au coeur de la réussite scolaire : communauté d'apprentissage professionnelle et autres types de communautés. *Éducation et francophonie, 41* (2), 1-9. <https://doi.org/10.7202/1021024ar>
- Leclerc, M., Dumouchel, C. et De Granpré, M. (2015). La communauté d'apprentissage professionnelle et ses retombées sur l'organisation scolaire. *Formation et profession, 23*(3), 85-98.
- Legault, J.-P. (2004). *Former des enseignants réflexifs*. Logiques.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e éd, Ser. Le défi éducatif). Guérin.
- Leroux, M. et Vivegnis, I. (2019). Cercle pédagogique et analyse de cas : dispositifs complémentaires de réflexion collective au cœur de la formation initiale des enseignants. *Formation profession, 27* (2), 58-73. doi : 10.18162/fp.2019.506
- Lesh, R., Post, T. R., et Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. Dans Janvier, C. (dir.), *Problems of representations in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33-40). Lawrence Erlbaum.
- Little, J. W. (2003). Inside teacher community: Representations of classroom practice. *Teachers college record, 105*(6), 913-945.
- Long, Y., et Aleven, V. (2017). Educational Game and Intelligent Tutoring System: A Classroom Study and Comparative Design Analysis. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 24*(3), 20.
- Marcel, J. F., Olry, P., Rothier-Bautzer, É., et Sonntag, M. (2002). Les pratiques comme objet d'analyse. *Revue française de pédagogie, 135-170*.

- Marzano, R. J. (1998). *A theory-based meta-analysis of research on instruction*. Mid-Continent Regional Educational Laboratory.
- Marzano, R. J. (2010). *Designing & teaching learning goals & objectives*. Solution Tree Press.
- McCallum, W., Zimba, J., et Daro, P. (2011). *Progressions for the common core state Standards in Mathematics*. Institute for Mathematics and Education, University of Arizona.
- Mehan, H. (1979). « What time is it, Denise? » : Asking known information questions in classroom discourse. *Theory into practice*, 18(4), 285-294.
- MEQ, (2006). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles*. Gouvernement du Québec.
- MEQ, (2007). *Situations d'apprentissage et d'évaluation*. Gouvernement du Québec.
- MEQ, (2010). *La formation générale des jeunes : l'éducation préscolaire, l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire*. Gouvernement du Québec.
- MEQ. (2017). *Progression des apprentissages au primaire, Mathématiques*. Gouvernement du Québec.
- MEQ, (2018). *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. Gouvernement du Québec.
- MEQ, (2021). *Plan pour la réussite éducative : L'éducation au-delà de la pandémie*. Gouvernement du Québec.
- MEQ, (2023). *Programme de formation de l'école québécoise*. Gouvernement du Québec.
- Mercer, C. D., Harris, C. A., et Miller, S. P. (1993). First invited response: Reforming reforms in mathematics. *Remedial and Special Education*, 14(6), 14-19.
- Mercier, P. (2004). *Le passage de l'école primaire à l'école secondaire dans l'enseignement et l'apprentissage des fractions*. Université Laval.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. Jossey-Bass Publishers.
- Messier, G. (2014). *Proposition d'un réseau conceptuel initial qui précise et illustre la nature, la structure ainsi que la dynamique des concepts apparentés au terme méthode en pédagogie* [Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal]. <https://archipel.uqam.ca/6822/1/D2770.pdf>
- Miles, M. B., et Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. De Boeck Supérieur.
- Miller, C. S., Lehman, J. F., et Koedinger, K. R. (1999). Goals and learning in microworlds. *Cognitive Science*, 23(3), 305-336.
- Miller, C., Doering, A., Veletsianos, G., et Scharber, C. (2009). Using the technological, pedagogical, and content knowledge framework to design online learning environments and professional development. *Journal of Educational Computing Research*, 41(3), 319-346.



- Miller, S. M. (2007). English teacher learning for new times: Digital video composing as multimodal literacy practice. *English Education*, 40(1), 61-83.
- Miller, S. M., et Borowicz, S. (2007). New literacies with an attitude: Transformative teacher education through digital video learning tools. *Teacher education with an attitude*, 111-126.
- Miller, S. P., et Mercer, C. D. (1993). *Using data to learn concrete-semiconcrete-abstract instruction for students with math disabilities*. Learning Disabilities Research & Practice.
- Mishra, P., et Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers' college record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., et Koehler, M. J. (2007). Technological pedagogical content knowledge (TPCK): Confronting the wicked problems of teaching with technology. Dans *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 2214-2226). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Moran, A. (2007). Embracing inclusive teacher education. *European journal of teacher education*, 30(2), 119-134.
- Moreno, R., et Durán, R. (2004). Do multiple representations need explanations? The role of verbal guidance and individual differences in multimedia mathematics learning. *Journal of educational psychology*, 96(3), 492.
- Murata, A. (2008). Mathematics teaching and learning as a mediating process: The case of tape diagrams. *Mathematical Thinking and Learning*, 10(4), 374-406.
- Murata, A., et Kattubadi, S. (2012). Grade 3 students' mathematization through modeling: Situation models and solution models with mutli-digit subtraction problem solving. *The Journal of Mathematical Behavior*, 31(1), 15-28.
- Murata, A., et Stewart, C. (2017). Facilitating mathematical practices through visual representations. *Teaching Children Mathematics*, 23(7), 404-412.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Staff and Development Council.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. National Staff and Development Council.
- National Research Council. (2001). *Helping children learn mathematics*. National Academies Press.
- National Staff Development Council. (2009). *Professional Learning in the Learning Profession*. National Staff and Development Council.
- Neagoy, M. (2017). *Unpacking Fractions: Classroom-Tested Strategies to Build Students' Mathematical Understanding*. ASCD.
- NSW Government. (2017). *Cognitive load theory: Research that teachers really need to understand*. Centre for Education Statistics and Evaluation.

- Office Québécoise de la langue française (2012). Résultats de recherche : *Jeux sérieux*. Office Québécoise de la langue française.  
<http://www.gdt.oqlf.gouv.qc.ca/resultat.aspx?terme=jeu+sérieux>
- Oonk, W., Goffree, F., et Verloop, N. (2003). *For the enrichment of practical knowledge: Good practice and useful theory for future primary teachers*. Dans Brophy, J. (dir.), *Using video in teacher education*. Emerald Group Publishing Limited.
- Ottomar, E., Weitnauer, E., et Landy, D. (2016). Graspable math: Towards dynamic algebra notations that support learners better than paper. *Future Technologies Conference (FTC)*, 406-414.
- Pape, S. J., et Tchoshanov, M. A. (2001). The role of representation (s) in developing mathematical understanding. *Theory into practice*, 40(2), 118-127.
- Perrenoud, P. (2001). Mettre la pratique réflexive au centre du projet de formation. *Cahiers pédagogiques*, 390, 42-45.
- Perrotta, C., Featherstone, G., Aston, H., et Houghton, E. (2013). Game-based learning: Latest evidence and future directions. *Slough : NFER*.
- Poirier, A-M., (2020). *Description du travail d'appropriation de pratiques pédagogiques efficaces au sein d'un cercle pédagogique par des enseignants du secondaire œuvrant en contexte technologique* [Thèse de doctorat, Université de Montréal]. Papyrus.  
<http://hdl.handle.net/1866/24282>
- Poirier, L. (2001). *Enseigner les maths au primaire : notes didactiques*. ERPI.
- Proulx, J., Bednarz, N. (2010). Formation mathématique des enseignants du secondaire : partie I, réflexions fondées sur une analyse des recherches. *Revista de Educaçao Matematica e Tecnologica IberoAmericana*. Vol.1(1), 30, <http://emteia.gente.eti.br>
- Radford, L., Demers, S., et Miranda, I. (2009). *Processus d'abstraction en mathématiques : repères pratiques et conceptuels*.
- Renaud, K., Guillemette, F. et Leblanc, C. (2015). *Le soutien au transfert des apprentissages*. UQTR.
- Rosar, D., Van Nieuwenhoven, C., et Jonnaert, P. (2001). Les fractions : comment mieux comprendre les difficultés rencontrées par les élèves ? *Instantanés mathématiques*, 37 (2), 4.
- Rosenshine, B. (1986). Synthesis of research on explicit teaching. *Educational leadership*, 43(7), 60-69.
- Rosenshine, B. V. (1986). Synthesis of research on explicit teaching. *Educational leadership*, 43(7), 60-69.
- Rousseau, N., et Thibodeau, S. (2011). S'approprier une pratique inclusive : regard sur le sentiment de compétence de trois équipes-écoles au cœur d'un processus de changement. *Éducation et francophonie*, 39 (2), 145-164.
- Rousseau, N., Point, M., Vienneau, R., Blais, S., Desmarais, K., Maunier, S., et Tétreault, K. (2015). *Les enjeux de l'intégration et de l'inclusion scolaire des élèves à risque du primaire et du*

*secondaire : méta-analyse et méta-synthèse*. Le Fonds de recherche québécois société et culture.

- Roy, N., Gruslin, É. et Poelhuber, B. (2020). Le développement professionnel au postsecondaire à l'ère du numérique. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire / International Journal of Technologies in Higher Education*, 17(1), 63-75. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2020-v17n1-13>
- Santagata, R. (2009). Designing video-based professional development for mathematics teachers in low-performing schools. *Journal of teacher education*, 60(1), 38-51.
- Sarama, J., et Clements, D. H. (2004). Building blocks for early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 181-189.
- Saxe, G. B., et Gearhart, M. (2001). Enhancing students' understanding of mathematics: A study of three contrasting approaches to professional support. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 4(1), 55-79.
- Schneuwly, B., Dolz-Mestre, J., et Ronveaux, C. (2006). *Le synopsis : un outil pour analyser les objets enseignés. Les méthodes de recherche en didactiques* [communication orale]. Séminaire international sur les méthodes de recherches en didactiques, 175-189.
- Schnotz, W., et Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and instruction*, 13(2), 141-156.
- Schunk, D. H., et Cox, P. D. (1986). Strategy training and attributional feedback with learning disabled students. *Journal of educational psychology*, 78(3), 201.
- Seago, N. (2003). Using video as an object of inquiry for mathematics teaching and learning. dans Brophy, J. (dir.), *Using video in teacher education*. Emerald Group Publishing Limited.
- Seidel, T., Rimmel, R., et Prenzel, M. (2005). Clarity and coherence of lesson goals as a scaffold for student learning. *Learning and instruction*, 15(6), 539-556.
- Senécal, I., Brazeau, C. et Quirion, I. (2018). La pédagogie inclusive : conception universelle de L'apprentissage. *Collège Sainte-Anne*.
- Sergiovanni, T. J. (1996). *Leadership for the schoolhouse: How is it different? Why is it important?*. Jossey-Bass, Inc. Publishers.
- Shaftel, J., Pass, L., et Schnabel, S. (2005). Math games for adolescents. *Teaching Exceptional Children*, 37(3), 25-30.
- Sherin, M. G., et van Es, E. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. *Journal of Teacher Education*, 60.
- Sherin, M., et Van Es, E. (2005). Using video to support teachers' ability to notice classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 13(3), 475-491.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.

- Shulman, L. S., et Sherin, M. G. (2004). Fostering communities of teachers as learners: Disciplinary perspectives. *Journal of curriculum studies*, 36(2), 135-140.
- Shulman, L., et Shulman, J. (2004). How and what teachers learn: a shifting perspective. *Journal of Curriculum Studies*, 36(2), 257-271.
- Sleep, L., et Boerst, T. A. (2012). Preparing beginning teachers to elicit and interpret students' mathematical thinking. *Teaching and Teacher Education*, 28(7), 1038-1048.
- Small, M. (2020). *Good questions: Great ways to differentiate mathematics instruction in the standards-based classroom*. Teachers College Press.
- Snow-Renner, R., et Lauer, P. A. (2005). Professional Development Analysis. McREL Insights. *Mid-Continent Research for Education and Learning (McREL)*.
- Sokolowski, A., Li, Y., et Willson, V. (2015). The effects of using exploratory computerized environments in grades 1 to 8 mathematics: A meta-analysis of research. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1-17.
- Stein, M. K., et Lane, S. (1996). Instructional tasks and the development of student capacity to think and reason: An analysis of the relationship between teaching and learning in a reform mathematics project. *Educational Research and Evaluation*, 2(1), 50-80.
- Stein, M. K., et Smith, M. S. (1998). Mathematical tasks as a framework for reflection: From research to practice. *Mathematics teaching in the middle school*, 3(4), 268-275.
- Stein, M. K., Smith, M. S., Henningsen, M. A., et Silver, E. A. (2009). *Implementing standards-based math instruction: A casebook for professional development*. Teachers College Press.
- Stylianou, D. A., et Silver, E. A. (2004). The role of visual representations in advanced mathematical problem solving: An examination of expert-novice similarities and differences. *Mathematical thinking and learning*, 6(4), 353-387.
- Swan, K. (2001). Virtual interaction: Design factors affecting student satisfaction and perceived learning in asynchronous online courses. *Distance education*, 22(2), 306-331.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295-312.
- Tardif, J., et Meirieu, P. (1996). Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances. *Vie pédagogique*, 98 (7), 4-7.
- Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms*. ASCD.
- Tomlinson, C. A. (2010). One kid at a time. *Educational Leadership*, 67(5), 12-16.
- Tomlinson, C -A. et McTighe, J. (2010). *Intégrer la différenciation pédagogique et la planification à rebours*. Chenelière Éducation.
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., Conover, L. A. et Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A review of literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(2-3), 119-145.

- Tomlinson, C. A., Brimijoin, K., et Narvaez, L. (2008). *The differentiated school: Making revolutionary changes in teaching and learning*. ASCD.
- Tomlinson, C. A. et Imbeau, M. B. (2013). Managing a differentiated classroom. *Breaking the Mold of Classroom Management: What Educators Should Know and Do to Enable Student Success*. R&L Education.
- Tomlinson, C. A., Kaplan, S. N., Renzulli, J. S., Purcell, J., Leppien, J. et Burns, D. (2002). *The parallel curriculum: A design to develop high potential and challenge high-ability learners*. Corwin Press.
- Tomlinson, C. A., et Parrish, W. (2013). *Defensible differentiation: why, what, and how?* Hawker Brownlow Education.
- Tournaki, N. (2003). The differential effects of teaching addition through strategy instruction versus drill and practice to students with and without learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 36(5), 449-458.
- Tripathi, P. N. (2008). Developing mathematical understanding through multiple representations. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 13(8), 438-445.
- Trollip, S. R., et Alessi, S. M. (2001). *Multimedia for learning: methods and development*. Allyn & Bacon.
- U.S. Congress Office of Technology Assessment. (1995). *Teachers and technology: Making the connection*. U.S. Government Printing Office.
- UNESCO, (1990), *Déclaration mondiale sur l'éducation pour tous et cadre d'action pour répondre aux besoins éducatifs fondamentaux*, adoptés par la Conférence mondiale sur l'éducation pour tous Jomtien.  
[http://www.unesco.org/education/efa/fr/ed\\_for\\_all/background/jomtien\\_declaration.shtml](http://www.unesco.org/education/efa/fr/ed_for_all/background/jomtien_declaration.shtml)
- US Department of Education (2016). Advancing Educational Technology in Teacher Preparation: Policy Brief. *Office of Educational Technology, US Department of Education*.
- Uwamariya, A., et Mukamurera, J. (2005). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31 (1), 133-155.
- Van der Maren, J. M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Presses de l'Université de Montréal et de Boeck.
- Van Es, E. A. et Sherin, M. G. (2010). The influence of video clubs on teachers' thinking and practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(2), 155-176.
- Van Garderen, D., et Montague, M. (2003). Visual-spatial representation, mathematical problem solving, and students of varying abilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 18(4), 246-254.
- Venant, F., et Migneault, P. (2017). Développer la pensée algébrique précoce en jouant? Représentations et manipulations dans Dragon Box. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 20(3), 33-55.

- Vergnaud, G. (1981). L'enfant, la mathématique et la réalité : problèmes de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire. *Revue Française de la pédagogie*, 61, 88-89.
- Vergnaud, G. (1986). Psychologie du développement cognitif et didactique des mathématiques. *Grand N*, 38, 21-40.
- Vienneau, R. (2006). De l'intégration scolaire à une véritable pédagogie de l'inclusion. *Transformation des pratiques éducatives. La recherche sur l'inclusion scolaire*, 23, 7-32.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental processes*. Harvard University Press.
- Warschauer, M. (2011). *Learning in the Cloud*. Teachers College Press.
- Witzel, B. S., Mercer, C. D., et Miller, M. D. (2003). Teaching algebra to students with learning difficulties: An investigation of an explicit instruction model. *Learning Disabilities Research & Practice*, 18(2), 121-131.
- Wood, T., et Turner-Vorbeck, T. (2001). Extending the conception of mathematics teaching. *Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics*, 185-208.
- Wouters, P., Van Der Spek, E., et Van Oostendorp, H. (2008, 517-524). *Cognition-based learning principles in the design of effective serious games: How to engage learners in genuine learning*. [communication orale]. 2nd European conference on games-based learning.
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., et Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of educational psychology*, 105(2), 249.
- Wouters, P., et Van Oostendorp, H. (2013). A meta-analytic review of the role of instructional support in game-based learning. *Computers et Education*, 60(1), 412-425.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). Sage.
- Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S., et Byers, J. L. (2002). Conditions for classroom technology innovations. *Teachers college record*, 104(3), 482-515.

## Annexes

## **Annexe 1**

### **Activité 1, enseignante A**

Nous présentons dans ce qui suit les 3 principes pédagogiques de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendré chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 32 et 33.

#### *Principe 1 : Rendre visibles les apprentissages*

L'enseignante demande à l'élève de venir à l'avant pour décrire son raisonnement [QR]. Il fait des manipulations dans l'application en décrivant ses actions [rd]. L'enseignante explique la démarche de l'élève en même temps en nommant les fractions que l'élève choisit de faire tomber [MR]. Elle décompose aussi le problème en étape en questionnant l'élève pendant qu'il travaille au tableau « tu as fait tomber  $1/2$ , après ça qu'est-ce que tu vas faire ? » [GQ]. En questionnant l'élève, l'enseignante oriente les questions pour cibler la ZPD des élèves [ZPD] et l'amène à nommer les fractions par lui-même [mf]. L'élève réussit à résoudre le problème du premier coup et à nommer correctement les fractions [mf].

Les élèves qui viennent s'exercer dans l'application au tableau n'ont pas nécessairement fait le problème choisi sur leur tablette durant la séance d'exercitation. Toutefois, l'enseignante les encourage à s'essayer et les laisse tenter leur chance deux fois avant de demander l'aide d'un autre élève.

Parfois l'élève réussit du premier coup sans verbaliser sa démarche [ma] et sans soutien de la part de l'enseignante. D'autre fois, pendant que l'élève résout le niveau, l'enseignante lui demande de lui expliquer la démarche [QR]. Ce faisant, l'élève se rend compte de son erreur et demande de recommencer [ri]. Il explique donc correctement sa démarche. Il présente par exemple le principe derrière le niveau : « faire du plus petit au plus grand pour couvrir la lave » [ds].

#### *Principe 2 : Soutenir le raisonnement de l'élève*

L'élève essaie de résoudre le problème à l'avant. Elle commence par étudier le problème et mentionne à l'enseignante qu'elle doit choisir entre deux morceaux, celui de gauche ou de droite [ps]. Si elle attend une confirmation de l'enseignante A, cette dernière répond en attirant son



attention sur le morceau en bas pour lui dire qu'elle a besoin de  $\frac{1}{3}$  [GI]. Ensuite, elle la laisse faire son choix. Si l'élève se trompe et choisit le morceau de  $\frac{1}{2}$ , elle recommence. Elle réussit la deuxième fois. L'enseignante la félicite [RQ].

Si l'élève qui est à l'avant ne réussit pas à résoudre le problème après un deuxième essai, l'enseignante A lui propose que quelqu'un vienne l'aider. Un élève est donc au tableau et l'autre lui dicte quoi faire depuis sa place, en lui expliquant son propre raisonnement verbalement. Cette dernière nomme les fractions [mf] et décrit la stratégie en même temps [rd], par exemple, elle lui dit qu'il doit couper le quart en deux verticalement [mp]. L'enseignante reformule les propos de l'élève [MR] et profite de ses interventions pour le questionner sur la prochaine étape et lui demander de nommer les fractions qu'il obtient en coupant ainsi [RPE]. Il réussit à nommer les fractions, à prévoir l'effet de ses actions dans le jeu et à poursuivre son explication correctement [mf].

### *Principe 3 : Susciter un dialogue cognitif et un travail en équipe*

Lorsqu'une autre élève qui écoute le raisonnement se rend compte d'une erreur, elle l'apporte à l'attention de l'élève qui dicte la démarche à suivre [DC]. L'enseignante lui demande parfois de justifier son raisonnement [QJ]. L'élève lui explique pourquoi sa démarche ne fonctionnerait pas [rj], en nommant les fractions [mf] et corrige le raisonnement de son pair. Ce dernier recommence le problème pour corriger l'erreur [ri] pendant que son pair le guide à travers les étapes toujours en nommant les fractions [mf], parfois en pointant aussi sur l'écran pour lui montrer quelles bulles il doit faire éclater. Si l'élève à l'avant choisit un morceau différent de celui qu'on lui demande de choisir, mais que sa solution fonctionne également, l'enseignante A attire l'attention des élèves que cela marcherait aussi [OS], cela peut-être par exemple à cause que les deux morceaux sont équivalents  $\frac{1}{4}$  [OF].

Si l'élève fait le niveau pour la première fois, on le voit prendre le temps de réfléchir silencieusement à la stratégie [ps]. Il essaie une première fois, mais cela ne fonctionne pas. En essayant une deuxième fois, l'élève réussit la moitié de la démarche. L'élève qui l'aide lui mentionne que le début était correct [ds]. L'élève refait donc ce qu'il a fait à l'essai précédent. L'enseignante commente le travail de l'élève en expliquant ce qu'il fait en nommant les fractions

[MR] : « tu as ramené le  $\frac{1}{4}$  au  $\frac{1}{4}$  ». Ensuite, l'élève lui mentionne quelles bulles il doit éclater pour réussir la deuxième étape du problème.

L'enseignante A encourage les élèves qui se sontentraîdés et les félicite à la suite de la résolution du problème [RQ]. Elle demande s'il y en a qui ont fait autre chose [DC].

**Tableau 32**  
Pratiques pédagogiques de l'enseignante A dans l'activité 1

Pratiques pédagogiques		Principes		
		1	2	3
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]			
	Clarifier les critères de succès [PC]			
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	•		
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]			
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]		•	
	Décomposer le problème [GQ]	•	•	
	Modéliser son raisonnement [GM]			
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]			
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]			
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	•		
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]			•
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]			
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]			
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]			
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•	•
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]			
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]			
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]		•	
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]			
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]			•

Pratiques pédagogiques		Principes		
		1	2	3
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]			•
	Travailler autour des stratégies [OS]			•
	Travailler sur la dimension affective [OA]			
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]			
	Utiliser un métalangage erroné [ME]			
	Nommer les fractions [MF]			
	Utiliser un métalangage [MP]			
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]			
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	•	•	•
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]			

**Tableau 33**

Travail des élèves dans la classe l'enseignante A durant l'activité 1

Raisonnement des élèves		Principes		
		1	2	3
Progression dans l'activité	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]			
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]		•	•
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]		•	
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]			
Caractéristiques du raisonnement	Décrire [rd]	•	•	
	Justifier sa réponse [rj]			•
	Segmenter sa démarche [rs]			
	Interpréter son erreur [ri]	•		•
Nature du dialogue cognitif	Discuter autour des stratégies [ds]	•		•
	Discuter autour des fractions [df]			
	Discuter autour de la dimension affective [da]			
Métalangage	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]			
	Utiliser un métalangage erroné [me]			
	Nommer les fractions [mf]	•	•	•
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]		•	

## Annexe 2

### Activité 2, enseignante A

Nous présentons dans ce qui suit les 4 principes pédagogiques de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les démarches qu'elles ont engendrées chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 34 et 35.

#### *Principes 1 : Lecture de la consigne*

L'enseignante explique aux élèves comment se déroulera la leçon. Elle précise le type de questions qu'elle posera et leur indique qu'ils peuvent écrire, dessiner et colorier sur l'écran, avec leurs doigts. Elle lit la consigne : « Que vois-tu sur l'image ? », l'explique aux élèves, la répète plusieurs fois et la reformule. Pendant que les élèves répondent dans *Nearpod*, sur leurs iPad, l'enseignante se promène en classe pour répondre aux questions.

#### *Principes 2 : Rendre visibles les apprentissages.*

Elle précise le temps restant à 30 secondes de la fin. Elle rassure les élèves, leur précise que ce n'est pas grave si leur dessin n'est pas un « chef-d'œuvre d'architecte » et les invite à envoyer leurs réponses lorsqu'ils ont terminé en pesant sur le bouton bleu en bas à droite.

Lorsque le temps alloué à la question est écoulé, l'enseignante choisit une réponse et la partage pour qu'elle apparaisse sur tous les iPads. Elle choisit une réponse où les élèves ont seulement dessiné, sans écrire leur raisonnement ou les fractions. Elle explique que c'est la raison pour laquelle elle a choisi cette équipe. Elle leur demande de lui expliquer « qu'est-ce qu'ils ont pensé quand ils ont dessiné ça » [QR].

Les élèves prennent le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]. Ils l'expliquent en la justifiant parfois [rj]. Si en expliquant sa démarche [rd] l'élève n'emploie pas le métalangage mathématique [ma], l'enseignante lui pose des questions pour l'amener à nommer les fractions « Alors toi tu penses que le point d'interrogation ça équivaut à combien ? » [OF]. Si l'élève ne répond toujours pas en nommant la fraction [ma], l'enseignante précise sa question en utilisant le métalangage [MQ] et lui demande en le guidant davantage vers la réponse : « le bloc en bas ça équivaut à quelle fraction ? » [OF]. L'élève parvient à nommer la fraction sans difficulté [mf].

L'enseignante fait des allers-retours entre le raisonnement mathématique [OF] et le raisonnement stratégique [OS]. Une fois que l'élève a su nommer les fractions [mf], que ce soit directement ou suite à quelques questions, l'enseignante reformule sa réponse [MR], demande à l'élève si c'est bien ce qu'il veut dire [QC], et le questionne sur la prochaine étape [GQ] : « Alors tu enlèves cette bulle et cette bulle. En même temps ? Qu'est-ce que tu prends en premier ? » Dans une discussion autour de la stratégie [ds], l'élève poursuit l'explication de son raisonnement en répondant aux questions de l'enseignante [rd].

L'enseignante revient ensuite au raisonnement mathématique [OF], et lui demande, pour terminer, de calculer le nombre de morceaux qui vont tomber et la fraction que cela donnerait [GQ]. L'élève réfléchit au raisonnement mathématique et répond correctement [pr] en utilisant le métalangage [mp].

Dans une discussion autour des fractions [df], pendant qu'il présente son raisonnement, chaque fois que l'élève répond correctement, l'enseignante valide en disant « parfait » [RQ]. Si l'élève se trompe en nommant la fraction « deux troisièmes » [me] elle le corrige « parfait,  $\frac{2}{3}$  » [RC]. Parfois, elle le renseigne sur son état d'avancement [REA].

### *Principe 3 : Susciter un dialogue cognitif*

Une fois que l'équipe a terminé son explication, l'enseignante ouvre la porte à un dialogue cognitif en demandant aux élèves s'ils ont des commentaires sur ce que leurs collègues ont fait [DC]. Un élève prend la parole pour expliquer son raisonnement [rd], en nommant les fractions [mf] à la suite de la division de chaque morceau. L'enseignante précise son métalangage pour expliquer qu'il a mis au même dénominateur [MC].

### *Principes 4 : Récapituler*

À la suite de l'explication de la démarche, l'enseignante reformule la réponse de l'élève [MR] pour s'assurer qu'elle a bien compris son raisonnement. Ce faisant, elle utilise la métalangue mathématique [MP] et justifie chacune des étapes pour les rendre plus explicites au reste de la classe : « tu as transformé le  $\frac{2}{3}$  sur 6 donc sur des  $6^e$ , sur le dénominateur 6, pour qu'ils soient pareils, pour bien comparer ». Elle lui demande quelle fraction ça lui donne [OF]. L'élève nomme

la fraction [mf]. Enfin, elle lui pose des questions sur sa stratégie « donc tu descendrais combien de cubes ? » [OS] pour compléter la résolution du problème.

**Tableau 34**  
Pratiques pédagogiques de l'enseignante A durant l'activité 2

Pratiques pédagogiques		Principes			
		1	2	3	4
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]				
	Clarifier les critères de succès [PC]				
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]		•		
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]				
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]				
	Décomposer le problème [GQ]		•		
	Modéliser son raisonnement [GM]				
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]				
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]				
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]		•		
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]				
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]		•		
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]				
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]		•		
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•		
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]				
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]		•		
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]				
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]				
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]			•	
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]		•		•
	Travailler autour des stratégies [OS]		•		•

Pratiques pédagogiques		Principes			
		1	2	3	4
Métalangage	Travailler sur la dimension affective [OA]				
	Ne pas utiliser de métalangage [MA]				
	Utiliser un métalangage erroné [ME]				
	Nommer les fractions [MF]				
	Utiliser un métalangage [MP]				•
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]			•	
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]		•		•
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]		•		



**Tableau 35**

Travail des élèves dans la classe de l'enseignante A durant l'activité 2

Travail des élèves		Principes			
		1	2	3	4
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]				
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]		•		
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]		•		
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]				
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]		•	•	
	Justifier sa réponse [rj]		•		
	Segmenter sa démarche [rs]				
	Interpréter son erreur [ri]				
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]		•		
	Discuter autour des fractions [df]		•		
	Discuter autour de la dimension affective [da]				
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]		•		
	Utiliser un métalangage erroné [me]		•		
	Nommer les fractions [mf]		•	•	•
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]		•		

### Annexe 3

#### Activité 3, enseignante A

Nous présentons dans ce qui suit les 8 principes de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 36 et 37.

##### *Principe 1 : Présentation de l'activité et lecture des consignes*

Les enseignants présentent aux élèves l'intention d'apprentissage. Ils leur expliquent qu'ils vont utiliser *Nearpod* et insistent qu'ils s'intéressent à comprendre, ce qui se passe dans leur tête [PI].

Pour chaque question, ils demandent aux élèves d'être bien attentifs et leur expliquent la consigne pour être certains que tout le monde la comprenne bien. Si la question est compliquée, ils le mentionnent dès le début et expliquent pourquoi elle l'est. Elle peut nécessiter par exemple que les élèves fassent appel à leur imagination pour voir le losange coupé en deux.

Avant de partager la question, ils rappellent l'intention du problème [PI]. Un problème peut avoir comme objectif d'amener les élèves à regrouper tous les morceaux qui peuvent faire  $\frac{1}{3}$ . Parfois, ils font un rappel de certaines connaissances antérieures en questionnant les élèves [PCA]. Ils leur demandent par exemple de préciser combien de  $\frac{1}{6}$  ça prend pour faire des  $\frac{1}{3}$  [MP], une notion vue précédemment. Ils peuvent aussi leur demander de définir un concept vu précédemment, par exemple, « le dénominateur » [OF]. Certains vont répondre sans difficulté en disant que « c'est le chiffre en bas » [df]. Ils répètent la bonne réponse [MR] et demandent si tout le monde est d'accord [DAC].

Ils partagent ensuite la consigne et leur donnent un indice sous forme d'une question, pour les guider pendant qu'ils travaillent dans *Nearpod* [GI]. Ils leur demandent par exemple de préciser le nombre de dénominateurs présents sur l'image [OF]. Un élève répond « 6 » [df]. Ils leur demandent aussi de compter le nombre de morceaux présents sur la bande dessinée dans la question [OF].

Parfois, ils attirent leur attention sur des éléments importants qui constituent l'image : « il faut faire attention, car il y en a qui sont pris en arrière, qui ne peuvent pas tomber facilement » [GI].

D'autres fois, ils répètent la consigne et la précisent [MR] : « tout ce que vous voyez. Est-ce que vous voyez des dénominateurs, des morceaux, qu'est-ce qui peut tomber, qu'est-ce que ne peut pas tomber ? »

Ils indiquent le temps restant à 40 sec ou une minute de la fin.

### *Principe 2 : Rendre visibles les apprentissages*

Une fois qu'ils ont reçu toutes les réponses, ils indiquent aux élèves qu'ils trouvent leurs réponses très intéressantes. Ils en choisissent une pour la partager avec la classe. Ils demandent à l'élève de présenter sa démarche [QR] ou de dire ce qu'il voit [QD]. Ils rassurent les élèves en mentionnant qu'ils vont essayer de faire passer tout le monde.

Certains élèves parviennent à expliquer leur démarche [rd] en nommant les fractions [mf], en utilisant le métalangage [mp] et en faisant les calculs [pr] sans que les enseignants les questionnent pour les guider à travers ces étapes. Par exemple, un élève explique sa démarche en disant : « la moitié du losange c'est  $1/4$ ... c'est  $2/4$  en tout. » Lorsque c'est le cas, les enseignants répètent le raisonnement de l'élève [MR] et lui demandent de justifier sa réponse [QJ]. L'élève réussit à répondre correctement en employant un métalangage développé [mp], par exemple : « parce qu'il a dit  $3/4$ , il n'a pas dit un entier ».

Parfois, les enseignants expliquent eux-mêmes le raisonnement d'un élève en nommant les fractions [MF]. Ce faisant, à quelques reprises, ils le questionnent pour soutenir son raisonnement mathématique [OF]. Par exemple, pour travailler l'équivalence des fractions, ils demandent si  $1/2$  et  $2/4$  c'est la même chose [OF]. L'élève réfléchit un moment et répond que c'est la même chose [pr].

### *Principe 3 : Soutenir le développement du métalangage et décomposer le problème*

Si l'élève qui prend la parole explique sa stratégie pour faire tomber les morceaux [rd], sans nommer les fractions [ma], les enseignants l'invitent à employer le métalangage et à nommer les fractions en la questionnant [OF] : « et en bas toi qu'est-ce que tu vois au-dessus du nuage ? ». L'élève lit la fraction «  $3/4$  » [mf]. Les enseignants augmentent le niveau de complexité des questions et l'invitent à faire le calcul [GQ]. Ils lui demandent d'additionner les fractions des morceaux sélectionnés, soient les deux  $1/4$  [GQ]. À la suite d'une bonne réponse «  $2/4$  » [mf], les

enseignants lui demandent de calculer la quantité manquante. Sa réponse l'informe sur la prochaine étape [RPE]. L'élève nomme la fraction [mf] et justifie sa réponse en expliquant la raison pour laquelle il va lui manquer  $1/4$  [rj].

Parfois, un élève corrige seul son raisonnement initial [ri] et le présente à la classe [rd], après avoir écouté quelques raisonnements qui sont mathématiquement corrects, mais qui ne fonctionnent pas au niveau de la stratégie dans le jeu. Contrairement à la première présentation, durant cette deuxième tentative, l'élève précise à chaque étape la fraction qui lui manque pour obtenir le total requis [mf], sans que les enseignants le lui demandent. Elle dit par exemple : « on fait tomber  $1/4$ . Il resterait  $3/4$  accroché ». Les enseignants reformulent son raisonnement en le précisant « le tout est trop grand alors on en enlève  $1/4$  » [MR].

#### *Principe 4 : Soutenir le raisonnement mathématique*

En écoutant le raisonnement mathématique d'un élève, les enseignants demandent aux élèves de nommer le dénominateur [OF]. Ils rappellent la règle voulant qu'il faut toujours avoir le même dénominateur pour pouvoir additionner et poursuivent avec un exemple [PCA] : « on ne peut pas additionner  $1/4 + 1/2$ , on peut additionner  $1/4 + 1/4 + 1/4$  ». Ils leur demandent s'ils sont d'accord avec ça [DAC] et en observant le silence, ils remarquent que c'est un peu plus compliqué. Un élève fort intervient dans la discussion mathématique [df] : « on peut les additionner, mais il faut changer de dénominateur » [mp].

Lors d'une prochaine question, mettant en œuvre d'autres fractions,  $1/6$  et  $1/3$ , les enseignants ajoutent une étape intermédiaire pour expliquer la règle précédente. Ils utilisent le dessin des bandes pour expliquer d'abord l'équivalence des fractions [GD]. Une fois que les élèves ont colorié les bandes, ils leur demandent combien de  $1/6$  il y a dans  $1/3$  [GD]. Ils poursuivent avec « On va dire  $1/3 +$  combien ? » Certains élèves répondent  $2/3$  d'autres disent  $2/6$  [mf]. Pour les aider à conceptualiser, ils écrivent l'équation au tableau et les invitent à imaginer les fractions : « si je dis  $1/3 + 1/6$ . Dans votre tête vous pouvez remplacer le  $1/3$  par combien ? » [MC] Un élève dit  $2/6$  [mf]. Les enseignants répètent la règle du dénominateur commun et expliquent que maintenant qu'ils sont tous sur 6, ils ont le droit de les additionner [OF]. Ils les invitent à faire le calcul et leur demandent combien ça va donner [OF]. Ils répondent  $3/6$  [mf].

*Principe 5 : Guider les élèves vers la bonne stratégie*

Après avoir discuté du raisonnement mathématique, les enseignants passent à la stratégie. Ils leur demandent d'abord de chercher les obstacles dans le problème [OS]. Ensuite, ils les guident pour trouver la bonne stratégie.

Pour commencer, ils segmentent la tâche et dessinent au tableau l'hexagone qui est dans le problème [GD]. Ils demandent aux élèves d'énumérer les façons de couper l'hexagone pour obtenir les morceaux requis [OS]. Ils leur donnent un indice en indiquant qu'il faut deux coupes [GI]. Après réflexion, ils demandent aux élèves de lui présenter les deux choix possibles et de lui dire combien de morceaux tomberaient dans chaque cas et de préciser la fraction correspondante [ps]. Ils dessinent le raisonnement d'un élève au tableau [GD]. L'élève nomme la fraction «  $3/6$  » [mf], comme demandé [OF]. Si ce raisonnement ne mène pas à la bonne solution, les enseignants expliquent pourquoi en indiquant par exemple que «  $3/6$  donne  $1/2$  et non  $1/3$  » [REA]. Pour présenter une autre façon de faire, ils dessinent une deuxième coupe avec une autre couleur au tableau [GD]. Ils demandent à l'élève d'expliquer ce qui se passe dans ce cas [OS]. Lorsque l'élève répond correctement en précisant les morceaux qui vont tomber [ds], les enseignants lui disent « Super ! » pour lui indiquer que c'est la bonne réponse [RQ] et demandent si tous les élèves sont d'accord avec cela et s'ils ont d'autres solutions [DAC]. S'ils en ont, ils les invitent à les présenter [QR].

*Principe 6 : Offrir un soutien adapté au niveau de chacun*

Lorsque les enseignants demandent à deux élèves forts de leur expliquer leur démarche [QR], ils adaptent leurs questions à leur niveau et leur mentionnent qu'ils vont leur donner une tâche plus compliquée [ZPD]. Ils leur demandent de lui décrire la partie du dessin qui n'a pas encore été analysée [OF]. Pour ce faire, les élèves doivent deviner la fraction que représente chaque morceau et comparer les morceaux à  $1/3$  [df]. En expliquant ce qu'il voit, l'élève pointe sur un morceau et indique que ça vaut plus que  $1/3$  [mp]. Il justifie ainsi pourquoi il ne peut pas être utilisé pour résoudre le problème [rj]. Les enseignants répètent cette information pour récapituler [MR].

Pour d'autres questions, ils choisissent la réponse d'une élève qui a des difficultés en mathématiques [ZPD]. Ils affichent sa réponse et lui demandent de préciser quels morceaux elle

a choisis [OF]. Ils augmentent progressivement le niveau de difficulté de ses questions [ZPD] et lui demandent d'additionner  $\frac{1}{3}$  et  $\frac{1}{6}$  [GQ]. Si elle ne se souvient plus de la réponse, ils l'aident à rafraîchir sa mémoire en dessinant à nouveau des bandes, au tableau, qu'ils divisent en 3 morceaux et en 6 morceaux respectivement, pour lui offrir du soutien visuel [GD]. Elles ressemblent à celle qu'ils avaient dessinée dans une question précédente. Ils aident ainsi l'élève à mobiliser ses connaissances antérieures [PCA]. Au besoin, ils décomposent le problème davantage et la questionnent par exemple pour qu'elle précise, en observant les bandes, combien de  $\frac{1}{6}$  dans  $\frac{1}{3}$  [GQ]. Si l'élève hésite, ils lui disent de prendre son temps, car parfois notre cerveau a besoin de temps pour réfléchir avant de donner la réponse. Ils continuent à la questionner en utilisant le dessin au tableau comme support [GD].

Lorsqu'elle arrive à la bonne réponse [df], ils l'encouragent : « absolument, tu hésites, mais c'est tout à fait ça » [RQ]. Lorsqu'elle obtient la bonne réponse, les enseignants la valident : « tout à fait ». On entend l'élève dire « Ah ». Ils commentent en disant que cette réaction est une indication qu'on a probablement faite des connexions qui nous étaient autrefois inaccessibles. Lorsque la réponse de l'élève n'est pas assez précise, les enseignants valident sa réponse [RQ] et précisent son métalangage [MP]. Par exemple, ils lui expliquent qu'en mathématique on va dire « la demie », mais que « la moitié » est aussi une bonne façon de l'exprimer [RQ].

#### *Principe 7 : Susciter un dialogue cognitif*

À la suite de l'explication de l'élève, les enseignants demandent l'avis de ses pairs, suscitant ainsi un dialogue cognitif [DC].

Lorsqu'ils voient qu'il y a une réponse qui est mathématiquement correcte, mais différente des autres, les enseignants la partagent et expliquent son intérêt [DC]. Ils invitent les élèves à réfléchir au raisonnement mathématique [OF] : « Gabriel a dit je ne veux pas les prendre coller, je vais les prendre à deux endroits. Mais est-ce que ça fait la même chose ? » Les élèves réfléchissent au raisonnement mathématique avant d'approuver la réponse de leur collègue [pr].

Si tous les élèves sont d'accord avec la stratégie de leur collègue bien qu'elle soit inexacte, les enseignants attirent leur attention sur l'erreur [RBM]. Ils précisent ainsi le raisonnement de l'élève et lui montrent son état d'avancement [REA] : « il est impossible de couper le gros

morceau », ils ajoutent que c'est une très bonne solution si ce n'était du problème au niveau de la stratégie.

Lorsqu'ils remarquent que la démarche de l'élève ne fonctionne pas, les enseignants demandent à la classe de réfléchir aux effets engendrés par les actions suggérées par leur collègue [OS]. Un élève réfléchit à la stratégie de son collègue [ps] et prend la parole pour expliquer pourquoi elle ne fonctionnera pas [rj], par exemple : « en fait c'est parce que le quart de gauche ou celui de droite ça ne dérange pas on le ferait glisser sur les bulles pour pas qu'on aille trop de glace donc là il nous resterait  $3/4$  accrochés on enlèverait les bulles et on le ferait tomber. ». Les enseignants répètent la réponse et en profitent pour attirer l'attention des élèves qu'il est important de réfléchir à la stratégie [MR].

Lorsque le raisonnement de l'élève est incomplet, les enseignants comparent sa réponse avec celle de l'élève précédent qui avait une démarche complète [DC]. Ils expliquent que son collègue est allé une étape plus loin et lui indiquent ce qui lui manque pour réussir [REA]. Ils lui demandent ensuite de réfléchir à la suite de son raisonnement [OS]. L'élève se rend compte de l'importance de l'étape manquante et décide de compléter sa démarche de la manière que sa collègue a suggérée [ri].

### *Principe 8 : Récapituler*

À la fin de la séance, les enseignants résument la leçon en demandant aux élèves de lui dire à quoi ils vont réfléchir et ce qu'ils vont faire en premier quand ils vont travailler dans *Slice Fractions*. Un élève dit « penser », un autre dit « s'il y a des tiers on va penser à  $2/6$  » [mf]. Les enseignants reformulent les réponses mathématiques [MR] : « vous allez changer pour que ce soit des fractions qui soient égales. Donc quand vous allez voir  $1/2$  vous allez voir dans votre tête  $2/4$  » [MR]. Un autre élève dit : « les dénominateurs » [mp]. L'enseignant reformule également cette réponse « les dénominateurs, donc vous allez commencer à regarder les dénominateurs. Après vous, allez-vous demander quels morceaux je pourrais additionner » [MR]. Un élève mentionne qu'il faut que les dénominateurs soient le même nombre [mp]. Les enseignants félicitent l'élève « excellent » et ajoutent qu'après il faut trouver une stratégie et choisir la façon de couper les morceaux ou décider quelles bulles éclater et dans quel ordre [RBM].

Finalement, les enseignants mentionnent aux élèves qu'ils vont avoir la chance ensuite de tester dans l'application pour voir si c'est bon. Ils les invitent, s'ils ont un papier à côté, à dessiner comme ils ont fait au tableau, car ça peut les aider à réfléchir pendant qu'ils travaillent dans *Slice Fractions*.

**Tableau 36**  
Pratiques pédagogiques de l'enseignante A durant l'activité 3

Pratiques pédagogiques		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	•							
	Clarifier les critères de succès [PC]								
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]						•		
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	•			•		•		
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	•				•			
	Décomposer le problème [GQ]			•			•		
	Modéliser son raisonnement [GM]								
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]				•	•	•		
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]		•						
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]		•			•	•		
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]		•						
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]								
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]								
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]								
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]					•	•		
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]							•	•
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]					•		•	
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]			•					



Pratiques pédagogiques		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	•			•	•			
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]							•	
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	•	•	•	•	•	•	•	
	Travailler autour des stratégies [OS]					•		•	
	Travailler sur la dimension affective [OA]								
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]								
	Utiliser un métalangage erroné [ME]								
	Nommer les fractions [MF]		•						
	Utiliser un métalangage [MP]	•					•		
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]				•				
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	•	•	•			•	•	•
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]								

**Tableau 37**

Travail des élèves dans la classe de l'enseignante A durant l'activité 3

Travail des élèves		Principe							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]								
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]					•		•	
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]		•						•
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]								
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]		•	•					
	Justifier sa réponse [rj]			•			•	•	
	Segmenter sa démarche [rs]								
	Interpréter son erreur [ri]			•					•
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]					•			
	Discuter autour des fractions [df]	•			•		•		
	Discuter autour de la dimension affective [da]								
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]			•					
	Utiliser un métalangage erroné [me]								
	Nommer les fractions [mf]		•	•	•	•			•
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]		•		•		•		•

## **Annexe 4**

### **Activité 4, enseignante A**

Nous présentons dans ce qui suit les 7 principes de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 38 et 39.

#### *Principe 1 : Lecture de la consigne*

Les enseignantes lisent la consigne, l'expliquent aux élèves, la répètent plusieurs fois et la reformulent [MQ]. Parfois, elles mentionnent qu'il existe plus qu'une option, encourageant ainsi les élèves à exprimer leurs différentes idées. Elles précisent les intentions d'apprentissages [PI] (2 manifestations) et les critères de succès [PC] et leur répètent qu'ils peuvent écrire et dessiner avec leurs doigts et peser sur le bouton « submit » quand ils auront terminé de répondre à la question. Elles examinent les réponses soumises et précisent le temps restant à 30 secondes de la fin. Elles en choisissent une et la partagent pour qu'elle apparaisse sur tous les iPads.

Pour sélectionner des réponses, elles cherchent celles qui sont susceptibles de susciter un dialogue cognitif. Elles choisissent par exemple des réponses qui présentent des raisonnements différents ou des erreurs fréquentes. Parfois les enseignantes expliquent pourquoi elles ont choisi une réponse en particulier, que ce soit « juste parce qu'il y avait les fractions à côté » ou, car « ce n'est pas tout le monde qui a fait comme elles (les élèves qui ont donné la réponse affichée) ». Elles suscitent ainsi la curiosité des élèves et les encouragent à réfléchir à la différence entre leur raisonnement et celui de leur collègue [OS].

À chaque question, pendant que les élèves répondent sur leur iPad dans *Nearpod*, les enseignantes se promènent et leur offrent du soutien individuel.

#### *Principe 2 : Soutenir le raisonnement des élèves, pendant qu'ils travaillent dans Nearpod*

Pendant que les élèves tentent de résoudre les problèmes, dans *Nearpod*, sur leur iPad, les enseignantes se promènent dans la classe pour répondre aux questions qui portent parfois sur les fractions [OF] d'autres fois sur les stratégies [OS], leur offrir des rétroactions et les guider dans *Nearpod*. En regardant les réponses des élèves sur les deux aspects [df et ds], elles offrent des

rétroactions pour les inciter à pousser leur raisonnement mathématique plus loin que ce qui était demandé dans la question dans *Nearpod* : « tu ne m'as pas écrit combien de  $1/8$  il y a dans  $1/4$  » [REA].

Lorsqu'elles voient qu'ils ont de la difficulté à répondre, les enseignantes les guident en leur donnant des indices [GI] ou en faisant un rappel des connaissances antérieures [PCA], par exemple : « Je vous rappelle que pour additionner les fractions il faut qu'elles soient sur le même dénominateur ».

Au besoin, elles offrent un niveau de soutien plus élevé. Elles leur posent une série de questions successives pour les aider à développer leur raisonnement [GQ]. Par exemple, elles commencent par leur demander si « ça plus ça ça s'additionne? » afin d'attirer leur attention sur les deux fractions qui peuvent s'additionner. Ensuite, pour les guider vers la bonne réponse, elles les informent sur la condition requise pour additionner deux fractions en leur donnant un indice [GI]. Par exemple, elles disent en employant le métalangage [MP], « pour additionner, on doit avoir le dénominateur commun ». Si les élèves n'ont toujours pas la bonne réponse, elles reformulent leur question [MQ] : « est-ce qu'il a quelque chose qui s'additionnerait éventuellement si on faisait quelque chose ? » Une fois qu'un des deux élèves de l'équipe a la réponse : «  $2/3$  et  $1/3$  » [mf], les enseignantes poursuivent en lui demandant de réaliser une tâche plus complexe, celle d'additionner les fractions qu'il vient de nommer : «  $2/3 + 1/3$  ça donne combien ? ». Lorsque l'élève donne la bonne réponse en nommant la fraction [mf], les enseignantes la valident en disant « exactement » [RQ].

### *Principe 3 : Rendre visibles les apprentissages.*

Lorsque le temps alloué à la question est écoulé et que les élèves ont répondu à la question dans *Nearpod*, les enseignantes retournent en grand groupe, choisissent une réponse et la partagent avec la classe. Elles précisent à l'élève choisi que sa réponse est intéressante et l'invitent à expliquer son raisonnement à voix haute en utilisant le métalangage [QR]. L'élève explique son raisonnement [rd] en nommant les fractions [mf], en disant quels morceaux il va choisir et en calculant les fractions pour savoir combien cela lui donnera [mp].

Parfois, les enseignantes demandent à un élève d'expliquer le raisonnement de son collègue, l'incitant ainsi à réfléchir à une logique qui est peut-être différente de la sienne. Pendant qu'il explique son raisonnement ou celui de son collègue [rd], les enseignantes lui corrigent [RC] son métalangage [me]. Par exemple, si l'élève dit 3, les enseignantes le corrigent «  $3/6$  ». Aussi, elles interviennent à plusieurs reprises pour lui demander de justifier sa réponse [QJ] : « pourquoi ? » Il le fait [rj] en nommant les fractions [mf] et en utilisant le métalangage [mp] parfois il se sert également de la stratégie pour justifier les choix des morceaux [rj].

D'autres fois, les enseignantes partagent la démarche d'une équipe et l'expliquent elles-mêmes : « on voit qu'elles ont pris le rectangle au complet. Elles ont pris le  $1/4$ . Elles ont partagé le morceau de  $1/4$  pour faire  $2/8$ . Le  $2/8$  va glisser vers le  $1/8$  » [OF]. Elles demandent une validation de la part des élèves avant de poursuivre [QC] : « c'est ça les filles ? Et ensuite pour faire les  $4/8$  vous avez enlevé  $1/8$  du  $1/4$  pour qu'il rejoigne les autres ». Elles questionnent les autres élèves afin de développer leur langage mathématique et leur compréhension des fractions [OF]. Elles leur demandent par exemple : « donc en tout ça va donner ? » L'élève répond en nommant correctement la fraction [mf].

Si les élèves répondent correctement, les enseignantes valident [RQ] et répètent leur réponse [MR].

#### *Principe 4 : Soutenir le raisonnement des élèves, en grand groupe*

Si l'élève qui est en train de répondre, à voix haute, à la question des enseignantes n'a pas la bonne réponse mathématique, ou a de la difficulté à la formuler [rd], les enseignantes lui posent une série de questions successives et adaptées à son niveau [ZPD] pour l'aider à développer son raisonnement et son métalangage [GQ]. Elles lui demandent : « Qu'est-ce qui se passe quand on éclate les deux bulles ? » et poursuivent, « Qu'est-ce qu'on va avoir (comme fractions) ? ». L'élève répond que ça va faire  $5/8$  [mf]. Leur stratégie ressemble à celle qu'elles emploient au principe 2 lorsqu'elles guident les élèves pendant la tâche.

Lorsqu'un élève répond par un simple « oui » ou « non » à une question comme « est-ce que ça s'additionne ? », les enseignantes lui demandent ou demandent à un élève qui a la main levée de lui expliquer pourquoi [QJ] : « Pourquoi ça ne s'additionnerait pas ? ». L'élève justifie [rj] en

additionnant les fractions [mf]. Il nomme aussi les fractions que représentent les morceaux qui vont s'annuler ensemble et celle du morceau de lave qui restera au sol. Elles continuent à le questionner [OF] jusqu'à ce qu'il réussisse à formuler sa réponse en utilisant le métalangage exact [mp]. Par exemple, si sa réponse initiale est : « car le deux en bas est pareil que le deux en bas » [ma], elles l'aident à la développer, pour arriver à la réponse suivante : « car c'est le même dénominateur » [mp]. Afin qu'il puisse faire ce passage, elles lui posent une série de questions [GQ] comme « c'est quoi le nom du chiffre en bas ? ». L'élève répond que c'est le dénominateur [mp]. Elles concluent en reformulant sa réponse [MR] : « donc c'est un dénominateur commun ».

Les enseignantes ne s'arrêtent pas au raisonnement mathématique, elles demandent à l'élève quelle serait la prochaine étape à réaliser [RPE] et continuent de le questionner [GQ] pour savoir comment il compte surmonter les obstacles dans le jeu pour résoudre le problème [OS] : « est-ce que l'application va te permettre d'additionner  $1/4$  avec  $1/8$  ? ». Les élèves répondent par oui ou non.

À la suite du soutien de l'enseignante, si l'élève réussit à répondre aux questions et à développer son raisonnement [ps], elles lui offrent une rétroaction pour lui dire que sa réponse est bonne [RQ]. Elles passent ensuite au principe 6.

#### *Principe 5 : Conceptualiser pour guider les élèves dans leur raisonnement*

Lorsque l'idée est complexe à expliquer, les enseignantes ont recours au tableau blanc sur lequel elles font des dessins afin de guider les élèves et les aider à conceptualiser [GD]. Elles leur posent des questions en même temps [OF]. Par exemple, pour les amener à voir que lorsqu'on coupe un grand morceau en moitié, les deux morceaux obtenus sont égaux, indépendamment de la forme de la coupe, qu'elle soit horizontale ou verticale, elles leur demandent « Est-ce qu'elles sont égales ces deux parties ? » Ils répondent par oui ou non. Les élèves réfléchissent ainsi aux fractions [pr]. Pour qu'ils nomment les fractions, elles poursuivent en leur demandant [OF] « combien elle vaut cette partie-là ? » Ils nomment la fraction «  $1/8$  » [mf]. Lorsque les élèves semblent d'accord que les morceaux obtenus sont égaux, les enseignantes poursuivent pour leur parler de la stratégie qui fonctionnera dans le jeu [OS]. Elles leur demandent : « Mais est-ce que l'application me permet de couper ainsi ? ». Les élèves réfléchissent à la stratégie [ps]. Elles

terminent par offrir une rétroaction qui permet de renseigner l'élève sur sa bonne et sa mauvaise manœuvre [RQ].

*Principe 6 : Conceptualiser pour récapituler*

À la suite de l'explicitation du raisonnement de l'élève [rd], les enseignantes le reformulent [MR] et confirment avec l'élève que c'est bien ce qu'il voulait dire [QC]. Ce faisant, elles s'arrêtent parfois pour lui demander, ou à ses collègues, de nommer les fractions [OF].

Lorsqu'elles voient que le concept est bien assimilé, les enseignantes vont au-delà de la question posée dans *Nearpod*. En s'adressant à tous les élèves, elles tentent d'institutionnaliser les savoirs [MC] en les faisant travailler avec de nouvelles fractions à chaque fois [OF] : « combien de  $1/6$  y en a dans  $1/3$  ? », « est-ce qu'il y a une façon de faire  $4/6$ , mais en tiers cette fois-ci ? », « il y a combien de  $1/6$  dans  $1/2$  ? ». À la suite de chaque réponse, elles demandent à l'élève de la justifier [QJ] ou la répètent et ajoutent « effectivement » pour la valider [RQ]. L'élève justifie sa réponse en utilisant le métalangage mathématique [rj].

*Principe 7 : Susciter un dialogue cognitif*

Après avoir présenté plusieurs raisonnements différents [rd], les enseignantes demandent aux élèves si toutes les démarches présentées sont bonnes ou s'ils ont quelque chose à rajouter [DAC]. Elles ouvrent ainsi la porte à un dialogue cognitif où les élèves confrontent leurs idées aux idées de leurs collègues [DC]. Un élève dit par exemple que la stratégie de son collègue ne fonctionnera pas [ds]. Les enseignantes lui demandent de justifier sa réponse [QJ]. Il le fait [rj] en utilisant le métalangage et explique que les morceaux ne s'additionnent pas, car ils n'ont pas le même dénominateur [mp]. Il nomme correctement les fractions [mf] et propose une démarche qui fonctionne [rd]. Pendant qu'il explique sa démarche, il justifie chaque étape [rj] comme demandé par les enseignantes [QJ].

Parfois, les enseignantes dirigent le débat en précisant l'aspect sur lequel elles veulent que les élèves réfléchissent [DC]. Par exemple, elles leur demandent d'examiner le raisonnement d'un élève et de penser à la raison pour laquelle il est mathématiquement correct, mais stratégiquement il ne fonctionnerait pas.

Les enseignantes peuvent être encore plus précises et demander aux élèves de concentrer leur attention sur un élément précis de la réponse donnée par leur collègue. Elles les invitent à partager leur réflexion là-dessus [OS]. Si un élève exprime son désaccord avec la démarche de son collègue [ds], elles lui demandent d'élaborer ses raisons [QJ] : « Explique-moi pourquoi ça ne peut pas fonctionner. » L'élève répond que c'est parce qu'il n'y a pas de ligne pour les séparer [rj]. Parfois, l'élève justifie la réponse en expliquant le raisonnement mathématique [rd], en nommant les fractions [mf] et en utilisant un métalangage poussé pour dire par exemple « un entier » au lieu de  $2/2$  [mp].

À quelques reprises, ce sont les élèves eux-mêmes qui demandent de prendre la parole pour intervenir et suggérer une démarche plus efficace qui permettrait, par exemple, de couper plus précisément.

**Tableau 38**  
Pratiques pédagogiques de l'enseignante A durant l'activité 4

Pratiques pédagogiques		Principes						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	•						
	Clarifier les critères de succès [PC]	•						
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]				•			
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]		•					
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]		•					
	Décomposer le problème [GQ]		•	•				
	Modéliser son raisonnement [GM]							
	Soutenir le raisonnement par le dessin/exemples concrets [GD]					•		
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]							
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]			•				
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]			•	•		•	•
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]			•			•	
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]							



Pratiques pédagogiques		Principes						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]			•				
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•	•	•	•	•	
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]							
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]		•					
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]				•			
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]							•
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]							•
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]		•	•	•	•	•	
	Travailler autour des stratégies [OS]	•	•		•	•		•
	Travailler sur la dimension affective [OA]							
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]							
	Utiliser un métalangage erroné [ME]							
	Nommer les fractions [MF]							
	Utiliser un métalangage [MP]							
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]							•
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]			•	•			•
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	•	•					

**Tableau 39**  
Travail des élèves de l'enseignante A durant l'activité 4

Travail des élèves		Principes						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]							
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]				•	•		
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]					•		
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]							
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]			•	•		•	•
	Justifier sa réponse [rj]			•	•		•	•
	Segmenter sa démarche [rs]							
	Interpréter son erreur [ri]							
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]		•					•
	Discuter autour des fractions [df]		•					
	Discuter autour de la dimension affective [da]							
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]				•			
	Utiliser un métalangage erroné [me]			•				
	Nommer les fractions [mf]		•	•	•	•		•
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]		•	•	•			•

## **Annexe 5**

### **Activité 1, enseignante B**

Nous présentons dans ce qui suit les 5 principes pédagogiques de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 40 et 41.

#### *Principe 1 : Présentation du problème et discussion mathématique*

L'enseignante débute en demandant aux élèves de partager leurs impressions sur le jeu [OA]. Ensuite, elle affiche le problème au TNI. Parfois, elle mentionne le concept étudié dans le niveau choisi, par exemple « composante », pour donner une indication sur l'intention [PI]. Elle peut aussi mentionner son niveau de difficulté en le comparant aux problèmes précédents [ZPD].

Elle décrit l'image en nommant les fractions qu'on y voit : « vous avez une fraction ici qui correspond à  $\frac{1}{4}$  du carré et une autre fraction qui correspond à, visuellement on le voit,  $\frac{1}{2}$  de ce carré-là ». Parfois, elle explique aux élèves ce dont ils ont besoin. Ensuite, elle les invite à réfléchir à la stratégie à suivre et leur demande plus précisément de sélectionner les morceaux à choisir [QR]. Une fois qu'ils ont réfléchi à la stratégie qui fonctionne, elle choisit un élève parmi les mains levées et l'invite à venir à l'avant pour tester sa démarche su TNI.

#### *Principe 2 : Rendre visibles les apprentissages*

L'enseignante invite l'élève à verbaliser son raisonnement d'abord, avant de résoudre le problème sur la tablette devant la classe [QR]. Elle lui demande, par exemple, de lui dire quel morceau elle a choisi et de justifier sa réponse [QJ]. L'élève décrit la stratégie à suivre en expliquant le choix des morceaux qu'elle peut faire tomber [rd]. Ce faisant, l'élève pointe sur les morceaux au TNI, en les nommant « celui-là » et « celui-ci ». L'enseignante l'aide à formuler son raisonnement en la questionnant [GQ] : « il y a trois morceaux et il t'en faut combien ? » L'élève donne une bonne réponse et continue à segmenter sa démarche verbalement. L'enseignante reformule le raisonnement de l'élève et l'ajuste en expliquant, par exemple, qu'il faut non seulement compter le nombre de morceaux à faire tomber, mais savoir également où les faire tomber [MR].

Lorsque l'élève explique sa démarche sans utiliser le métalangage [ma], l'enseignante mentionne qu'elle ne comprend pas ce qu'il veut dire par « ce morceau-là » pour l'inviter à décomposer sa démarche et la verbaliser avec un métalangage mathématique [QR]. Pour l'aider à le faire, l'enseignante guide son raisonnement et lui demande d'identifier, par exemple, le nombre de cubes disponibles au total [GQ]. L'élève donne la bonne réponse, « 9 » par exemple, mais l'enseignante reformule son raisonnement pour le pousser plus loin : « tu as un grand cube, tu le partages en 9 parties et tu en prends combien ? ». L'élève répond correctement aux questions de l'enseignante en employant le métalangage mathématique [mp].

L'enseignante passe à l'étape suivante de la démarche, celle de la stratégie dans le jeu. Elle demande à l'élève de lui expliquer comment il va faire pour faire tomber les morceaux nécessaires, soit 5 dans l'exemple précédent [QR]. L'élève décrit sa stratégie dans le jeu [ds]. Il explique, par exemple, qu'il coupe à gauche et les 6 autres morceaux iront à droite [rd]. Ensuite, il avance vers le TNI pour faire des manipulations dans l'application sur l'iPad tout en expliquant ses gestes : « on divise en deux, donc un va tomber » [ds]. Parfois, il réussit du premier coup. Pour l'aider à développer son métalangage, l'enseignante explique la stratégie de l'élève [OS] en utilisant le métalangage [MR]. Si l'élève ne réussit pas et a besoin d'aide, l'enseignante décompose le problème en le questionnant [GQ], nomme les fractions dont il a besoin [MF] et lui demande de préciser le morceau qu'il va sélectionner en premier. Elle formule ses questions en employant le métalangage mathématique [MP].

### *Principe 3 : Soutenir le raisonnement de l'élève*

Parfois, l'élève exprime qu'il n'est pas certain de sa démarche, mais aimerait l'essayer. Il vient tester son idée au TNI et verbalise sa démarche tout en faisant des manipulations dans l'application [rd]. Il explique par exemple qu'il prend 4 morceaux en haut ou explique qu'il veut prendre « un de lui et un de lui » en parlant des morceaux. L'enseignante l'accompagne en expliquant sa démarche avec un métalangage mathématique [MP], en reformulant ses propos [MR] et en nommant les fractions [MF] : « ici ça correspond à  $1/4$  et  $5/12$ . Là tu prends  $1/5$  ». Elle attire ainsi son attention aux fractions qu'il choisit, pour soutenir son raisonnement. Si la démarche de l'élève est incorrecte, vers la fin de la démarche, elle le mentionne à l'élève en lui disant par exemple que ça devient compliqué [RQ].

Parfois, un élève qui a eu des difficultés à résoudre un niveau avec son coéquipier durant la séance d'exercisation, demande de venir essayer son raisonnement au tableau. Il commence par l'expliquer à voix haute en se servant des indices qui lui ont été offerts par l'enseignante durant la séance d'exercisation [GI]. Il explique, par exemple, qu'il va garder 6 morceaux attachés aux chaînes et en couper 5 [rd]. Il réussit du premier coup.

Parfois, l'élève qui est à l'avant se rend compte de son erreur et explique pourquoi sa stratégie dans le jeu [ps] ne fonctionne pas [ri]. Quand il finit de couper, il voit dans le jeu qu'il reste de la lave qui bloque le chemin du mammouth, ce qui confirme son raisonnement [RQ].

#### *Principe 4 : Susciter un dialogue cognitif et un travail en équipe*

Lorsque la tentative de l'élève ne marche pas, on entend les autres élèves commenter ou guider leur collègue à voix haute en lui disant si sa démarche est bonne ou en lui expliquant quoi faire, par exemple : « parfait ! Et là l'autre de l'autre côté. » Ceci engendre un dialogue cognitif [DC]. Un élève approuve la démarche de celui qui est à l'avant et dit qu'elle fonctionne, un autre le contredit [ds]. Par exemple un élève dit : « non, l'autre va tomber ». L'élève qui est à l'avant défend sa stratégie en la justifiant. En effet, il lui répond que le morceau de tombera pas, car il est collé [rj].

Lorsque les idées sont contradictoires, pour préciser le raisonnement des élèves, l'enseignante dessine au tableau les morceaux qui sont dans le problème [GD]. Elle écrit sur chaque morceau la fraction qu'il représente, par exemple  $5/5$ ,  $1/4$ ,  $1/2$ ,  $1/4$ . Elle rappelle la fraction recherchée, par exemple «  $2/3$  » [OF]. Un élève nomme les fractions qu'ils pensent sélectionner. Il dit par exemple qu'il prend  $1/3$  et  $2/5$  [mf]. Pour lui dire si sa réponse est bonne ou mauvaise, l'enseignante lui demande si cela lui donnera  $2/3$  [RQ]. Elle lui donne aussi un indice en mentionnant, par exemple, que ce sera difficile d'obtenir  $2/3$  si on divise par 3 ou par 5 [GI]. Un élève intervient pour expliquer son idée, en pointant sur les morceaux, sans nommer les fractions [df]. Alors, pour développer son métalangage, l'enseignante reformule ses propos [MR], nomme les fractions [MF] ou emploie le métalangage [MP] et invite l'élève à tester pour voir par lui-même et avoir la rétroaction du jeu [RQ].

Parfois, l'élève qui est à l'avant demande de faire l'essai avec son collègue. Ce dernier vient le rejoindre. Les deux s'entraident pour trouver la bonne stratégie dans le jeu [ps] comme s'ils travaillaient ensemble dans l'application pendant la séance d'exercisation. En effet, lorsqu'ils travaillaient dans l'application Slice Fraction durant la séance d'exercisation, ils s'expliquaient leur raisonnement en se questionnant à voix haute : « de quoi on a besoin ? Par quoi on va commencer ? » Ensuite, ils faisaient des essais, interprétaient leurs erreurs et ajustaient leur raisonnement mathématique en nommant les fractions à chaque fois. Finalement, ils ajustaient leur stratégie pour couper les bons morceaux.

Au tableau devant la classe, l'élève explique à son pair comment procéder et lui demande de couper le morceau en quart [pr]. L'enseignante décrit leur raisonnement mathématique et leur donne des rétroactions en les informant sur leur état d'avancement [REA] ou sur la prochaine étape [RPE]. Elle leur dit par exemple qu'en coupant le morceau, ils vont obtenir la moitié. Ainsi, les deux élèves réussissent. Ils le devinent en voyant dans l'application que le mammouth se déplace sans être confronté à des obstacles. En plus de cette rétroaction visuelle, l'enseignante leur dit « très bien » pour leur signaler qu'ils ont réussi [RQ].

L'enseignante demande s'il y a d'autres possibilités [DC]. Si un élève intervient pendant qu'un autre fait des essais au tableau, l'enseignante lui demande de laisser son pair tenter sa chance. Si l'élève fait la même chose que la stratégie déjà présentée, l'enseignante le lui signale et lui demande d'essayer de faire autre chose. Elle encourage les élèves à faire plusieurs essais sans avoir peur de se tromper.

#### *Principe 5 : Développer le raisonnement mathématique*

L'enseignante suggère une façon de faire qui est erronée et demande aux élèves ce qui se passera dans ce cas [DC]. À la suite de la réponse d'un élève, l'enseignante demande de revenir sur le niveau pour tester la stratégie qui ne fonctionne pas [RQ]. L'élève qui est déjà au tableau, essaie la démarche erronée et commente en même temps pour expliquer pourquoi ça ne marcherait pas [rj]. Il explique par exemple qu'il va y en avoir beaucoup de morceaux d'un seul côté et pas assez de l'autre [pr]. Son raisonnement est exact, mais il n'utilise pas le métalangage [ma].

L'enseignante profite de la rétroaction visuelle de l'application pour questionner les élèves afin de développer leur raisonnement mathématique [OF]. Par exemple, en voyant qu'après avoir fait tomber  $\frac{1}{4}$  de morceaux de glace sur  $\frac{1}{3}$  de morceaux de lave, il reste de la lave au sol, elle leur demande si  $\frac{1}{4}$  est équivalent à  $\frac{1}{3}$ . Ainsi les élèves peuvent s'aider de la représentation visuelle dans l'application pour répondre [GD]. Elle poursuit en précisant sa question en lien avec le concept de fraction et demande si c'est plus grand ou plus petit. Ces questions peuvent ouvrir la porte à un dialogue cognitif lorsque les réponses sont variées [DC]. Finalement, pour faire le lien entre le concept de fraction et la stratégie dans le jeu, l'enseignante leur demande de regarder s'il reste de la lave au sol et de lui dire si  $\frac{1}{4}$  de glace ça suffit à éteindre  $\frac{1}{3}$  de lave [GQ]. Elle soutient ainsi le raisonnement des élèves pour qu'ils puissent ajuster leurs réponses. Elle répète ce processus à chaque fois que l'opportunité s'offre pour faire travailler les élèves autour du concept de comparaison de fractions avec différents exemples.

Au besoin, pendant que l'élève résout le problème à l'avant, l'enseignante en profite pour mobiliser les connaissances antérieures [PCA]. Elle rappelle aux élèves ce qu'ils ont étudié la semaine précédente. Elle leur réexplique par exemple que lorsqu'ils ont 9 carrés, et qu'ils veulent prendre 5, ils ne sont pas obligés de prendre les 5 premiers, ils peuvent prendre n'importe quels 5, car les morceaux sont tous équivalents. Pour décontextualiser, elle ajoute un exemple de la vie quotidienne en expliquant que lorsqu'ils vont manger  $\frac{1}{4}$  de collation, ils peuvent manger  $\frac{1}{4}$  de n'importe quelle partie de leur collation.

**Tableau 40**  
Pratiques pédagogiques de l'enseignante B durant l'activité 1

Pratiques pédagogiques		Principes				
		1	2	3	4	5
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	•				
	Clarifier les critères de succès [PC]					
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	•				
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]					•
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]				•	
	Décomposer le problème [GQ]		•			•
	Modéliser son raisonnement [GM]					
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]				•	•

Pratiques pédagogiques		Principes				
		1	2	3	4	5
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]					
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	•	•			
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]		•			
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]					
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]					
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]					
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]			•	•	•
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]					
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]					
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]				•	
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]					
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]				•	•
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]				•	•
	Travailler autour des stratégies [OS]		•			
	Travailler sur la dimension affective [OA]	•				
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]					
	Utiliser un métalangage erroné [ME]					
	Nommer les fractions [MF]		•	•	•	
	Utiliser un métalangage [MP]		•	•	•	
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]					
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]		•	•	•	
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]					



**Tableau 41**  
Travail des élèves de l'enseignante B durant l'activité 1

Travail des élèves		Principes				
		1	2	3	4	5
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]					
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]			•		
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]				•	•
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]					
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]		•	•		
	Justifier sa réponse [rj]				•	•
	Segmenter sa démarche [rs]					
	Interpréter son erreur [ri]			•		
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]		•		•	
	Discuter autour des fractions [df]				•	
	Discuter autour de la dimension affective [da]	•				
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]		•			•
	Utiliser un métalangage erroné [me]					
	Nommer les fractions [mf]				•	
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]			•		

## **Annexe 6**

### **Activité 2, enseignante B**

Nous présentons dans ce qui suit les 6 principes pédagogiques de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 42 et 43.

#### *Introduction*

Après avoir anticipé les difficultés que peuvent rencontrer les élèves, l'enseignante sélectionne 6 problèmes du niveau 4. Ils représentent des résolutions de problème qui requièrent un raisonnement mathématique et sont susceptibles d'engendrer un dialogue cognitif autour des différentes solutions possibles. Elle imprime des feuilles où nous retrouvons des captures d'écran illustrant chaque problème et un espace vide pour que les élèves écrivent leur démarche.

Dans un premier temps, l'enseignante distribue une feuille à chaque élève et les invite à réfléchir à deux et à rédiger leur raisonnement.

Dans un deuxième temps, lorsqu'ils ont terminé de réfléchir aux 6 problèmes, elle leur distribue un iPad chacun pour qu'ils s'exercent à résoudre tous les problèmes du niveau 4 et pour qu'ils valident ou modifient leurs hypothèses sur la feuille. Pendant que les élèves résolvent les problèmes sur papier ou iPad, l'enseignante répond aux questions, se promène en classe, examine le travail des élèves, pose des questions et offre du soutien ou des rétroactions pour les guider.

Dans un troisième temps, l'enseignante reprend les iPads et revient avec les élèves, en grand groupe, sur chacun des 6 problèmes sélectionnés, pendant 15 minutes. Elle invite certains élèves à expliquer leur raisonnement.

Avant de commencer, l'enseignante rassure les élèves et installe un environnement de classe où l'erreur est la bienvenue. Elle leur mentionne que ce n'est pas grave s'ils n'ont pas la bonne démarche et les invite à se corriger sur leurs feuilles pour ne plus refaire l'erreur une seconde fois. Elle s'assure également que celui qui est à l'avant ait la chance de faire l'essai même s'il se

trompe. Par exemple, lorsqu'un élève est à l'avant et qu'un autre tente de l'aider en lui disant quoi faire à voix haute, elle intervient en lui demandant de le laisser tenter sa chance.

Nous présentons dans ce qui suit les 6 principes de l'activité en grand groupe.

#### *Principe 1 : Décomposer le problème*

L'enseignante démarre l'application *Slice Fractions* sur sa tablette et sélectionne le problème 8 soit le premier problème imprimé et distribué aux élèves, puis elle le projette au TNI à l'aide d'une caméra document. Elle débute en choisissant, parmi ceux qui ont la main levée, un élève au hasard pour venir à l'avant, présenter sa démarche et manipuler la tablette [QR]. Elle choisit chaque fois un élève différent. Les critères de sélection n'ont pas été explicités par l'enseignante.

Avant de commencer la résolution, l'enseignante soutient le raisonnement de l'élève en lui donnant des indices [GI], en nommant elle-même les fractions [MF] et parfois en l'invitant à dire ce qu'il voit [QD].

Si l'élève a besoin d'aide pour commencer, l'enseignante nomme les fractions qui apparaissent sur l'image [MF]. Par exemple, dans le problème 8, elle dit qu'il faut faire tomber  $1/6$ ,  $2/6$  et  $2/3$ . De plus, elle lui donne un indice avant qu'il ne débute la résolution [GI]. Elle lui mentionne, par exemple, qu'il y a trois chutes possibles pour faire tomber les morceaux.

Lorsqu'elle ne nomme pas elle-même les fractions, l'enseignante invite l'élève qui est au tableau à réfléchir avant de faire des manipulations dans l'application. Elle décompose le problème [GQ] et lui demande d'abord de nommer les fractions qu'il voit [OF]. Elle lui dit, par exemple : « Alors, d'abord, on réfléchit. En bas on a quoi ? »

#### *Principe 2 : Rendre visibles les apprentissages de l'élève*

Pendant que l'élève réalise la tâche sur l'iPad à l'avant, l'enseignante explique à la classe la stratégie de l'élève [OS] et commente ce qu'il fait en nommant les fractions [MF] et en comptant le nombre de morceaux chaque fois. Par exemple, si l'élève décide de regrouper les morceaux qu'il veut faire tomber avant d'éclater la bulle [ds], l'enseignante mentionne que c'est parce que dans le jeu, il ne peut pas les faire tomber tout de suite, car ils seront bloqués [OS]. L'élève explique son raisonnement [rd] en travaillant l'équivalence des fractions  $1/3$  et  $2/6$  [mf].

L'enseignante tente également de rendre visibles les apprentissages. En effet, lorsqu'elle voit que la démarche de l'élève ne fonctionne pas, elle le questionne pour qu'il réfléchisse à ses actions avant de faire des manipulations dans la ressource numérique [OS]. Elle l'amène ainsi à réfléchir non seulement à sa stratégie dans le jeu [ps], mais aussi à son raisonnement mathématique [pr] et à nommer les fractions s'il y a lieu [mf]. Dans cet échange, nous pouvons voir émerger des rétroactions qui renseignent l'élève sur son état d'avancement [REA] ou lui disent ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]. Les rétroactions les plus fréquentes toutefois, sont celles qui informent l'élève sur la prochaine étape à réaliser [RPE]. Elles sont suivies d'un questionnement qui incite l'élève à justifier ses choix [QJ]. Par exemple, l'enseignante aide l'élève à compter les morceaux de glace qu'il veut laisser tomber et lui demande de lui dire, avant de le faire, s'ils vont suffire à éteindre les flammes. Elle l'invite ensuite à justifier sa réponse en lui demandant pourquoi ça marcherait ou pourquoi ça ne marcherait pas. L'élève justifie sa réponse [rj] en discutant des fractions [df] ou en expliquant les obstacles présents dans le jeu [ds].

### *Principe 3 : Soutenir le raisonnement de l'élève*

Pour soutenir le raisonnement de l'élève durant la tâche et le guider vers la bonne réponse, l'enseignante lui donne des indices en lui mentionnant, par exemple, qu'il a mis de côté  $2/6$  [GI]. Elle le questionne ensuite pour qu'il réfléchisse au nombre de morceaux manquants. Son intervention constitue une rétroaction qui indique à l'élève où il en est par rapport à la tâche et le fait réfléchir sur ce qu'il lui faut pour résoudre le problème [RPE]. Ensuite, l'enseignante demande à l'élève de justifier sa réponse en lui demandant par exemple pourquoi sa démarche ne fonctionne pas [QJ].

Lorsqu'elle voit que l'élève a de la difficulté à justifier correctement sa réponse ou qu'il n'utilise pas le métalangage pour le faire [ma], elle continue à le questionner pour lui donner des indices et l'aider à trouver la réponse [GI]. Elle lui demande par exemple : « qu'elle est la différence entre les deux en bas et le deux en haut ? ». « Les deux en bas » représentent le numérateur dans la fraction  $2/3$ . Alors que les « deux en haut » représentent les morceaux de glace que l'élève a prévu faire tomber sur les morceaux de lave, cachés par de la fumée, pour les faire fondre. Or ces derniers représentent  $2/3$ . En analysant le côté gauche de l'illustration, on peut déduire que

chaque morceau de glace représente  $1/6$ . Donc, deux morceaux de glaces représentent  $2/6$  et non  $2/3$ .

Voyant que l'élève qui est à l'avant ne parvient pas à élaborer une réponse, l'enseignante voit s'il y a quelqu'un qui peut l'aider. Elle passe alors au principe 4.

Si le problème est en lien avec la stratégie dans le jeu et non avec le raisonnement mathématique, l'enseignante, voyant que l'élève est bloqué, l'invite à réfléchir à une solution et lui donne la permission de recommencer [pr]. Durant sa deuxième tentative, pendant qu'il fait des manipulations dans le jeu, l'enseignante explique ce qu'il est en train de faire en nommant les fractions à chaque fois [MF], l'aidant ainsi à conceptualiser à l'aide d'un langage mathématique.

#### *Principe 4 : Conceptualiser (pour guider les élèves)*

Quand l'élève ne parvient pas, au principe 3, à répondre à la question, l'enseignante demande parfois à un autre élève de l'aider. Si ce dernier donne la bonne réponse, l'enseignante passe directement au principe 5. S'il donne une mauvaise réponse, l'enseignante la reformule [MR] en utilisant le métalangage [MP] et lui demande de lui confirmer si c'est bien ce qu'il veut dire, lui laissant ainsi le temps de réfléchir à sa réponse [QC].

Ensuite, l'enseignante reformule la question en nommant les fractions [MQ] : « ici j'ai  $1/6$  et  $1/6$ , ça fait  $2/6$ , ici j'ai  $1/3$ , est-ce que ça va suffire ? Vous m'aviez dit que non. On en a pris un autre, là j'ai  $1/6$  et  $1/6$  et  $1/6$ ,  $3/6$ , est-ce que ça va suffire pour  $2/3$  ? ». Les élèves donnent des réponses variées. Elle leur demande à chaque fois de justifier leur réponse [QJ]. Certains disent que ça ne va pas suffire parce que c'est trop petit [mp]. D'autres disent qu'ils ont besoin de  $3/6$ , car ils ont un « 3 en bas » en voulant dire que le dénominateur est 3 [ma]. Un élève dit qu'il a besoin d'un morceau de  $1/6$  de plus pour faire  $4/6$  [mp]. Elle utilise également le tableau blanc pour écrire ce qu'elle vient de dire, sous forme d'une égalité : «  $2/3=1/6 +1/6 +1/6$  est-ce que ça va suffire ? » Ce qui lui permet, dans une perspective d'institutionnalisation, de conceptualiser le problème en l'illustrant avec des représentations mathématiques plus abstraites [MC].

#### *Principe 5 : Conceptualiser (pour récapituler)*

Lorsque l'élève à l'avant ou un élève parmi ceux qui ont levé la main donne la bonne réponse en utilisant le métalangage mathématique, par exemple en mentionnant qu'il a besoin de 4 fois  $1/6$

pour faire  $2/4$  [mp], l'enseignante demande à l'élève qui est à l'avant de tester la solution dans l'application. L'élève peut donc voir le résultat de ses actions dans le jeu et obtenir une forme de rétroaction distincte de celle de l'enseignant [RQ]. La rétroaction prend alors la forme d'une réaction dans l'univers physique simulé par le jeu. L'enseignante peut ainsi conserver une posture de soutien par rapport à l'élève.

L'enseignante récapitule en synthétisant ce qu'ils viennent d'observer. Dans une perspective de conceptualisation, elle écrit l'équation mathématique au tableau et fait recours à l'abstraction mathématique et aux dessins dans *Slice Fractions* [MC]. Elle revoit le processus de l'élève en nommant les fractions et en utilisant un métalangage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MR].

#### *Principe 6 : Susciter un dialogue cognitif*

L'enseignante termine en demandant aux élèves si tout le monde est d'accord [DAC]. Parfois, elle les questionne pour leur offrir l'opportunité de venir à l'avant pour tester d'autres possibilités [QR], les encourageant ainsi à confronter leurs idées à celles de leurs collègues ouvrant ainsi la porte à un dialogue cognitif si d'autres élèves viennent expliquer d'autres solutions ou exprimer que leurs solutions sont plus claires ou plus rapides [DC]. Ce dialogue peut référer aux stratégies [OS] ou aux fractions [OF] permettant ainsi aux élèves de discuter de stratégie [ds] ou de raisonnement mathématique [df].

#### *Cas d'un élève qui réussit du premier coup*

L'enseignante B met en œuvre ces pratiques tout au long de l'activité, et les répète pour chaque problème avec de petites variations selon le cas. Par exemple, lorsqu'un élève fort est choisi pour venir résoudre le problème à l'avant et qu'il commence directement par expliquer sa stratégie suivie de sa démarche mathématique, tout en justifiant sa réponse et en nommant la fraction représentant la valeur du morceau qu'il choisit de faire tomber, l'enseignante intervient seulement pour lui demander de ne pas laisser tomber les morceaux tout de suite. Elle prend ensuite le temps de représenter de façon abstraite, sous forme d'une équation mathématique, ce que l'élève a expliqué verbalement. Elle demande ensuite aux élèves s'ils sont tous d'accord sans, toutefois, sonder individuellement chaque élève. Il n'est donc pas possible de savoir si tous

les élèves sont en mesure de comparer leur raisonnement avec celui qui est proposé. Finalement, elle demande à l'élève de faire les dernières manipulations dans la ressource numérique pour voir l'effet de ses choix et valider sa réponse.

**Tableau 42**  
Pratiques pédagogiques de l'enseignante B durant l'activité 2

Pratiques pédagogiques		Principes					
		1	2	3	4	5	6
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]						
	Clarifier les critères de succès [PC]						
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]						
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]						
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]			•			
	Décomposer le problème [GQ]	•					
	Modéliser son raisonnement [GM]						
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]						
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	•					
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	•		•			•
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]		•	•	•		
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]				•		
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]						
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]						
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]						•
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]		•				
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]		•				
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]		•	•			
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]						•
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]						•

Pratiques pédagogiques		Principes					
		1	2	3	4	5	6
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	•					•
	Travailler autour des stratégies [OS]		•				•
	Travailler sur la dimension affective [OA]						
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]						
	Utiliser un métalangage erroné [ME]						
	Nommer les fractions [MF]	•	•	•			
	Utiliser un métalangage [MP]				•		
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]				•	•	
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]				•	•	
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]						



**Tableau 43**

Travail des élèves dans la classe de l'enseignante B durant l'activité 2

Travail des élèves		Principes					
		1	2	3	4	5	6
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]						
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]		•				
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]		•	•			
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]						
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]		•				
	Justifier sa réponse [rj]		•				
	Segmenter sa démarche [rs]						
	Interpréter son erreur [ri]		•				
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]		•				•
	Discuter autour des fractions [df]		•				•
	Discuter autour de la dimension affective [da]						
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]			•	•		
	Utiliser un métalangage erroné [me]						
	Nommer les fractions [mf]		•				
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]				•	•	

## **Annexe 7**

### **Activité 3, enseignante B**

Après avoir anticipé les difficultés que peuvent rencontrer les élèves, l'enseignante sélectionne 6 défis du niveau 5. Ils représentent des défis qui requièrent un raisonnement mathématique et sont susceptibles d'engendrer un dialogue cognitif autour des différentes solutions possibles. Elle imprime des feuilles où nous retrouvons des captures d'écran illustrant chaque défi et deux suggestions de démarches pour le résoudre. Les élèves doivent mentionner s'ils sont en accord, en désaccord, ou si la réponse proposée est incomplète et justifier leurs choix.

Dans un premier temps, l'enseignante distribue une feuille à chaque élève et les invite à réfléchir à deux et à rédiger leur raisonnement.

Dans un deuxième temps, lorsqu'ils ont terminé de réfléchir aux 6 problèmes, elle leur distribue un iPad chacun pour qu'ils s'exercent à résoudre tous les problèmes du niveau 5 et pour qu'ils valident ou modifient leurs hypothèses sur la feuille. Pendant que les élèves résolvent les problèmes sur papier ou iPad, l'enseignante répond aux questions, se promène en classe, examine le travail des élèves, pose des questions, offre du soutien ou des rétroactions pour les guider.

Dans un troisième temps, l'enseignante reprend les iPads et revient avec les élèves, en grand groupe, sur chacun des 6 problèmes sélectionnés, pendant 20 min. Elle invite certains élèves à expliquer leur raisonnement.

Avant de commencer, l'enseignante rassure les élèves et installe un environnement de classe où l'erreur est la bienvenue. Elle leur mentionne que ce n'est pas grave s'ils n'ont pas la bonne démarche et les invite à se corriger sur leurs feuilles pour ne plus refaire l'erreur une seconde fois. Elle s'assure également que celui qui est à l'avant ait la chance de faire l'essai même s'il se trompe. Par exemple, lorsqu'un élève est à l'avant et qu'un autre tente de l'aider en lui disant quoi faire à voix haute, elle intervient en lui demandant de le laisser tenter sa chance.

Nous présentons dans ce qui suit les 8 principes de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendré chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 44 et 45.

### *Principe 1 : Lecture de la consigne*

L'enseignante explique l'activité aux élèves en clarifiant les critères de réussite [PC]. Elle leur laisse ensuite 20 minutes pour réfléchir aux hypothèses de solution imprimées sur la feuille et 20 min pour faire des essais dans l'application par la suite. Enfin, elle retourne avec eux en grand groupe pour corriger leurs réponses.

Elle démarre l'application *Slice Fractions* sur sa tablette et sélectionne le premier problème imprimé et distribué aux élèves, puis elle le projette au TNI à l'aide d'une caméra document. Elle commence par lire la consigne rédigée avec un métalangage mathématique [MP] ou identifie les fractions [MF], par exemple : « comme je ne peux pas décrocher le bloc  $1/3$ , c'est-à-dire celui-là, je vais décrocher deux morceaux au hasard. Les deux petits par exemple, c'est-à-dire celui-ci et celui-là. » En lisant la consigne elle pointe sur les morceaux au tableau et parfois découpe, comme on demande de faire dans la consigne, pour montrer visuellement ce que cela donne dans l'application, sans aller jusqu'au bout de la résolution du problème pour ne pas donner la réponse.

### *Principe 2 : Rendre visibles les apprentissages de l'élève*

Elle débute en choisissant, parmi ceux qui ont la main levée, un élève au hasard pour venir à l'avant, présenter sa démarche et faire des manipulations dans le jeu [QR]. Elle choisit chaque fois un élève différent. Les critères de sélection n'ont pas été explicités par l'enseignante.

Parfois, l'élève vient montrer avec les doigts au TNI comment elle couperait. Sans lui indiquer son erreur, l'enseignante lui demande de venir faire des essais dans l'application pour voir ce que cela donne et ajuste sa démarche pour qu'elle fonctionne. L'enseignante lui offre des rétroactions pour confirmer ses décisions [RQ].

Lorsque ce n'est pas l'élève qui manipule l'application, l'enseignante le fait pour illustrer le propos de l'élève et montrer à la classe ce que cela donne [RQ]. Elle coupe par exemple un rectangle qui forme  $2/6$ . Cela libère le chemin du mammoth indiquant aux élèves que la démarche fonctionne [RQ].

Pendant que l'élève explique sa stratégie et décrit les coupes qu'il compte faire [rd], l'enseignante reformule ses propos en utilisant le métalangage [MR]. Elle dit par exemple : « effectivement si je coupe ici ça va me donner  $2/3$  puisque l'autre morceau c'est  $1/3$  ». Elle lui demande de lui

confirmer si c'est bien ce qu'il veut dire [QC] en nommant les fractions [MF] ou en utilisant le métalangage [MP].

*Principe 3 : Travailler sur un contre-exemple*

Parfois, l'élève qui présente sa démarche au tableau commence par expliquer ce qui ne marcherait pas dans l'application à cause des obstacles [ds]. Par exemple, elle explique qu'elle ne peut pas détacher le morceau qui est attaché à la roche et que lorsqu'elle éclate la bulle tous les morceaux vont tomber y compris ceux qu'elle n'a pas choisis. L'enseignante lui propose alors une démarche erronée et lui demande si cela va fonctionner. Si l'élève dit oui, l'enseignante lui donne un indice [GI] et lui demande ce qui va se passer lorsqu'elle va éclater la bulle pour la faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]. Elle lui offre aussi une rétroaction pour lui dire quelles sont ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]. Ainsi, l'élève se rend compte que la démarche proposée par l'enseignante ne fonctionne pas et en propose une qui fonctionne [ri]. L'enseignante la valide [RQ].

*Principe 4 : soutenir le raisonnement de l'élève*

Si l'élève fait des manipulations dans l'application, à l'avant de la classe, mais que sa démarche ne fonctionne pas, l'enseignante lui donne un indice [GI] et le renseigne sur son état d'avancement [REA] ou lui indique par exemple le morceau qui tombera lorsqu'elle va couper lui offrant ainsi une rétroaction qui lui indique la prochaine étape [RPE]. Ainsi, l'élève se rend compte de ce qui pourrait mal fonctionner et lui dit par exemple que le morceau qui va retomber va être trop grand [ri]. L'enseignante lui demande pourquoi [QJ]. Parfois, pour justifier sa réponse [rj], l'élève emploie un métalangage mathématique et explique que les fractions sont équivalentes [mp] ou nomme simplement les fractions auxquelles correspond chaque morceau [mf].

D'autres fois, à la fin d'un problème, l'enseignante modélise son propre raisonnement et guide les élèves à conclure la règle mathématique [GM]. Elle le fait en nommant les fractions auxquelles correspondent les morceaux dans l'application et en utilisant le métalangage [MP]. Elle leur explique par exemple qu'ils ont un bloc coupé en 5 morceaux. Elle leur indique le premier tiers. Elle l'ajoute à un autre morceau de  $\frac{1}{3}$  et mentionne que cela fait  $\frac{2}{3}$ . Elle explique ensuite qu'à

partir du moment où on partage au milieu, on obtient une surface équivalente des deux côtés alors on obtient deux fois  $1/3$  [OF].

*Principe 5 : Offrir une rétroaction visuelle dans l'application*

Parfois, il y a des divergences dans les idées. Certains croient que la démarche fonctionne, d'autres pas. Voyant qu'il y a des avis variés, l'enseignante propose de faire des essais dans l'application. Elle commence par couper, et avant même que le morceau ne tombe, on entend les élèves qui disaient que ça allait marcher, dire qu'il faut couper dans l'autre sens. Ils changent donc leurs réponses. L'enseignante reformule les propos des élèves [MR], et les fait réfléchir à la prochaine étape [RPE].

*Principe 6 : Susciter un dialogue cognitif*

Parfois, l'enseignante demande, à la fin de la démarche, s'il y a d'autres façons de faire [DC], tout en donnant des indices pour expliquer pourquoi il y en aurait [GI]. Pour expliquer les possibilités, les élèves viennent faire des essais dans l'application. Le travail des élèves suscite une réflexion chez certains autres, autour de la stratégie dans le jeu [ps]. Une élève explique, par exemple, que la démarche de son camarade fonctionnerait peut-être. Elle tente d'expliquer verbalement comment poursuivre à partir de l'endroit où sa paire s'est arrêtée [ds].

Pour l'aider à avancer dans son raisonnement, l'enseignante lui demande de faire des essais dans l'application. L'élève voit ainsi que sa façon ne fonctionne pas et s'arrête [RQ]. L'enseignante l'encourage à poursuivre avec d'autres essais. Ensuite, elle demande si d'autres ont des façons de faire différentes pour que la démarche entamée par leur collègue fonctionne [OS]. Si le temps manque, elle explique elle-même la dernière possibilité, par exemple, celle de couper à l'horizontale au lieu de la verticale.

Lorsqu'ils s'exercent dans l'application *Slice Fractions*, certains élèves refont le même problème plusieurs fois pour tester différentes possibilités et comprendre pourquoi certaines ne fonctionnent pas. Après plusieurs essais, le jeu les guide en affichant les fractions auxquelles correspondent les morceaux présents [GI]. Ainsi, les élèves voient, par exemple, que le morceau qu'ils tentent de faire tomber correspond à  $1/2$  alors qu'ils ont besoin de  $1/3$ . Une élève semble avoir retenu l'information dévoilée dans le jeu durant la séance d'exercisation dans *Slice Fractions*

puisque, lors de la discussion en grand groupe, elle explique que le morceau est plus grand que nécessaire, car il vaut  $1/2$ , et ce bien que la valeur du morceau soit difficile à deviner, car le rectangle n'est pas divisé en morceaux égaux. L'enseignante lui demande pourquoi [QJ].

Parfois, en justifiant leurs réponses [rj], les élèves ont des avis différents [df]. Un élève répond par exemple que la raison est que le morceau vaut plus que  $1/3$  [mf]. Un autre élève dit que c'est  $3/6$  [mf]. Une autre élève dit que c'est la demie ou la moitié [mf].

#### *Principe 7 : Questionner les élèves pour aller plus loin*

Pour amener les élèves à aller plus loin dans leur raisonnement, l'enseignante les questionne pour qu'ils constatent que malgré l'exactitude de la démarche décrite, la justification proposée dans l'énoncé, sur la feuille, n'est pas exacte.

Alors, à la suite de la présentation de la démarche qui fonctionnerait, l'enseignante relit la consigne et leur demande d'être attentifs. Ensuite, elle leur demande si la démarche est exacte [DAC] ou ouvre la porte à un dialogue cognitif pour écouter les différents raisonnements des élèves [DC].

Un élève lève la main et explique avec un métalangage mathématique [mf] qu'il est vrai que les morceaux choisis correspondent aux fractions mentionnées [df] et que la démarche fonctionne [ds], mais la justification proposée dans la consigne est inexacte. Il justifie ses propos en expliquant que, contrairement à ce qui est énoncé dans la consigne, on n'est pas obligé d'avoir un rectangle pour que ça fonctionne on peut avoir un triangle et ça fonctionnera aussi [rj]. L'enseignante reformule la réponse et demande si tous les élèves comprennent même ceux qui avaient une réponse différente [MR]. Nous voyons des élèves corriger la réponse sur leurs feuilles.

#### *Principe 8 : Travailler les concepts mathématiques*

Pour aller au bout du raisonnement, l'enseignante demande aux élèves d'expliquer comment ils peuvent procéder autrement pour résoudre le problème. Elle revient sur le même problème et demande si elle peut couper une autre forme qu'un rectangle qui donnera la même réponse [OF]. Elle invite un élève à venir tester sa démarche au tableau elle lui précise sa demande : « tu dois couper une forme qui fait  $2/6$ , mais qui ne soit pas un rectangle ». Avant qu'il n'arrive au bout de sa démarche, elle le questionne pour lui demander si le morceau qu'il a coupé fait  $2/6$  [GI]. En

voyant qu'il reste de la lave au sol, elle commente que ce n'est pas assez grand [RQ]. Elle travaille ainsi la comparaison de fractions [OF]. L'élève souhaite réessayer. Elle le laisse faire. Sa deuxième tentative fonctionne. L'enseignante conclut que la démarche est valide. Elle ajoute que le morceau ne ressemble pas à un rectangle, mais il fait  $2/6$  [MR].

Un élève intervient et demande si on peut faire autrement, par exemple, couper un autre type de triangle [ds]. L'enseignante l'invite à venir essayer dans l'application. Mais avant, elle attire son attention à une contrainte au niveau de la stratégie dans le jeu qui peut l'empêcher de le faire [OS].

**Tableau 44**  
Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante B durant l'activité 3

Pratiques pédagogiques		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]								
	Clarifier les critères de succès [PC]	•							
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]								
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]								
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]			•	•		•		•
	Décomposer le problème [GQ]				•				
	Modéliser son raisonnement [GM]				•				
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]								
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]								
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]		•						
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]				•		•		
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]		•						
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]								

Pratiques pédagogiques		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]								
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•	•			•		•
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]			•					
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]				•				
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]			•	•				
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]							•	
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]						•	•	
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]				•				•
	Travailler autour des stratégies [OS]						•		•
	Travailler sur la dimension affective [OA]								
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]								
	Utiliser un métalangage erroné [ME]								
	Nommer les fractions [MF]		•						
	Utiliser un métalangage [MP]	•			•				
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]								
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]		•			•		•	•
Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]									



**Tableau 45**

Travail des élèves dans la classe de l'enseignante B durant l'activité 3

Travail des élèves		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]								
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]						•		
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]								
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]								
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]		•						
	Justifier sa réponse [rj]				•		•	•	
	Segmenter sa démarche [rs]								
	Interpréter son erreur [ri]			•	•				
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]			•			•	•	•
	Discuter autour des fractions [df]						•	•	
	Discuter autour de la dimension affective [da]								
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]								
	Utiliser un métalangage erroné [me]								
	Nommer les fractions [mf]				•		•	•	
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]				•				

## Annexe 8

### Activité 4, enseignante B

Les enseignantes expliquent aux élèves comment se déroulera la leçon. Elles précisent le type de questions qu'elles poseront et leur indiquent qu'ils peuvent écrire, dessiner et colorier sur l'écran, avec leurs doigts. Elles précisent également le temps alloué à chaque question et mentionnent qu'elle peut voir toutes les réponses et en choisir quelques-unes pour les partager avec la classe et en discuter, une à la fois. Elles leur demandent s'ils sont prêts avant de commencer l'activité.

Nous présentons dans ce qui suit les 6 principes de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 46 et 47.

#### *Principe 1 : Lecture de la consigne et guidance*

Les enseignantes lisent la consigne et l'expliquent aux élèves [PC]. Parfois, elles la reformulent [MQ]. Elles regardent les réponses. Elles en choisissent une et la partagent pour qu'elle apparaisse sur tous les iPad.

Pour sélectionner des réponses, elles cherchent celles qui sont susceptibles de susciter un dialogue cognitif. Elles choisissent par exemple des réponses qui présentent des raisonnements différents ou des erreurs fréquentes.

Pendant que les élèves répondent à la question dans *Nearpod*, sur leurs iPads, les enseignantes circulent entre les tables pour les assister et répondre à leurs questions. Ce faisant, elles regardent les réponses des élèves, par-dessus leurs épaules. Lorsqu'elles remarquent que le raisonnement mathématique d'un élève est incorrect, elles attirent son attention là-dessus, avant de passer au principe 2. Elles reformulent la réponse qu'elles voient sur la tablette de l'élève [MR] et le questionnent en utilisant le métalangage [MP] pour confirmer avec lui si c'est bien ce qu'il veut dire [QC]. Elles lui disent, par exemple : « il y a 8 fois  $\frac{1}{8}$  dans  $\frac{1}{4}$  ? Tu es en train d'écrire qu'il faut 8 fois  $\frac{1}{8}$  pour avoir  $\frac{1}{4}$  ? » Cela ouvre la porte à un dialogue cognitif [DC] qui amène l'élève à justifier son raisonnement [rj] ou se rendre compte de son erreur et la corriger [ri]. Pour

répondre aux enseignantes, l'élève réfléchit aux fractions [pr] et explique combien il faut de  $1/8$  pour faire  $1/4$  [mp].

*Principe 2 : Rendre visibles les apprentissages.*

Lorsque le temps alloué à la question est écoulé, les enseignantes choisissent la réponse d'un élève pour la partager, dans *Nearpod*. Elles précisent à l'élève choisi que sa réponse est intéressante et l'invitent à décrire ce qu'il voit [QD] ou à expliquer son raisonnement à voix haute en utilisant le métalangage [QR]. Parfois, l'élève arrive à présenter sa démarche en segmentant les étapes [rs]. Si l'élève n'utilise pas le métalangage [ma], les enseignantes reformulent sa réponse [MR]. Parfois, elles expliquent elles-mêmes la réponse de l'élève en décrivant ce qu'elles voient sur l'écran dans un langage mathématique [MP].

Lorsque, dans la réponse de l'élève, les enseignantes détectent un élément intéressant susceptible de le faire réfléchir, elles le questionnent pour qu'il justifie son raisonnement mathématique [QJ] ou lui demandent de l'expliquer en lui posant des questions du genre « Comment tu peux dire ça ? » [QR]. Si la réponse de l'élève est bonne et qu'il la présente correctement [rd] en nommant les fractions [mf] ou en employant le métalangage précis [mp], en expliquant par exemple qu'il double le numérateur et le dénominateur [mp], les enseignantes passent au principe 4.

*Principe 3 : Soutenir le raisonnement de l'élève*

Si la réponse de l'élève est incorrecte ou que son raisonnement mathématique est bon [pr], mais que sa stratégie est mauvaise [ps], les enseignantes lui font un rappel des connaissances antérieures [PCA] ou lui offrent une rétroaction pour le renseigner sur l'exactitude de ses opérations intellectuelles et lui dire où il en est par rapport à la tâche [REA]. Dans sa rétroaction, elles lui donnent également des indices qu'elles formulent dans un langage mathématique [GI], afin de lui indiquer son erreur. Par exemple, dans le problème 12, elles attirent son attention sur le morceau qui tombera automatiquement s'il fait éclater la bulle : «  $2/4$ , ça peut marcher, mais regarde ce que tu as en bas. Tu as  $1/8$  tout seul qui va tomber. Dès que tu vas lâcher quelque chose, il va tomber. » [MF]. À la suite de l'indice des enseignantes, l'élève explique son raisonnement mathématique [rd]. Il dit par exemple qu'il va couper chaque morceau d' $1/4$  en

deux, cela lui fait 4 morceaux de  $\frac{1}{8}$  donc  $\frac{4}{8}$ , puis il va peser sur la balance pour les faire tomber [mp].

Lorsque l'élève a de la difficulté à se corriger, les enseignantes continuent à le questionner en s'arrêtant à chaque étape du raisonnement [GQ]. Ses questions contiennent des indices et servent de rétroactions qui renseignent l'élève sur la prochaine étape à réaliser [RPE]. Elles lui demandent par exemple si les morceaux qu'il a sélectionnés vont suffire pour faire fondre la lave, une question à laquelle l'élève peut répondre par un simple oui ou un non. Les enseignantes enchainent en lui demandant de préciser où il prendra les morceaux requis. Elles s'arrêtent à la suite de chaque réponse et la reformulent dans un métalangage mathématique avant de poursuivre avec une prochaine question [MR]. L'élève peut ainsi ajuster son raisonnement au fur et à mesure.

#### *Principe 4 : Conceptualiser pour guider les élèves dans leur raisonnement*

À la suite du soutien des enseignantes, si l'élève réussit à répondre aux questions et à ajuster son raisonnement, elles lui offrent une rétroaction pour lui dire que sa réponse est bonne [RQ].

Sinon, elles donnent la parole à un autre élève. Si ce dernier donne la bonne réponse, les enseignantes la valident en utilisant des mots comme « absolument » [RQ]. Ensuite, elles s'adressent à l'élève qui avait la mauvaise réponse et lui précisent ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]. Elles lui disent, par exemple, « C'est juste, mais ça ne va pas marcher ». En comparant les deux réponses, elles lui précisent ce qui manque dans son raisonnement [RPE]. Elles reformulent sa réponse pour l'expliquer à toute la classe et passent ensuite au principe 5 pour récapituler [MR].

Si certains élèves ne comprennent pas la réponse de leur collègue, les enseignantes font recours aux dessins [GD] et à la conceptualisation pour soutenir leur raisonnement [MC]. D'abord, elles demandent à l'élève qui ne comprend pas la réponse de présenter son propre raisonnement. Ensuite, elles confrontent ce raisonnement à celui de son collègue [DC]. Pour ce faire, elles dessinent au tableau une représentation visuelle de ce raisonnement et font le lien avec celle préalablement dessinée représentant le raisonnement de son collègue. Par exemple, elles dessinent une bande qu'elles divisent d'abord en 4 verticalement et ensuite en 2

horizontalement. Elles lui demandent : « Combien y a-t-il de  $\frac{1}{8}$  dans  $\frac{1}{4}$  » [OF], le guidant ainsi vers la réponse que l'élève formule dans un métalangage exact [mp] : «  $\frac{1}{4} = \frac{2}{8}$  ».

*Principe 5 : Conceptualiser pour récapituler*

Les enseignantes ont recours à la conceptualisation également pour récapituler [MC]. Lorsqu'un élève donne la bonne réponse en expliquant son raisonnement mathématique [df] dans un métalangage correct [mp], les enseignantes la reformulent en écrivant le raisonnement mathématique au tableau et en répétant le métalangage mathématique que l'élève a utilisé [MR]. Elles disent, par exemple : « celui-là il faut d'abord le partager en  $\frac{1}{8}$  et  $\frac{1}{8}$  pour que l'addition se fasse. Pour que ça s'additionne, il faut que le dénominateur soit le même. » Les élèves expliquent ensuite qu'ils ont découpé le morceau pour obtenir le même dénominateur [ds].

À la suite de l'explicitation du raisonnement de l'élève, dans le but d'aider les autres à représenter les fractions, les enseignantes reformulent la réponse [MR] et élaborent là-dessus en dessinant une bande au tableau qu'elles divisent en plusieurs parties et nomment les fractions que chaque segment représente [GD]. Par exemple, elles coupent la bande d'abord verticalement en 8, ensuite horizontalement en 2. Elles en colorient 4 morceaux et expliquent que cela représente  $\frac{4}{16}$  et que c'est équivalent à  $\frac{2}{8}$ , et à  $\frac{1}{4}$ . Dans une perspective d'institutionnalisation, afin d'illustrer avec des représentations mathématiques plus abstraites, les enseignantes écrivent l'égalité au tableau : «  $\frac{4}{16} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$  » [OF].

*Principe 6 : Susciter un dialogue cognitif*

Les enseignantes terminent en attirant l'attention des élèves sur la conclusion à retenir. Elles demandent aux élèves s'ils sont tous d'accord [DAC]. Elles peuvent aussi expliquer la raison pour laquelle elles ont choisi de partager cette réponse avant de passer à la prochaine question. Parfois, elles les questionnent pour aller plus loin. Elles leur demandent, par exemple, de comparer des fractions qui ne sont pas dans la question [OF].

Parfois, elles partagent plusieurs réponses différentes pour offrir la chance aux élèves de confronter leurs stratégies à celles de leurs collègues et tenter de comprendre le raisonnement qui les a emmenés à cette réponse, ouvrant ainsi la porte à un dialogue cognitif [DC] qui porte sur le raisonnement mathématique [pr] ou sur les stratégies [ps].

**Tableau 46**

Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante B durant l'activité 4

Pratiques pédagogiques		Principes					
		1	2	3	4	5	6
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]						
	Clarifier les critères de succès [PC]	•					
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]						
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]			•			
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]			•			
	Décomposer le problème [GQ]			•			
<b>Questionnement</b>	Modéliser son raisonnement [GM]						
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]				•	•	
	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	•					
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	•	•				
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]		•				
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	•					
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]						
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]						
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]				•		
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]				•		
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]			•			
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]			•	•		
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]						•
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	•			•		•
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]				•	•	•
	Travailler autour des stratégies [OS]						•
	Travailler sur la dimension affective [OA]						

Pratiques pédagogiques		Principes					
		1	2	3	4	5	6
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]						
	Utiliser un métalangage erroné [ME]						
	Nommer les fractions [MF]			•			
	Utiliser un métalangage [MP]	•	•				
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]				•	•	
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	•	•	•	•	•	
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	•					

**Tableau 47**  
Travail des élèves dans la classe de l'enseignante B durant l'activité 4

Travail des élèves		Principes					
		1	2	3	4	5	6
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]						
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]			•			•
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]	•		•			•
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]						
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]		•	•			
	Justifier sa réponse [rj]	•					
	Segmenter sa démarche [rs]		•				
	Interpréter son erreur [ri]	•					
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]					•	
	Discuter autour des fractions [df]					•	
	Discuter autour de la dimension affective [da]						
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	•	•				
	Utiliser un métalangage erroné [me]						
	Nommer les fractions [mf]		•				
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	•	•	•	•	•	

## Annexe 9

### Activité 2, enseignante C

Nous présentons dans ce qui suit les 3 principes pédagogiques de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 48 et 49.

#### *Principe 1 : Questionnement*

Elle clarifie les critères de réussite. Ensuite, elle questionne les élèves pour qu'ils lui disent à quoi correspond la fraction dans la réponse (a) [OF]. Certains disent  $2/6$  d'autres disent  $3/6$  [mf]. Elle ne leur donne pas la réponse et sonde la classe en demandant qui dit  $2/6$ , qui dit  $3/6$  et qui n'a pas de réponse [DC]. Les élèves élaborent un raisonnement mathématique [pr] et donnent ensuite leurs réponses [rd].

#### *Principe 2 : conceptualisation*

Ensuite, l'enseignante donne la bonne réponse [MF]. Elle justifie la réponse en donnant un exemple concret sur les morceaux de chocolat [GM], en mobilisant des connaissances antérieures [PCA] et en employant le métalangage mathématique [MP]. Elle considère qu'elle a une barre de chocolat qu'elle divise en 6 morceaux. Elle les compte sur ses doigts comme si chacun de ses doigts correspond à un morceau de chocolat. Elle explique que ses doigts ne sont pas égaux, mais elle précise que les 6 morceaux sont supposément égaux. Elle indique qu'elle veut obtenir la moitié de la barre de chocolat pour en donner la moitié à son ami et en garder la moitié pour elle. Elle répète la consigne 3 fois et demande combien de morceaux elle doit prendre pour avoir la moitié de la barre de chocolat [QR]. Elle précise qu'elle veut la réponse que l'élève a écrite sur sa feuille. On entend les élèves dire 3 [df]. Elle conclut que 3 est la moitié des 6 morceaux et inscrit la réponse au tableau. Lorsque l'élève donne la bonne réponse en nommant les fractions [df], l'enseignante la valide [RQ], et la justifie en expliquant que c'est parce que 2 est la moitié de 4 [OF].

Par manque de temps, elle ne fait pas de discussion autour des fractions  $x/4$  et  $x/2$ . Elle prend la réponse d'un élève qui répond correctement et l'inscrit au tableau en la justifiant [OF].



*Principe 3 : conclusion*

À la fin de l'exercice, l'enseignante demande à ceux qui ont eu une 4 bonnes réponses d'écrire leurs noms et de mettre leur papier sur le bureau de l'enseignante sans rien changer dans leurs réponses. Elle corrigera les réponses et leur remettra les papiers avec les points bonus.

**Tableau 48**

Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante C durant l'activité 2

Pratiques pédagogiques		Principes		
		1	2	3
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	•		
	Clarifier les critères de succès [PC]			
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]			
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]		•	
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]			
	Décomposer le problème [GQ]			
	Modéliser son raisonnement [GM]	•		
	Soutenir le raisonnement par le dessin/exemples concrets [GD]		•	
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]			
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]		•	
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]			
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]			
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]			
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]			
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•	
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]			
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]			
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]			
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]			
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	•		

Pratiques pédagogiques		Principes		
		1	2	3
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	•	•	
	Travailler autour des stratégies [OS]			
	Travailler sur la dimension affective [OA]			
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]			
	Utiliser un métalangage erroné [ME]			
	Nommer les fractions [MF]		•	
	Utiliser un métalangage [MP]		•	
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]			
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]			
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]			

**Tableau 49**

Travail des élèves dans la classe de l'enseignante C durant l'activité 2

Travail des élèves		Principes		
		1	2	3
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]			
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]			
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]	•		
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]			
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]	•		
	Justifier sa réponse [rj]			
	Segmenter sa démarche [rs]			
	Interpréter son erreur [ri]			
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]			
	Discuter autour des fractions [df]		•	
	Discuter autour de la dimension affective [da]			
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]			
	Utiliser un métalangage erroné [me]			
	Nommer les fractions [mf]	•		
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]			

## **Annexe 10**

### **Activité 3, enseignante C**

Nous présentons dans ce qui suit les 2 principes pédagogiques de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 50 et 51.

#### *Principe 1 : Présentation des consignes*

L'enseignante explique aux élèves ce qu'ils doivent faire. Elle clarifie les intentions d'apprentissages [PI] et les critères de réussite [PC]. Elle anticipe les difficultés des élèves de 3<sup>e</sup> année et les explique aux élèves pour les préparer à l'activité. Par exemple, elle lit les fractions qui sont au tableau et précise que les élèves de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire comparent les chiffres, sans comprendre ce que les fractions signifient alors si nous leur présentons  $\frac{3}{6}$  et  $\frac{1}{2}$  ils sont plus enclins à comparer les numérateurs ensemble et les dénominateurs ensemble et en déduire que  $\frac{3}{6}$  est plus grand que  $\frac{1}{2}$  [OF]. Elle fait un rappel des connaissances apprises de la séance précédente, et indique aux élèves qu'ils peuvent considérer qu'ils ont une barre de chocolat qu'ils vont devoir diviser en morceaux [PCA]. Enfin, elle leur demande si tout est clair [DAC].

À la fin de la séance, les élèves qui s'exercent dans *Slice Fractions* arrêtent de travailler et écoutent les présentations de leurs collègues. L'enseignante encourage les élèves qui assistent aux présentations à jouer le rôle d'élèves de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire et à poser des questions à leurs collègues pour les inciter à expliquer d'une autre façon.

#### *Principe 2 : Rendre visibles les apprentissages des élèves et soutenir leur raisonnement*

L'enseignante demande aux équipes de passer au tableau à tour de rôle pour présenter leur raisonnement [QD]. Elle ne questionne toutefois pas toutes les équipes qui présentent. C'est pourquoi, pour les descriptions, nous avons sélectionné trois présentations d'équipes pendant lesquelles l'enseignante intervient. Ici je peux résumer les pratiques mises en œuvre sans entrer dans les détails ni donner les exemples qui suivent.

Après avoir réfléchi à leur présentation [pr], les élèves de la première équipe passent au tableau pour décrire leur raisonnement [rd]. Ils se présentent et dessinent au tableau une bande divisée en deux morceaux. Ils écrivent  $1/2$  sur chacun. Ils dessinent une autre bande, à côté d'elle, divisée en 4 morceaux [mf]. Ils écrivent  $1/4$  sur chacun. Ils ajoutent un signe égal entre les deux bandes pour signifier qu'elles sont équivalentes. Ils demandent à leur collègue si les deux bandes sont égales ou pareilles [df]. Les élèves disent non. L'équipe efface et redessine pour tenter de rendre l'équivalence plus claire.

L'enseignante les rassure en leur expliquant que ce n'est pas facile d'expliquer ce qu'on a compris. L'équipe redessine les bandes et précise cette fois-ci qu'elles ont la même grandeur. Ensuite, ils indiquent qu'une bande est divisée en 2, l'autre en 4 et ils ajoutent une bande qui est divisée en 3. L'enseignante leur rappelle qu'elle pense comme les élèves de 1<sup>re</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du primaire que  $1/2 < 2/4 < 3/6$  et leur offre des rétroactions pour les renseigner sur leur état d'avancement [REA]. Pour les aider à exprimer leurs idées, l'enseignante leur propose d'utiliser les papiers au lieu du dessin pour qu'il soit plus facile de montrer l'équivalence. L'enseignante précise à la classe qu'il faut que lorsqu'ils coupent des bandelettes, ils fassent attention qu'elles soient égales. Sinon, c'est difficile de les imaginer.

Les élèves de la deuxième équipe commencent par se présenter. Ensuite, elles écrivent l'équation au tableau pour l'expliquer. La première élève dessine des bonbons au tableau pour expliquer l'équivalence. Elle emploie le métalangage mathématique tout au long de sa présentation [mp]. Elle dit par exemple « vous avez deux bonbons, ça c'est le dénominateur, vous en mangez un, ça c'est le numérateur ». La deuxième élève poursuit l'explication [rd] en attirant l'attention de ses pairs que le numérateur « 1 » est la moitié du dénominateur « 2 » [mp]. Elle explique que cette équation s'applique pour  $2/4$  et  $3/6$  également. Alors, les trois fractions  $1/2$ ,  $2/4$  et  $3/6$  sont égales [mf]. La troisième élève dessine une barre de chocolat, un exemple que l'enseignante donne souvent, et la divise en 2, en 4 et en 6 pour démontrer l'équivalence. Ainsi les élèves démontrent l'équivalence de 3 façons différentes et exactes [rj].

L'enseignante explique à nouveau ce que les élèves viennent de démontrer [MR], en se basant sur leurs dessins. Ce faisant, elle fait un rappel des connaissances antérieures [PCA], emploie le métalangage [MP] et nomme les fractions également [MF]. Elle les félicite parce qu'elles touchent

à un aspect différent de l'équivalence de fractions, elles l'expliquent en utilisant des paquets de bonbons au lieu des barres de chocolat qu'elles voient souvent dans le cahier d'exercices [RQ].

Avec l'équipe suivante, à la suite de la présentation des élèves, l'enseignante leur demande de prouver que l'équivalence fonctionne s'ils multiplient le numérateur et le dénominateur par le même chiffre [PCA]. Elle leur donne des indices pour les aider [GI]. Elle explique qu'il faut multiplier le numérateur et le dénominateur par le même chiffre. Un élève contredit l'enseignante en disant que la multiplication qu'elle propose ne fonctionne pas [DC]. Elle écrit l'équation au tableau de nouveau [MC] et modélise son raisonnement, étape par étape [GM]. Durant la modélisation, elle leur lance un défi [ZPD]. Elle leur demande de faire une proportionnalité en deux étapes, ce qu'ils n'ont pas encore appris jusque-là. Pour soutenir leur raisonnement, elle décompose le problème en quelques étapes et les questionne pour chacune [GQ]. Elle leur offre des rétroactions pour leur dire si leurs manœuvres sont bonnes ou mauvaises [RQ] ou les renseigner sur la prochaine étape [RPE]. S'ils ont toujours la mauvaise réponse, elle reformule la question en employant le métalangage mathématique [MQ]. Ils réussissent finalement à démontrer l'équivalence des fractions en faisant une proportionnalité en deux étapes, avec l'aide de l'enseignante.

Une autre équipe de deux vient présenter. Ils réfléchissent au tableau, chacun de leur côté pour démontrer l'équivalence de fractions, cette fois-ci, en faisant des calculs mathématiques. La fille multiplie le numérateur et le dénominateur par le même nombre. Le garçon décide d'essayer la proportionnalité en deux étapes que l'enseignante vient de présenter avec l'équipe précédente. Étant donné que la technique est nouvelle, l'enseignante l'encourage et le guide en décomposant la démarche pour qu'elle devienne plus facile [GD]. En questionnant l'élève, il développe son raisonnement une étape à la fois et parvient à appliquer la technique. Durant le processus, il pose des questions lorsqu'il ne comprend pas. L'enseignante l'encourage à faire des essais. Parfois, elle lui indique quelles sont ses bonnes et ses mauvaises manœuvres pour l'aider à ajuster son raisonnement [RBM]. Elle lui donne des indices [GI] « qu'est-ce que je peux faire ? Diviser ou multiplier par ? [...] Essaie de diviser. Par quoi tu peux diviser 2 ? » Au début de la démarche, l'élève éprouve des difficultés et lorsqu'il trouve la réponse, l'élève dit avec enthousiasme « Ah ! J'ai compris ! » L'enseignante valide son raisonnement [RQ] et félicite l'équipe d'avoir été

courageuse et essayer de prouver la proportionnalité en deux étapes [OA]. Elle récapitule en rappelant cette règle [PCA]. Dans son discours, l'enseignante réfère au concept de fraction [OF], les nomme [MF] et emploie le métalangage mathématique [MP].

**Tableau 50**  
Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante C durant l'activité 3

Pratiques pédagogiques		Principes	
		1	2
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	•	
	Clarifier les critères de succès [PC]	•	
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]		•
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	•	•
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]		•
	Décomposer le problème [GQ]		•
	Modéliser son raisonnement [GM]		•
	Soutenir le raisonnement par le dessin/exemples concrets [GD]		•
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]		
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]		•
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]		•
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]		
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]		
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]		
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]		•
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]		•
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]		•
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	•	
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]		•

Pratiques pédagogiques		Principes	
		1	2
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	•	•
	Travailler autour des stratégies [OS]		
	Travailler sur la dimension affective [OA]		•
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]		
	Utiliser un métalangage erroné [ME]		
	Nommer les fractions [MF]		•
	Utiliser un métalangage [MP]		•
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]		•
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]		•
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]		•



**Tableau 51**

Travail des élèves dans la classe de l'enseignante C durant l'activité 3

Travail des élèves		Principes	
		1	2
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]		
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]		
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]		•
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]		
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]		•
	Justifier sa réponse [rj]		•
	Segmenter sa démarche [rs]		
	Interpréter son erreur [ri]		
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]		
	Discuter autour des fractions [df]		•
	Discuter autour de la dimension affective [da]		
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]		
	Utiliser un métalangage erroné [me]		
	Nommer les fractions [mf]		•
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]		•

## Annexe 11

### Activité 4, enseignante C

Les enseignantes expliquent aux élèves comment se déroulera la leçon. Elles précisent le type de questions qu'elles poseront et leur indiquent qu'ils peuvent écrire, dessiner et colorier sur l'écran, avec leurs doigts. Elles précisent également le temps alloué à chaque question et mentionnent qu'elles peuvent voir toutes les réponses et en choisir quelques-unes pour les partager avec la classe et en discuter, une à la fois. Elles leur demandent s'ils sont prêts avant de commencer l'activité.

Nous présentons dans ce qui suit les 8 principes de l'activité en grand groupe. Les pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante pour chaque principe ainsi que les processus d'apprentissage qu'elles ont engendrés chez les élèves sont présentées dans les Tableaux 52 et 53.

#### *Principe 1 : lire la consigne*

Les enseignantes envoient la question aux élèves. Elles expliquent la consigne et précisent ce qu'ils doivent faire [PC] et les intentions d'apprentissages [PI]. Elles indiquent qu'ils ont 2 min pour répondre.

Lorsque le temps est écoulé, elles leur mentionnent qu'elles voient toutes leurs réponses. Pour sélectionner des réponses, elles cherchent celles qui sont susceptibles de susciter un dialogue cognitif. Elles choisissent par exemple des réponses qui présentent des raisonnements différents ou des erreurs fréquentes. Parmi les mains levées, elles demandent à un élève de lui expliquer la réponse affichée [QR]. Parfois, elles expliquent la raison pour laquelle elles choisissent une réponse, par exemple, si elle est différente des autres ou si l'élève a écrit l'équation.

En circulant dans la classe, pendant que les élèves répondent à la question sur leurs iPads, les enseignantes les guident en décomposant le problème et les questionnant [GQ]. Elles leur indiquent, par exemple, qu'ils ont besoin de  $\frac{4}{8}$  et leur demandent combien de huitièmes ils ont. Les élèves nomment les fractions, «  $\frac{1}{8}$  », par exemple [mf]. Les enseignantes poursuivent en leur demandant de déduire combien il en manque. Les élèves répondent encore en nommant les fractions.

### *Principe 2 : rendre visibles les apprentissages*

Les enseignantes regardent les réponses et mentionnent que toutes les réponses qu'elles ont reçues sont bonnes [RQ], lorsque c'est le cas. Elles félicitent les élèves pour leurs bonnes réponses et demandent si quelqu'un aimerait présenter son raisonnement [QR]. Des élèves lèvent la main pour répondre. Si les réponses sont divergentes, elles en affichent plusieurs et demandent aux élèves de présenter leurs différentes démarches [DC] en commençant par le raisonnement mathématique [OF].

Parfois, les élèves ont le bon raisonnement mathématique [pr] et l'expliquent correctement en utilisant le bon métalangage [mp]. Par exemple, une élève nomme correctement tous les numérateurs et les dénominateurs ou dit qu'elle a divisé le bloc de  $1/2$  en 3 pour faire  $1/6$  et le  $1/3$  en deux pour que ça s'additionne avec les  $1/6$  [df]. Dans ce cas, les enseignantes la félicitent et poussent le raisonnement plus loin en demandant, par exemple, si les dénominateurs sont les mêmes partout sur l'image. Elles la font réfléchir à la prochaine étape [RPE]. Si la réponse de l'élève n'est pas exacte, les enseignantes la reformulent et questionnent l'élève pour qu'elle précise sa réponse [MQ]. Parfois, elles lui demandent de confirmer sa réponse [QC] et lui donnent une rétroaction pour la renseigner sur ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM].

Si l'élève éprouve des difficultés à verbaliser, les enseignantes l'aident en lui posant des questions de façon à décomposer le problème pour faciliter sa résolution [GQ]. Par exemple, elles lui demandent en combien de morceaux il a coupé son  $1/2$  et en combien de morceaux il a coupé son  $1/3$  et quelles fractions cela lui donne [OF]. À la suite des réponses de l'élève [df], les enseignantes tirent une conclusion. Elles expliquent, par exemple, que dans  $1/3$  elle a 2 fois  $1/6$  [MP].

Lorsque l'élève nomme incorrectement les fractions [me], par exemple lorsqu'elle répond qu'elle voit « 1 sur 8 », les enseignantes lui corrigent son métalangage en lui demandant comment on dit « 1 sur 8 » [MF]. L'élève répond correctement : « un huitième ». Si ce n'est pas le cas, les enseignantes lui donnent la bonne réponse [RC]. Pour permettre à l'élève de préciser sa réponse, les enseignantes lui demandent d'indiquer quel chiffre est le numérateur et lequel est le dénominateur [OF].

### *Principe 3 : Discuter de la stratégie*

Une fois que les élèves ont expliqué le raisonnement mathématique qui fonctionne [rd], les enseignantes passent à la stratégie pour le valider ou le corriger [OS]. Parfois, les élèves expliquent un raisonnement qui est exact mathématiquement, mais ne trouvent pas les manipulations à faire dans le jeu pour résoudre le défi [ps]. Pour attirer leur attention sur le fait que leur stratégie dans le jeu en termes de manipulations ne fonctionne pas, elles les questionnent et leur demandent, par exemple, combien de morceaux ils ont obtenus et combien il leur en faut [RPE]. Les élèves se rendent ainsi compte de leur erreur [ri] et corrigent leur stratégie [ds]. S'ils ne se rendent pas compte de leurs erreurs, elles demandent à leurs collègues de répondre [DC] et de justifier leur réponse [QJ]. S'ils ne réussissent pas, les enseignantes dessinent le problème au tableau [GD] et discutent des fractions avec les élèves en les questionnant [OF]. Parfois, elles demandent simplement aux élèves s'ils sont d'accord ou pas avec la réponse de leur collègue [DAC].

### *Principe 4 : Dessiner pour conceptualiser*

Pour aider les élèves à conceptualiser, les enseignantes dessinent une partie du problème au tableau [GD]. Elles décomposent le problème en questionnant les élèves [GQ] et utilisent le dessin comme support pour leur montrer, par exemple, que peu importe comment ils coupent, s'ils coupent le grand morceau au milieu, ils vont obtenir deux morceaux égaux. Alors, s'ils coupent  $1/4$  en deux ils obtiennent deux morceaux de  $1/8$  [OF].

Pour guider le raisonnement des élèves, les enseignantes dessinent au tableau les bandes divisées en morceaux égaux, comme sur l'image dans *Nearpod* [GD]. Elles utilisent les couleurs pour aider les élèves à visualiser. Les enseignantes demandent à l'élève de venir lui montrer combien de  $1/3$  il peut mettre dans  $4/6$  [GQ]. L'élève divise et superpose les bandes pour montrer l'équivalence entre les fractions [GD]. Les enseignantes reformulent ses réponses [MR] et lui demandent de nommer les fractions. Elles écrivent, sur les bandes, les fractions auxquelles correspond chaque morceau identifié [mf]. L'élève déduit qu'il y a 2 fois  $1/3$  dans  $4/6$  [mp].

Si un élève a un raisonnement erroné, les enseignantes lui expliquent pourquoi ça ne peut pas être le cas en modélisant son raisonnement [GM] et en lui présentant la théorie [OF]. Elles lui

expliquent, par exemple, le concept de la partie d'un tout en utilisant des représentations visuelles de bandes [GD]. Elles corrigent ainsi ses connaissances erronées.

*Principe 5 : Guider en décomposant le problème et en donnant des indices*

Si l'élève a besoin de plus de guidance, les enseignantes écrivent l'équation au tableau, par exemple  $1/6 + 1/6 + 1/6$  [MC] et reformulent la question [MQ]. Si l'élève n'a pas de réponse, elles décomposent le raisonnement et posent plusieurs questions à l'élève pour guider sa réflexion [GQ]. Par exemple, elles commencent par lui demander de nommer le dénominateur. S'il n'arrive pas à le nommer [me], elles lui donnent un indice pour lui indiquer le numérateur et le laissent deviner le dénominateur [GI]. Ensuite, elles lui demandent de vérifier si le dénominateur est commun avant d'additionner les fractions. S'il n'arrive toujours pas à les additionner, elles lui donnent un indice en lui rappelant que les dénominateurs ne s'additionnent pas [GI]. Une fois que l'élève a additionné les 3 fractions, les enseignantes le font réfléchir à la prochaine étape [RPE]. L'élève conclut qu'il lui manque  $1/6$  pour faire  $5/6$  [df].

*Principe 6 : Rappeler des connaissances antérieures*

Parfois, en plus du dessin au tableau, les enseignantes modélisent son raisonnement [GM] et font un rappel des connaissances antérieures pour soutenir le raisonnement des élèves [PCA]. Par exemple, elles leur reparlent de la barre de chocolat qu'ils devaient partager équitablement entre trois amis.

Lorsque les enseignantes remarquent que l'élève a de la difficulté à additionner les fractions, elles lui rappellent la règle [PCA] et lui donnent des exemples concrets pour l'aider à conceptualiser. Elles comparent le dénominateur à la grosseur des morceaux de chocolat et expliquent que les numérateurs sont le nombre de morceaux qu'il prend, les dénominateurs ressemblent à l'unité de mesure. On additionne donc les numérateurs et non les dénominateurs et pour additionner il faut avoir la même unité de mesure donc il faut mettre au même dénominateur.

*Principe 7 : Conceptualiser en écrivant l'équation ou par l'abstraction*

À la suite de l'explication, les enseignantes récapitulent. Elles expliquent, par exemple, que tant qu'on coupe le morceau de  $1/4$  en deux morceaux égaux, on a toujours  $1/8$  et  $1/8$ . Pour conceptualiser, elles écrivent l'égalité au tableau [MC] :  $1/4 = 1/8 + 1/8 = 2/8$ . Elles précisent que

le raisonnement mathématique de l'élève et son idée de couper en deux est tout à fait correct, mais dans l'application on nous empêche de couper horizontalement alors nous sommes obligés de couper diagonalement en suivant la ligne blanche [RBM].

Dans un autre exemple, les enseignantes dessinent une bande qu'elles divisent en 6 morceaux égaux et marquent  $1/6$  sur chaque morceau [GD]. Elles demandent au même élève de colorer 4 morceaux de la bande [OF]. L'élève réussit. Les enseignantes valident sa réponse [RQ] et écrivent l'égalité :  $1/6 + 1/6 + 1/6 + 1/6 = 4/6$  pour l'aider à conceptualiser [MC]. Elles récapitulent en expliquant que le  $4/6$  est composé de 4 fois  $1/6$  donc nous avons besoin de 4 morceaux de  $1/6$  pour faire fondre ma glace [MR]. La classe félicite l'élève pour son bon travail [OA].

*Principe 8 : Aller plus loin ou récapituler*

Les enseignantes travaillent sur des notions qui vont au-delà de la question dans *Nearpod*. Elles font travailler les élèves sur la comparaison de fractions. Elles leur demandent par exemple si en additionnant les morceaux sélectionnés ils obtiennent une quantité plus grande ou plus petite que la fraction recherchée dans l'application [OF].

Les enseignantes reformulent la bonne réponse [MR] et en tirent la règle mathématique. Elles expliquent, par exemple, qu'il faut avoir le même dénominateur pour pouvoir additionner ou qu'il y a 2 fois  $1/8$  dans  $1/4$  [OF].

Pour passer à la prochaine question, les enseignantes font le lien avec la question précédente et mobilisent les connaissances antérieures des élèves en leur rappelant qu'il y a deux fois  $1/8$  dans  $1/4$  [PCA]. Elles poursuivent pour expliquer la consigne. Parfois, elles les questionnent pour qu'ils se rappellent ce qu'ils ont fait à la question précédente et réfléchissent au raisonnement mathématique [OF].

**Tableau 52**

Pratiques pédagogiques mises en œuvre par l'enseignante C durant l'activité 4

Pratiques pédagogiques		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	•							
	Clarifier les critères de succès [PC]	•							
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]								
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]						•		•
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]					•			
	Décomposer le problème [GQ]	•	•		•	•			
	Modéliser son raisonnement [GM]				•		•		
	Soutenir le raisonnement par le dessin/exemples concrets [GD]		•		•		•	•	
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]								
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	•	•						
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]			•					
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]		•						
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]								
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]		•						
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]		•					•	
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]		•					•	
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]								
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]		•	•		•			
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]			•					
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]		•	•					
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]		•	•	•	•		•	•
	Travailler autour des stratégies [OS]			•					
	Travailler sur la dimension affective [OA]							•	

Pratiques pédagogiques		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]								
	Utiliser un métalangage erroné [ME]								
	Nommer les fractions [MF]		•						
	Utiliser un métalangage [MP]		•						
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]					•		•	
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]				•			•	•
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]		•			•			

**Tableau 53**  
Travail des élèves dans la classe de l'enseignante C durant l'activité 4

Travail des élèves		Principes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]								
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]			•					
	Prendre le temps d'élaborer un raisonnement mathématique [pr]		•						
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]								
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire son raisonnement [rd]			•					
	Justifier sa réponse [rj]								
	Segmenter sa démarche [rs]								
	Interpréter son erreur [ri]			•					
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]			•					
	Discuter autour des fractions [df]		•			•			
	Discuter autour de la dimension affective [da]								
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]								
	Utiliser un métalangage erroné [me]		•			•			
	Nommer les fractions [mf]	•			•				
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]		•			•			



## Annexe 12

### Concepts et niveaux dans *Slice Fractions*

**Tableau 54**  
Concepts et niveaux dans *Slice Fractions*

Niveau	Concept traité dans l'application	Intention	Description
<b>1</b> <b>Fragmentation</b>	Comment jouer	Apprendre à jouer	<p>Le but du jeu consiste à libérer le chemin de ses obstacles pour permettre à un mammouth d'explorer un univers intrigant et rempli de surprises.</p> <p>Les premiers niveaux du jeu servent de tutoriel pour aider le joueur à comprendre les mécanismes du jeu :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les bulles retiennent des objets et elles éclatent lorsque le joueur les touche ;</li> <li>• la lave annule une quantité équivalente de glace ;</li> <li>• les chaînes sont incassables.</li> </ul>
	Groupes divisés	Comprendre comment diviser des groupes en parties égales	Pour que toutes les colonnes de glace fondent jusqu'au sol, le joueur devra faire tomber une quantité équivalente de lave sur chacune d'elles. Le joueur apprendra ainsi à répartir la lave en ensembles égaux
	Couper les formes	Comprendre comment diviser une forme en parties égales	Dans cette série de niveaux, le joueur s'initie à la coupe de formes et apprend à les diviser en parties égales. Certains blocs ont des lignes de coupe prédéfinies, alors que d'autres présentent un motif avec des ciseaux pour indiquer que les coupes sont libres.
	Comparaison de formes	Comprendre comment comparer une partie à son entier	Des lignes blanches en arrière-plan servent à comparer les blocs de glace et de lave par rapport à entier commun. Lorsque la fumée masque un bloc de lave, le joueur doit déduire la valeur de ce bloc en interprétant le symbole situé devant l'écran de fumée.
<b>2 Symboles</b>	Lire des symboles	Comprendre que les symboles du haut	Dans cette série, les symboles imitent les fractions : le nombre de blocs rouges

Niveau	Concept traité dans l'application	Intention	Description
		dénombrer des parties égales	représente le numérateur et les divisions en pointillés de l'entier représentent le dénominateur. Le joueur est ainsi amené à comprendre comment lire une fraction en interprétant la valeur du numérateur en fonction du dénominateur.
	Lire des fractions	Comprendre comment lire une fraction	En associant la représentation numérique d'une fraction à son symbole correspondant, le joueur apprend à lire et à interpréter le numérateur et le dénominateur d'une fraction.
<b>3 Parties d'une fraction</b>	Dénominateur	Comprendre comment se servir du dénominateur	Dans cette série de niveaux, le joueur consolide sa compréhension du dénominateur en explorant différentes façons de diviser un entier en parties égales.
	Numérateur	Comprendre comment se servir du numérateur	Le joueur résout les puzzles en déduisant la quantité de glace nécessaire à partir du numérateur de chaque fraction. Cette série vise à montrer que : <ul style="list-style-type: none"> <li>• la fraction <math>1/B</math> correspond à la quantité formée par 1 partie d'un entier divisé en <math>B</math> parties égales ;</li> <li>• la fraction <math>A/B</math> est la quantité formée par un nombre <math>A</math> de parties de taille <math>1/B</math>.</li> </ul>
	Diagramme circulaire	Comprendre comment utiliser des diagrammes circulaires pour représenter des valeurs de fraction	Dans cette série, le joueur s'exerce à couper un cercle en demies, en quarts et en huitièmes et apprend à combiner ces fractions basées sur différents dénominateurs.

Niveau	Concept traité dans l'application	Intention	Description
<b>4 Comparaison</b>	Comparaison de taille	Comprendre qu'une fraction est X fois plus grande qu'une autre	Le joueur apprend à comparer des fractions entre elles en se basant sur le numérateur et le dénominateur pour déterminer laquelle représente la plus grosse quantité et dans quelle proportion.
	Fractions équivalentes (A)	Comprendre ce que sont des fractions équivalentes	Le joueur manipule des fractions aux dénominateurs différents pour découvrir celles qui sont équivalentes.
	Fractions équivalentes (B)	Comprendre comment utiliser des fractions équivalentes	Le joueur reconnaît les fractions équivalentes dans divers contextes pour trouver la solution aux puzzles.
<b>5 Résolution de problèmes</b>	Ordonner les fractions	Ordonner les fractions avec succès	En associant les blocs de glace de différentes tailles aux fractions, le joueur situe les fractions dans un ordre croissant de taille en se basant uniquement sur la valeur de leur numérateur et de leur dénominateur.
	Points d'interrogation	Déduire la valeur des fractions en fonction des informations disponibles	Le joueur déduit la valeur des parties d'un entier à partir des informations dont il dispose. Il apprend ainsi calculer la fraction complémentaire pour former un entier.
	Soustraction	Comprendre comment soustraire des fractions à 1	Le joueur déduit le résultat lorsque qu'une fraction est soustraite d'un entier représenté par 1 ou par $A/A$ .
<b>6 Addition</b>	Addition		Description non existante

## Annexe 13

### Description des activités avec *Nearpod*

**Tableau 55**  
Description des activités avec Nearpod

Activité		Enseignante				
		A	B	C		
<b>1</b>		-	-	-		
<b>2</b>	<b>Étape 1</b>	Individuelle/équipe	En équipe de 2	-	-	
		Problèmes dans <i>Slice Fractions</i>	Problème 8 Niveau 4	-	-	
		Nombre de questions par problème	1			
		Durée de chaque question	-	-	-	
		Durée de l'activité	10 min	-	-	
	<b>Étape 2</b>	L'enseignante revient sur chaque question.	✓	-	-	
		L'enseignante sélectionne une réponse et invite l'élève à présenter son raisonnement.	✓	-	-	
		L'enseignante en discute en grand groupe	✓	-	-	
	<b>3</b>	<b>Étape 1</b>	Individuelle/équipe	En équipe de 2	-	-
			Problèmes dans <i>Slice Fractions</i>	À remplir	-	-
		Nombre de questions par problème	À remplir	-	-	
		Durée de chaque question	2 min	-	-	
		Durée de l'activité	45 min	-	-	
<b>Étape 2</b>		L'enseignante et le directeur de recherche reviennent sur chaque question.	✓	-	-	
		L'enseignante et le directeur de recherche sélectionnent une réponse et invitent l'élève à présenter son raisonnement.	✓	-	-	
		L'enseignante et le directeur de recherche en discutent en grand groupe	✓			

Activité		Enseignante			
		A	B	C	
4	<b>Étape 1</b>	Individuelle/équipe	En équipe de 2	Individuelle	En équipe de 2
		Problèmes dans <i>Slice Fractions</i>	12 et 16 (niveau 4)	12 et 16 (niveau 4)	12 et 16 (niveau 4)
		Nombre de questions par problème	4	4	4
		Durée de chaque question	Environ 2 min	Environ 2 min	Environ 2 min
		Durée de l'activité	45 min	45 min	75 min
	<b>Étape 2</b>	L'enseignante et la chercheuse reviennent sur chaque question.	✓	✓	✓
		L'enseignante et la chercheuse sélectionnent une réponse et invitent l'élève à présenter son raisonnement.	✓	✓	✓
		L'enseignante et la chercheuse en discutent en grand groupe	✓	✓	✓

## Annexe 14

### Grille d'observation des pratiques pédagogiques

**Tableau 56**  
Grille d'observation des pratiques pédagogiques

Pratiques pédagogiques	Définition	
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	L'enseignant clarifie les intentions d'apprentissages.
	Clarifier les critères de succès [PC]	L'enseignant clarifie les critères de succès.
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	L'enseignant adapte ses questions au niveau de chaque élève.
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	L'enseignant mobilise les connaissances antérieures au début ou durant l'activité.
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	L'enseignant offre un indice qui aide l'élève à ajuster sa réponse ou à avancer dans son raisonnement. Il peut le faire en le questionnant également.
	Décomposer le problème en questionnant [GQ]	L'enseignant pose une série de questions afin de préciser le raisonnement de l'élève ou le guider pour qu'il verbalise sa démarche.
	Modéliser son raisonnement [GM]	L'enseignant modélise son propre raisonnement.
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]	L'enseignant fait des dessins au tableau ou utilise des images pour soutenir le raisonnement des élèves ou pour conceptualiser des savoirs.
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	L'enseignant invite l'élève à décrire ce qu'il voit ou à nommer les fractions qu'il voit ou qu'il obtient. Parfois, la question est déjà préparée dans l'application <i>Nearpod</i> .
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	L'enseignant invite l'élève à présenter son raisonnement ou sa démarche.
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]	L'enseignant invite l'élève de justifier sa réponse.
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	L'enseignant demande à l'élève de confirmer une réponse ou de confirmer la reformulation qu'en a faite l'enseignant.
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]	L'enseignant invite l'élève à verbaliser son raisonnement.

	<b>Pratiques pédagogiques</b>	<b>Définition</b>
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]	L'enseignant corrige l'élève et lui donne la bonne réponse.
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]	L'enseignant dit à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise.
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]	L'enseignant indique à l'élève quelles sont ses bonnes et ses mauvaises manœuvres.
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]	L'enseignant informe l'élève sur son état d'avancement. Il lui dit où il se situe par rapport à la tâche.
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]	L'enseignant donne une information ou pose une question pour amener l'élève à réfléchir à sa démarche et à comprendre si la prochaine étape qu'il a prévu faire permet de résoudre le problème.
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	L'enseignant invite les élèves à préciser s'ils sont d'accord ou pas avec la réponse ou le raisonnement de leur collègue ou avec la solution proposée.
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	L'enseignant ouvre la porte à un dialogue cognitif ou demande à un élève d'aider son camarade.
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	L'enseignant soulève une idée qui porte sur les fractions ou les mathématiques ou pose une question pour inviter l'élève à réfléchir et discuter des fractions ou des mathématiques. À l'opposé de la [GQ], cette question n'est pas suivie d'une série d'autres questions et n'a pas pour but de guider l'élève à faire un pas vers la résolution du problème.
	Travailler autour des stratégies [OS]	L'enseignant soulève une idée qui porte sur la stratégie ou pose une question qui invite l'élève à réfléchir et à discuter de la stratégie. À l'opposé de la [GQ], cette question n'est pas suivie d'une série d'autres questions et n'a pas pour but de guider l'élève à faire un pas vers la résolution du problème.
	Travailler sur la dimension affective [OA]	L'enseignant soulève une idée qui porte sur la dimension affective.

	<b>Pratiques pédagogiques</b>	<b>Définition</b>
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]	L'enseignant n'utilise pas le métalangage mathématique dans ses propos.
	Utiliser un métalangage erroné [ME]	L'enseignant utilise un métalangage qui est erroné.
	Nommer les fractions [MF]	L'enseignant nomme les fractions sans utiliser d'autres termes mathématiques et sans faire de calculs.
	Utiliser un métalangage [MP]	L'enseignant utilise des termes mathématiques ou fait des calculs. Ils utilisent des termes comme : équivaut à, diviser, hexagone.
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]	L'enseignant décrit le raisonnement ou la démarche de l'élève. Ce faisant, il utilise le métalangage mathématique.
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	L'enseignant reformule la réponse de l'élève. Ce faisant, il utilise le métalangage mathématique. L'enseignant décrit ce que l'élève fait au tableau en utilisant le métalangage mathématique.
	Reformuler la question en nommant les fractions ou en utilisant un métalangage mathématique [MQ]	L'enseignant reformule la question. Ce faisant, il nomme les fractions ou utilise un métalangage mathématique.



## Annexe 15

### Grille d'observation du raisonnement des élèves

**Tableau 57**

Grille d'observation du raisonnement des élèves

	Raisonnement des élèves	Définition
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]	L'élève trouve rapidement la stratégie gagnante.
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]	L'élève prend le temps de réfléchir à la stratégie. Il n'est pas en train de la décrire.
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]	L'élève prend le temps de réfléchir au raisonnement mathématique. Il n'est pas en train de le décrire.
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]	L'élève fait un essai dans l'application, mais on ne voit pas qu'il fait un raisonnement préalable.
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]	L'élève décrit simplement son raisonnement et sa démarche, ce qu'il fait ou ce qu'il compte faire.
	Justifier sa réponse [rj]	L'élève justifie sa réponse, sa démarche ou son raisonnement. Il utilise des mots comme « parce que » ou « car ».
	Segmenter sa démarche [rs]	L'élève segmente sa démarche.
	Interpréter son erreur [ri]	L'élève se rend compte de son erreur et est en mesure de la corriger.

	Raisonnement des élèves	Définition
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]	L'élève soulève une idée qui porte sur la stratégie, pose ou répond à une question qui invite à réfléchir et à discuter de la stratégie.
	Discuter autour des fractions [df]	L'élève soulève une idée qui porte sur les fractions ou sur les mathématiques. Il pose ou répond à une question qui invite à réfléchir et à discuter des fractions ou des mathématiques.
	Discuter autour de la dimension affective [da]	L'élève soulève une idée qui porte sur la dimension affective.
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	L'élève n'utilise pas le métalangage mathématique dans ses propos.
	Utiliser un métalangage erroné [me]	L'élève utilise un métalangage qui est erroné.
	Nommer les fractions [mf]	L'élève nomme les fractions, mais n'utilise pas d'autres termes mathématiques ni fait un calcul.
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	En décrivant la démarche ou en répondant à la question, l'élève utilise des termes mathématiques ou fait des calculs. Il dit, par exemple : équivaut à, diviser, hexagone.

## Annexe 16

### Grille de codage initiale des cercles pédagogiques

**Tableau 58**

Grille de codage initiale des cercles pédagogiques de Sherin et Van Es (2009)

Vision professionnelle	Dimensions d'analyse	Catégorie de codage
Attention sélective	Acteur	Élève
		Enseignant
		Autre (animatrice, formateur, conseiller pédagogique)
	Thème	Gestion de classe
		Climat
		Pratiques pédagogiques
		Raisonnement mathématique
	Raisonnement basé sur la connaissance	Nature de la participation
Évaluer		
Interpréter		
Stratégies utilisées pour explorer le raisonnement mathématique de l'élève		Reformuler les idées de l'élève
		Étudier le sens de l'idée de l'élève
		Généraliser et synthétiser les idées des élèves

*Note.* Adapté de Giguère (2015); EPV : exemple de pratiques vidéo

## Annexe 17

### Lettre de sollicitation des enseignants

Montréal, le 04 novembre 2019

#### **Information concernant la participation à une recherche portant sur l'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques efficaces.**

Dans le cadre de mon doctorat en psychopédagogie, je m'intéresse à l'intégration d'une ressource numérique aux pratiques pédagogiques mises en œuvre en mathématique pour l'enseignement du concept de fraction ainsi qu'un dispositif de développement professionnel pour soutenir cette mise en œuvre. Ce doctorat est réalisé sous la direction de Robert David et la codirection de Josianne Robert, professeurs à la faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal.

Dans notre recherche, nous voulons observer à la fois le processus d'intégration, tel qu'il se met en œuvre en classe, ainsi que les effets de ce travail d'intégration sur les apprentissages de tous les élèves. Pour soutenir le développement des gestes pédagogiques et d'une pratique réflexive, nous vous inviterons à participer à un cercle pédagogique, c'est-à-dire à des rencontres pendant lesquelles nous analyserons des exemples des démarches des élèves et des pratiques pédagogiques. C'est pourquoi nous documenterons sur vidéo à la fois le travail des élèves et des enseignants en classe ainsi que le travail des enseignants au sein du cercle pédagogique après avoir obtenu votre autorisation et celle des parents. À noter que le projet pourra se mettre en œuvre même si plusieurs parents n'autorisent pas le travail de documentation puisque nous ne récolterons que les données des élèves pour lesquels nous aurons obtenu le consentement. L'analyse des données devrait nous permettre de proposer des pistes d'utilisation des ressources numériques en classe ainsi que des modalités pour soutenir les apprentissages professionnels en lien avec le numérique.

Si ce projet suscite votre intérêt, je vous ferai parvenir les détails sur la participation pour que vous puissiez prendre une décision éclairée. Si vous avez des questions, n'hésitez pas à communiquer avec moi à l'adresse suivante [yara.el.ayoubi@umontreal.ca](mailto:yara.el.ayoubi@umontreal.ca) ou par téléphone au -----.

Je vous remercie pour l'attention que vous porterez à cette demande.

Yara El Ayoubi

Candidate au doctorat en psychopédagogie

**Annexe 18**  
**Lettre aux enseignantes retenues**

Montréal, le 26 août 2019

**Vous avez été retenu. e pour participer à notre recherche.**

Cher.Chère enseignant. e,

J'ai le plaisir de vous informer que vous avez été retenu. e pour participer à notre recherche qui porte sur l'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques efficaces soutenues par un dispositif de développement professionnel pour favoriser l'appropriation du concept de fraction au primaire.

Je vous remercie pour votre intérêt pour notre recherche. Je vous communique les détails de notre première rencontre dans les plus brefs délais. En attendant, je vous prie d'agréer madame/monsieur, mes salutations distinguées.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à communiquer avec moi à l'adresse suivante [yara.el.ayoubi@umontreal.ca](mailto:yara.el.ayoubi@umontreal.ca) ou par téléphone au -----.

Yara El Ayoubi

Candidate au doctorat en psychopédagogie

## **Annexe 19**

### **Lettre à l'intention des directions d'écoles**

Montréal, le 26 août 2019

#### **Information concernant la participation à une recherche portant sur l'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques efficaces.**

M/ Mme le directeur/la directrice,

Je suis chercheuse étudiante au doctorat en psychopédagogie à la faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal. Sous la direction du professeur Robert David et la codirection de la professeure Josianne Robert, nous menons une recherche qui porte sur l'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques efficaces soutenues par un dispositif de développement professionnel pour favoriser l'appropriation du concept de fraction au primaire. Nous sommes à la recherche d'enseignants pour participer à notre recherche. Nous vous sollicitons aujourd'hui pour voir si vous portez un intérêt pour que votre école y participe.

Dans notre recherche, nous visons à identifier des modalités d'accompagnement efficaces pour favoriser le travail d'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques et mieux soutenir l'apprentissage de tous les élèves. Notre recherche s'inscrit dans les visées du plan d'action numérique publié par le MÉES en 2018. Les données recueillies permettront de mieux comprendre le processus d'intégration entre les savoirs disciplinaires, les ressources numériques et les pratiques pédagogiques. L'analyse des données devrait nous permettre de proposer des pistes d'utilisation en classe.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à communiquer avec moi à l'adresse suivante [yara.el.ayoubi@umontreal.ca](mailto:yara.el.ayoubi@umontreal.ca) ou par téléphone au -----.

En vous remerciant de votre collaboration,

Yara El Ayoubi

Candidate au doctorat en psychopédagogie

## **Annexe 20**

### **Lettre à l'intention des conseillers pédagogiques**

Montréal, le 26 août 2019

#### **Information concernant la participation à une recherche portant sur l'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques efficaces.**

Monsieur ou Madame X.

Je suis chercheuse étudiante au doctorat en psychopédagogie à la faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal. Sous la direction du professeur Robert David et la codirection de la professeure Josianne Robert, nous menons une recherche qui porte sur l'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques efficaces soutenues par un dispositif de développement professionnel pour favoriser l'appropriation du concept de fraction au primaire. Nous sommes à la recherche d'enseignants pour participer à notre recherche.

Dans notre recherche, nous visons à identifier des modalités d'accompagnement efficaces pour favoriser le travail d'intégration des ressources éducatives numériques et des pratiques pédagogiques et mieux soutenir l'apprentissage de tous les élèves. Notre recherche s'inscrit dans les visées du plan d'action numérique publié par le MÉES en 2018. Les données recueillies permettront de mieux comprendre le processus d'intégration entre les savoirs disciplinaires, les ressources numériques et les pratiques pédagogiques. L'analyse des données devrait nous permettre de proposer des pistes d'utilisation en classe.

Si vous connaissez des enseignants qui pourraient être intéressés à ce projet ou si vous avez des questions, n'hésitez pas à communiquer avec moi à l'adresse suivante [yara.el.ayoubi@umontreal.ca](mailto:yara.el.ayoubi@umontreal.ca) ou par téléphone au -----.

En vous remerciant de votre collaboration,

Yara El Ayoubi

Candidate au doctorat en psychopédagogie

# Annexe 21

## Formulaire de consentement pour les parents

### FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Pour les parents

#### Les effets de l'intégration d'une ressource numérique aux pratiques pédagogiques soutenue par un dispositif de développement professionnel pour favoriser l'appropriation du concept de fraction au primaire

Chercheuse étudiante	Yara El Ayoubi Étudiant(e) au doctorat Faculté des sciences de l'éducation Département de psychopédagogie et d'andragogie Yara.el.ayoubi@umontreal.ca
Directeur de recherche	Robert David, Professeur agrégé, Faculté des sciences de l'éducation, département de psychopédagogie et d'andragogie, r.david@umontreal.ca
Codirectrice de recherche	Robert Josianne, Professeure agrégée, Faculté des sciences de l'éducation, département de psychopédagogie et d'andragogie, josianne.robert@umontreal.ca

Votre enfant est invité à participer à un projet de recherche. Sa participation est volontaire. Avant d'accepter, veuillez prendre le temps de lire ce document présentant les conditions de participation au projet. N'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la chercheuse étudiante ou son directeur de recherche au numéro de téléphone ou à l'adresse courriel indiqués ci-dessous.

#### A. RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

##### 1. Objectifs du projet de recherche

Ce projet vise à mettre en œuvre des stratégies efficaces d'intégration des applications éducatives sur une tablette iPad aux pratiques pédagogiques pour mieux soutenir les apprentissages de tous les élèves. Pour y parvenir, nous mettrons en place un dispositif de développement professionnel pour permettre aux enseignants de développer ces stratégies. L'analyse des données devrait nous



permettre de proposer des pistes d'utilisation des applications éducatives numériques en classe ainsi que des modalités pour soutenir les apprentissages professionnels en lien avec le numérique.

## **2. Participation à la recherche**

Dans notre recherche, nous voulons observer le travail que réalisent les enseignants pour exploiter une application éducative sur iPad pour aider tous les élèves à apprendre.

La participation de votre enfant consiste, tout d'abord, à travailler à résoudre des problèmes sur les fractions dans l'application éducative sur iPad. L'enseignant de votre enfant supervisera cet usage et le travail réalisé dans l'application sera complémentaire à l'enseignement régulier sur les fractions qui est prévu par le programme de formation de l'école québécoise.

Pour les fins de la recherche, la participation de votre enfant consiste également à :

-Se faire filmer pendant qu'il réalise une activité d'apprentissage sur les fractions en classe. Les élèves qui ne veulent pas apparaître dans la vidéo ou dont les parents n'ont pas consenti seront placés de façon à ne pas apparaître dans la vidéo. Les images seront ensuite transférées dans un ordinateur sécurisé dont l'accès sera contrôlé par un mot de passe. Les images seront utilisées uniquement pour les fins de cette recherche et ne seront jamais publiées.

-Filmer son travail dans l'application éducative par le biais de la fonction d'enregistrement de l'écran du iPad, incluant la voix de l'élève lorsque l'enseignant demandera à l'élève d'expliquer son raisonnement à voix haute.

-Passer un test sur les fractions. Le test dure environ une heure. Son format s'apparente aux tests réalisés en classe et dont le but est d'évaluer les connaissances des élèves sur le concept de fraction avant et après l'intervention. Les résultats aux tests ne compteront pas dans le bulletin de votre enfant.

Il est à noter que tous les élèves travailleront dans l'application pendant environ 8 séances de 30 minutes.

Les élèves qui ne souhaitent pas participer à la recherche ou qui n'obtiennent pas le consentement de leurs parents pourront participer aux activités régulières en classe. Ils pourront apprendre en même temps et avec les mêmes outils que leurs camarades de classe.

## **3. Avantages et bénéfices**

Votre enfant contribuera à une meilleure compréhension du processus d'intégration d'une ressource éducative numérique à des pratiques pédagogiques efficaces. Il pourrait aussi bénéficier de l'effet positif que l'application éducative peut avoir sur les apprentissages des élèves.

## **4. Risques et inconvénients**

À notre connaissance, il n'y a pas de risque particulier associé à la participation de votre enfant à ce projet. Cependant, étant donné que le test peut être perçu comme une évaluation, son

administration peut susciter du stress chez certains enfants. Aussi, comme le travail est documenté sur vidéo, certains élèves pourraient ressentir une plus grande pression à réussir. Afin de tenter de diminuer ce stress, nous allons expliquer à tous les élèves que leurs résultats ne compteront pas dans le bulletin et que les intentions de la recherche ne visent aucunement à évaluer la performance des élèves. Par ailleurs, la gradation du niveau de difficulté entre les différents niveaux devrait permettre à tous les élèves d'observer qu'ils progressent.

## **5. Confidentialité et anonymat**

Les formulaires d'information et de consentement signés et le dossier de recherche demeureront confidentiels, de la collecte des données jusqu'à la publication des résultats de recherche. En aucun temps, l'identité de votre enfant ne sera dévoilée.

La décision d'apparaître dans la vidéo est complètement volontaire. Les données et les vidéos ne seront utilisées que pour la présente recherche et ne seront pas conservées pour un usage ultérieur. Elles ne serviront pas à évaluer votre enfant, mais bien à observer le déroulement de l'activité afin de pouvoir proposer des pistes d'amélioration. Les vidéos seront accessibles uniquement aux enseignants et aux animatrices au sein du cercle pédagogique, à la chercheuse étudiante, aux assistants de recherche impliqués dans le codage des vidéos, notamment aux fins de validation, au directeur et à la co-directrice de la thèse.

Chaque participant à la recherche se verra attribuer un code qui liera les formulaires d'information et de consentement et les données de recherche. Seuls la chercheuse étudiante et son directeur et codirectrice de recherche conserveront la liste associant le code des participants à leur nom ce qui permettrait de procéder au retrait des données, au besoin.

Le dossier de recherche comportera le présent formulaire, des enregistrements vidéo, captations par saisie de l'écran du travail de l'élève dans l'application, des transcriptions et les questionnaires. Il sera conservé dans un classeur fermé à clé et dans un local également fermé à clé à l'Université de Montréal. Les documents numériques seront enregistrés sur l'ordinateur sécurisé de la chercheuse étudiante. Toutes les données permettant de vous identifier seront détruites 7 ans après la fin du projet.

## **6. Compensation**

Aucune compensation n'est prévue pour la participation de votre enfant.

## **7. Transmission des résultats aux participants**

Les résultats de la recherche seront présentés auprès de tous les parents et les élèves intéressés ayant participé au projet, par le biais d'un document PDF.

## **8. Droit de retrait**

La participation de votre enfant à ce projet est entièrement volontaire et il peut à tout moment se retirer de la recherche sur simple avis verbal et sans devoir justifier sa décision, sans conséquence pour lui. Il est à noter qu'une demande de retrait n'aura aucune influence sur le dossier académique de votre enfant ni sur sa relation avec son enseignant.

Cependant, les élèves qui ne souhaitent pas participer à la recherche ou qui n'obtiennent pas le consentement de leurs parents pourront participer aux activités régulières en classe.

Si vous décidez (ou si votre enfant décide) de le retirer de la recherche, veuillez communiquer avec la chercheuse étudiante ou son directeur de recherche au numéro de téléphone ou à l'adresse courriel indiqués ci-dessous.

À votre demande, le résultat au test de votre enfant pourra aussi être détruit. Cependant, après le déclenchement du processus de publication, il sera impossible de détruire les analyses et les résultats portant sur ses données.

### **9. Utilisation des données de recherche**

Les données de recherche ne seront utilisées qu'aux fins de la présente recherche. Aucune autre utilisation n'en sera faite. Les vidéos ne seront jamais publiées.

### **B. DÉCLARATION DU PARTICIPANT**

- Je comprends que je peux prendre mon temps pour réfléchir avant de donner mon accord ou non concernant la participation de mon enfant à cette recherche.
- Je peux poser des questions à la chercheuse et exiger des réponses satisfaisantes. Pour toute question, veuillez communiquer avec la chercheuse étudiante ou son directeur de recherche au numéro de téléphone ou à l'adresse courriel indiqués ci-dessous.
- Je comprends qu'en participant à ce projet de recherche, mon enfant ne renonce à aucun de ses droits ni ne dégage la chercheuse de ses responsabilités.
- J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et j'accepte que mon enfant participe au projet de recherche.

## A. DEMANDE DE CONSENTEMENT

### C.1. Déclaration du participant

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et, en posant ma signature, je consens à participer aux activités de recherche présentées dans la rubrique « Participation à la recherche ».

- Je consens à ce que des vidéos soient prises de mon enfant. Celles-ci ne seront jamais publiées.  
 Oui  Non
- Je consens à ce qu'une captation du travail de mon enfant soit réalisée dans l'application avec la voix de mon enfant. Celles-ci ne seront jamais publiées.  
 Oui  Non
- Je consens à ce que le questionnaire rempli par mon enfant soit utilisé pour les fins de la recherche. Ces données ne seront jamais publiées  
 Oui  Non
- Je souhaite avoir une copie des résultats de la recherche sous forme d'un document PDF  
 Oui  Non  
L'adresse courriel à laquelle envoyer le document : \_\_\_\_\_

Signature du parent : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

### C.2 Assentiment de l'enfant

*On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer. Je sais que je peux me retirer en tout temps, sans avoir à donner de raison.*

Signature : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

## D. ENGAGEMENT DU CHERCHEUR PRINCIPAL OU DU CHERCHEUR ÉTUDIANT

- J'ai expliqué au participant les conditions de sa participation au projet de recherche.
- J'ai répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées et je me suis assuré de la compréhension du participant.
- Je m'engage avec mon directeur de recherche et ma codirectrice de recherche à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement.

## E. PERSONNES-RESSOURCES

Pour toute question relative à l'étude, ou pour vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec Yara El Ayoubi à l'adresse courriel [yara.el.ayoubi@umontreal.ca](mailto:yara.el.ayoubi@umontreal.ca) ou avec Robert David, Professeur et directeur de la recherche, au numéro de téléphone -----

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités des chercheurs concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le Comité d'éthique de la recherche en éducation et en psychologie par courriel à l'adresse [cerp@umontreal.ca](mailto:cerp@umontreal.ca) ou par téléphone au 514-343-6111 poste 1896 ou encore consulter le site Web <http://recherche.umontreal.ca/participants>.

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal en appelant au numéro de téléphone 514-343-2100 ou en communiquant par courriel à l'adresse [ombudsman@umontreal.ca](mailto:ombudsman@umontreal.ca) (l'ombudsman accepte les appels à frais virés).

## Annexe 22

### Formulaire de consentement pour les enseignantes

#### FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Pour les enseignants

#### **Les effets de l'intégration d'une ressource numérique aux pratiques pédagogiques soutenue par un dispositif de développement professionnel pour favoriser l'appropriation du concept de fraction au primaire**

Chercheure étudiante	Yara El Ayoubi Étudiant(e) au doctorat Faculté des sciences de l'éducation Département de psychopédagogie et d'andragogie Yara.el.ayoubi@umontreal.ca
Directeur de recherche	Robert David, Professeur agrégé, Faculté des sciences de l'éducation, département de psychopédagogie et d'andragogie, r.david@umontreal.ca
Codirectrice de recherche	<u>Josianne Robert</u> , Professeure agrégée, Faculté des sciences de l'éducation, département de psychopédagogie et d'andragogie, josianne.robert@umontreal.ca

Vous êtes invité à participer à un projet de recherche. Votre participation est volontaire. Avant d'accepter, veuillez prendre le temps de lire ce document présentant les conditions de participation au projet. N'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la personne qui vous présente ce document.

#### **A. RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS**

##### **1. Objectifs du projet de recherche**

Ce projet vise à favoriser et à documenter la mise en œuvre de stratégies efficaces d'intégration des ressources numériques aux pratiques pédagogiques pour mieux soutenir les apprentissages de tous les élèves. Pour y parvenir, il prévoit notamment la mise en place d'un dispositif de développement professionnel pour vous permettre de développer ces stratégies. Il s'inscrit dans les visées du Plan d'action numérique publié par le MÉES en 2018 ainsi que dans le Cadre de référence de la compétence numérique publié par le MÉES en 2019. Les données recueillies

permettront de mieux comprendre le processus d'intégration entre les savoirs disciplinaires à l'étude dans le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), les ressources numériques et les pratiques pédagogiques. L'analyse des données devrait nous permettre de proposer des pistes d'utilisation des ressources numériques en classe ainsi que des modalités pour soutenir les apprentissages professionnels en lien avec les ressources numériques.

## **2. Participation à la recherche**

Dans notre recherche, nous voulons observer à la fois le processus d'intégration, tel qu'il se met en œuvre en classe, ainsi que les effets de ce travail d'intégration sur les apprentissages de tous les élèves. Pour soutenir le développement des gestes pédagogiques et d'une pratique réflexive, nous vous inviterons à participer à un cercle pédagogique, c'est-à-dire à des rencontres pendant lesquelles nous analyserons des exemples des démarches des élèves et des pratiques pédagogiques. C'est pourquoi nous documenterons sur vidéo à la fois le travail des élèves et des enseignants en classe ainsi que le travail des enseignants au sein du cercle pédagogique.

Votre participation au projet de recherche est entièrement volontaire. La démarche prévoit :

- Une participation à deux rencontres d'appropriation de l'application sur iPad avant le début de l'expérimentation.
- Une documentation sur vidéo de vos pratiques et du travail réalisé en classe par les élèves en lien avec l'appropriation du concept de fraction, y compris lors du travail dans l'application éducative sur iPad. Les images seront captées au moyen d'un appareil mobile pour être ensuite transférées dans un espace sécurisé dont l'accès sera contrôlé par un mot de passe. À noter que le projet pourra se mettre en œuvre même si plusieurs parents n'autorisent pas le travail de documentation puisque nous ne récolterons que les données des élèves pour lesquels nous aurons obtenu le consentement.
- Un travail en équipe, lors des rencontres du cercle pédagogique, pour interpréter le lien entre les pratiques pédagogiques, la ressource numérique et le processus d'apprentissage. Les cercles seront documentés sur vidéos. Les images seront captées au moyen d'un appareil mobile pour être ensuite transférées dans un espace sécurisé dont l'accès sera contrôlé par un mot de passe.
- Une entrevue individuelle de 30 minutes à la fin de l'intervention. Avec votre consentement, l'entrevue sera enregistrée sur support audio. Si vous refusez, vous pourrez tout de même participer et la chercheuse étudiante prendra en notes vos réponses.
- Une passation, avant et après l'expérimentation, d'un questionnaire pour mesurer l'évolution du sentiment d'efficacité personnel. Il sera anonymisé.

Il y aura donc deux rencontres préparatoires, de 1 h 30 chacune, pour vous familiariser avec l'application éducative, suivies de quatre rencontres en cercles pédagogiques, d'une heure chacune, et d'une entrevue individuelle.

## **3. Avantages et bénéfices**

En participant à cette recherche, vous bénéficierez d'un accompagnement susceptible d'avoir un effet positif sur le développement de votre regard professionnel, de vos pratiques pédagogiques ainsi que sur votre sentiment d'efficacité personnel. De plus, les conclusions de la recherche pourront vous informer sur les modalités favorables à l'intégration des ressources numériques.

#### **4. Risques et inconvénients**

À notre connaissance, il n'y a pas de risque particulier associé à votre participation à ce projet. Mais, comme il s'agit de rencontres de petit groupe et que vous êtes invités à documenter vos pratiques sur vidéo, ceci pourrait générer une nervosité. Aussi, les rencontres en cercle pédagogique auront lieu après les heures de classe, ce qui requiert un engagement supplémentaire.

Bien que certains puissent être nerveux avant de s'engager dans le dispositif, un sentiment de confiance se développe généralement après quelques séances de cercle. Par ailleurs, les intentions de la recherche ne visent aucunement à évaluer vos pratiques. La chercheuse demeurera disponible après les rencontres pour répondre aux questions et apporter le soutien requis. Elle s'assurera aussi que les échanges soient riches et demeurent dans une posture formative et non argumentative afin qu'ils contribuent à augmenter le sentiment d'efficacité personnel de tous les enseignants.

#### **5. Confidentialité et anonymat**

Les formulaires d'information et de consentement signés et le dossier de recherche demeureront confidentiels, de la collecte des données jusqu'à la publication des résultats de recherche. En aucun temps, votre identité ne sera dévoilée.

Les données et les vidéos ne seront utilisées que pour la présente recherche. Elles ne seront pas conservées pour un usage ultérieur. Les vidéos seront accessibles uniquement au sein du cercle pédagogique, à la chercheuse étudiante, aux assistants de recherche impliqués dans le codage des vidéos, notamment aux fins de validation, au directeur et à la co-directrice de la thèse.

Seuls la chercheuse étudiante, son directeur, sa codirectrice de recherche et les animatrices du cercle connaîtront l'identité des participants. Chaque participant à la recherche se verra attribuer un code qui liera les formulaires d'information et de consentement et les données de recherche. Seuls la chercheuse étudiante et son directeur et codirectrice de recherche conserveront la liste associant le code des participants à leur nom, ce qui permettrait de procéder au retrait des données, au besoin.

Le dossier de recherche comportera le présent formulaire, des enregistrements vidéo, les captations par saisie de l'écran du travail de l'élève dans l'application, des transcriptions et les questionnaires. Il sera conservé dans un classeur fermé à clé et dans un local également fermé à clé à l'Université de Montréal. Les documents numériques seront enregistrés sur l'ordinateur sécurisé de la chercheuse étudiante. Toutes les données permettant de vous identifier seront détruites 7 ans après la fin du projet.

#### **6. Compensation**

Aucune compensation n'est prévue pour votre participation.



## 7. Transmission des résultats aux participants

Les résultats de la recherche seront présentés auprès de tous les enseignants intéressés ayant participé au projet, par le biais d'un document PDF.

## 8. Droit de retrait

Votre participation à ce projet est entièrement volontaire et vous pouvez à tout moment vous retirer de la recherche sur simple avis verbal et sans devoir justifier votre décision, sans conséquence pour vous. Il est à noter qu'une demande de retrait n'aura aucune influence sur votre statut à l'école ou votre relation avec votre direction.

Si vous décidez de vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec la chercheuse étudiante au numéro de téléphone ou à l'adresse courriel indiqués ci-dessous.

À votre demande, votre entrevue et vos réponses au test pourront aussi être détruites. Cependant, après le déclenchement du processus de publication, il sera impossible de détruire les analyses et les résultats portant sur ses données.

## 9. Utilisation des données de recherche

Les données de recherche ne seront utilisées qu'aux fins de la présente recherche. Aucune autre utilisation n'en sera faite.

## B. DÉCLARATION DU PARTICIPANT

- Je comprends que je peux prendre mon temps pour réfléchir avant de donner mon accord ou non concernant ma participation à cette recherche.
- Je peux poser des questions à la chercheuse et exiger des réponses satisfaisantes.
- Je comprends qu'en participant à ce projet de recherche, je ne renonce à aucun de mes droits ni ne dégage la chercheuse de ses responsabilités.
- J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et j'accepte de participer au projet de recherche.

## C. DEMANDE DE CONSENTEMENT

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et, en posant ma signature, je consens à participer aux activités de recherche présentées dans la rubrique « Participation à la recherche ».

- Je consens à ce que l'entrevue soit enregistrée sur support audio  
 Oui  Non
- Je consens à ce que des vidéos soient prises de moi. Celles-ci ne seront jamais publiées.  
 Oui  Non
- Je souhaite avoir une copie des résultats de la recherche sous forme d'un document PDF  
 Oui  Non  
L'adresse courriel à laquelle envoyer le document : \_\_\_\_\_

Signature du participant : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

#### **D. ENGAGEMENT DU CHERCHEUR PRINCIPAL OU DU CHERCHEUR ÉTUDIANT**

- J'ai expliqué au participant les conditions de sa participation au projet de recherche.
- J'ai répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées et je me suis assuré de la compréhension du participant.
- Je m'engage avec mon directeur de recherche et ma codirectrice de recherche à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement.
- Je certifie que je remettrai au participant une copie signée et datée du présent formulaire.

#### **E. PERSONNES-RESSOURCES**

Pour toute question relative à l'étude, ou pour vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec Yara El Ayoubi à l'adresse courriel [yara.el.ayoubi@umontreal.ca](mailto:yara.el.ayoubi@umontreal.ca) ou avec Robert David, Professeur et directeur de la recherche, au numéro de téléphone -----

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités des chercheurs concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le Comité d'éthique de la recherche en éducation et en psychologie par courriel à l'adresse [cerp@umontreal.ca](mailto:cerp@umontreal.ca) ou par téléphone au 514-343-6111 poste 1896 ou encore consulter le site Web <http://recherche.umontreal.ca/participants>.

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal en appelant au numéro de téléphone 514-343-2100 ou en communiquant par courriel à l'adresse [ombudsman@umontreal.ca](mailto:ombudsman@umontreal.ca) (l'ombudsman accepte les appels à frais virés).

**Remettre une copie signée au participant.**

## Annexe 23

### Fréquences des pratiques pédagogiques observées dans les trois classes

**Tableau 59**

Fréquences des pratiques pédagogiques observées dans les trois classes

Pratiques pédagogiques		Activités Classe A				Activités Classe B				Activités Classe C			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Préparation</b>	Clarifier les intentions d'apprentissage [PI]	0	0	1	2	1	0	0	0	-	0	8	1
	Clarifier les critères de succès [PC]	0	0	0	4	0	0	11	2	-	1	6	2
	Prendre en compte la ZPD [ZPD]	1	1	3	0	1	0	0	0	-	0	8	0
	Mobiliser des connaissances antérieures [PCA]	0	0	5	3	1	0	0	4	-	2	5	5
<b>Guidance</b>	Guider l'élève en lui donnant des indices [GI]	2	0	10	6	18	5	6	13	-	0	6	7
	Décomposer le problème [GQ]	3	7	20	13	7	6	7	24	-	0	14	12
	Modéliser son raisonnement [GM]	0	0	0	0	0	0	3	1	-	3	15	7
	Soutenir le raisonnement par le dessin [GD]	0	0	5	4	1	0	0	7	-	1	4	6
<b>Questionnement</b>	Demander à l'élève de décrire ce qu'il voit [QD]	0	0	6	2	0	2	0	4	-	0	1	17
	Demander à l'élève de présenter son raisonnement/démarche [QR]	5	3	7	6	18	8	16	12	-	3	12	34
	Demander à l'élève de justifier sa réponse [QJ]	1	0	1	10	1	2	7	12	-	0	4	6
	Demander à l'élève de confirmer une réponse [QC]	0	4	0	5	1	1	3	4	-	0	3	16
	Demander à l'élève de verbaliser son raisonnement [QV]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	0
<b>Rétroaction</b>	Donner la bonne réponse/lui corrige [RC]	0	1	0	0	0	0	0	0	-	0	1	2
	Offrir une rétroaction pour dire à l'élève si sa réponse est bonne ou mauvaise/la qualité de sa réponse [RQ]	6	2	14	16	11	5	7	13	-	3	5	20
	Offrir une rétroaction pour préciser à l'élève ses bonnes et ses mauvaises manœuvres [RBM]	0	0	3	1	0	2	1	10	-	0	2	11
	Offrir une rétroaction qui informe l'élève sur son état d'avancement [REA]	0	2	4	1	6	4	3	2	-	0	2	0
	Offrir une rétroaction (parfois à travers un questionnement) pour dire à l'élève où il en est et le faire réfléchir à la prochaine étape [RPE]	2	0	8	12	3	7	7	26	-	0	4	7

Pratiques pédagogiques		Activités Classe A				Activités Classe B				Activités Classe C			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Dialogue cognitif</b>	Demander aux élèves s'ils sont d'accord avec la réponse donnée [DAC]	0	0	8	2	0	5	5	8	-	0	3	3
	Susciter ou ouvrir la porte à un dialogue cognitif entre les élèves (sur les fractions ou les stratégies) [DC]	5	2	4	19	4	5	14	13	-	2	3	11
<b>Objet de discussion</b>	Travailler autour des fractions [OF]	7	8	45	46	27	21	29	55	-	7	51	108
	Travailler autour des stratégies [OS]	2	4	24	12	17	8	18	38	-	0	0	20
	Travailler sur la dimension affective [OA]	2	0	0	0	9	2	0	0	-	0	3	14
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser de métalangage [MA]	4	7	21	11	20	13	16	34	-	2	18	52
	Utiliser un métalangage erroné [ME]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	Nommer les fractions [MF]	2	0	5	2	6	7	1	7	-	2	2	22
	Utiliser un métalangage [MP]	1	3	24	30	20	1	21	32	-	4	33	51
	Conceptualiser en utilisant un langage mathématique pour décrire ce que l'élève vient de réaliser [MC]	0	1	1	5	0	7	0	13	-	0	6	6
	Reformuler la réponse en utilisant un langage mathématique [MR]	3	2	18	13	7	5	9	13	-	0	2	8
	Reformuler la question en nommant les fractions [MQ]	0	1	0	1	0	0	0	2	-	0	1	4

*Note* : Les données pour la classe C sont absentes, car l'enseignante n'a pas réalisé d'activité lors de la première semaine.

## Annexe 24

### Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves dans les trois classes

Tableau 60

Fréquence des caractéristiques liées au travail des élèves dans les trois classes

Travail des élèves		Activités				Activités				Activités			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Progression dans l'activité</b>	Trouver rapidement une stratégie gagnante [psr]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	Prendre le temps de réfléchir à la stratégie gagnante [ps]	5	1	16	4	12	2	16	30	-	0	0	7
	Prendre le temps de réfléchir au raisonnement mathématique [pr]	5	5	38	24	13	9	20	34	-	6	33	40
	Faire un essai sans raisonnement apparent [pe]	3	7	0	9	9	5	0	12	-	0	3	43
<b>Caractéristiques du raisonnement</b>	Décrire [rd]	7	11	14	21	17	4	18	27	-	6	25	25
	Justifier sa réponse [rj]	2	2	4	18	5	4	14	23	-	0	7	10
	Segmenter sa démarche [rs]	2	0	0	1	0	1	0	5	-	0	0	1
	Interpréter son erreur [ri]	2	0	1	0	4	2	3	3	-	0	0	6
<b>Nature du dialogue cognitif</b>	Discuter autour des stratégies [ds]	8	5	14	14	15	3	15	35	-	0	0	13
	Discuter autour des fractions [df]	5	8	35	33	13	12	22	40	-	6	40	74
	Discuter autour de la dimension affective [da]	0	0	0	0	13	0	0	0	-	0	0	2
<b>Métalangage</b>	Ne pas utiliser le métalangage/métalangage absent [ma]	4	9	29	16	25	13	16	29	-	0	7	37
	Utiliser un métalangage erroné [me]	0	1	0	1	0	0	0	0	-	0	0	2
	Nommer les fractions [mf]	3	3	20	11	4	1	6	9	-	6	1	20
	Utiliser un métalangage/métalangage présent [mp]	6	1	11	25	15	6	16	39	-	0	31	35

*Note* : Les données pour la classe C sont absentes, car l'enseignante n'a pas réalisé d'activité lors de la première semaine.