UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉTUDE EXPLORATOIRE DE L'ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE LORS DE SÉANCES DE JEUX EN CLASSE DU PRIMAIRE

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DOCTORAT EN ÉDUCATION

PAR

SABRINA HÉROUX

AVRIL 2023

Je ne perds jamais, soit je gagne, soit j’apprends.

Nelson Mandela

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier sincèrement Jean-François Maheux, mon directeur de recherche, de m'avoir guidée tout au long de ce projet. Ses conseils et ses recommandations m'ont permis de me développer en tant que chercheuse en didactique des mathématiques. Il a su faire ressortir le côté « mathématique » en moi. Sa patience et son soutien ont grandement contribué à ma réussite.

Je tiens à également remercier Thomas Rajotte, mon codirecteur, qui a su s'ajuster rapidement à la recherche déjà en cours au moment où il s'est joint à cette aventure. Ses suggestions et ses commentaires constructifs m'ont permis de voir au-delà du projet en soi. Il a su faire sortir le côté « éducatif » en moi. Ses encouragements m'ont également permis de traverser certains moments plus difficiles.

Je dois aussi remercier le comité d'évaluateurs de la thèse qui est composé de Patricia Marchand [Université de Sherbrooke], d'Isabelle Deshaies [UQTR] et qui est présidé par Nathalie Lacelle [UQAM]. Leurs commentaires, à la suite de la lecture de ma thèse, m'ont aidée à l'approfondir encore plus. De plus, ils représentent des modèles pour moi qui suis une jeune chercheuse en devenir.

Je remercie aussi mes collègues du *Laboratoire d'Épistémologie et d'Activité Mathématique* [LEAM], Marie-Line Lavallé-Lamarche, Karl-Philippe Tremblay, Geneviève Barabé et Aline Savard, pour nos discussions enrichissantes qui m'ont permis de surmonter certains obstacles tout au long du doctorat.

Je ne peux oublier de remercier Francesca Morselli, professeur à l'Université de Gênes, de m'avoir accueillie en Italie pour une durée d'un mois lors de mon premier stage de recherche au doctorat et aussi Vincent Martin, professeur responsable de mon deuxième stage, de m'avoir intégrée à son équipe de recherche pendant six mois. À deux époques différentes, ces deux chercheurs m'ont donné la chance d'ouvrir davantage mon esprit face à la recherche et de porter un autre regard sur mon projet. En d'autres mots, ils m'ont aidée à réfléchir « au-delà » de mon doctorat.

Je tiens à remercier l'ensemble des élèves de cinquième année qui ont accepté de participer à cette recherche. Je tiens aussi à remercier l'enseignante qui a collaboré avec moi afin que je puisse concrétiser ce projet.

Je remercie affectueusement l'ensemble de ma famille, à savoir mes parents, mon frère et ma sœur et leurs conjoints sans oublier ma belle-famille pour leurs nombreux encouragements et leur important soutien dans cette longue aventure remplie de péripéties qu'ils ont sans doute trouvée sans fin par moments. Une attention spéciale pour ma marraine Louise en raison des nombreuses corrections de l'orthographe et des commentaires effectués tout au long de ce projet grâce à son expérience en tant qu'enseignante. Je me dois de remercier mon conjoint qui a su tenir le fort à la maison lors de mes « marathons » de rédaction, tout particulièrement à la fin. Sans leur patience et leurs multiples encouragements, ce projet aurait été encore plus difficile. Ils ont été de grandes sources de motivation lorsque j'en avais besoin.

Enfin, un grand merci aux *Fonds de recherche Société et culture* [FRQSC] ainsi qu'au *Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession enseignante* [CRIFPE] qui, par l'octroi de bourses, m'ont permis de me concentrer pleinement sur mes études doctorales et même de participer à des colloques internationaux.

AVANT-PROPOS

Ce projet de recherche a commencé alors que je n'envisageais même pas des études doctorales. J'en retrace ici l'origine à partir de mes observations de praticiennes.

Dès mes débuts comme enseignante, j'intégrais dans ma pratique certains jeux à mon enseignement des mathématiques. Mon intention première était de me détacher des manuels scolaires, des cahiers d'apprentissage et des activités papier-crayon. Mon objectif était aussi de rendre mon enseignement des mathématiques plus dynamique et d'amener mes élèves à réaliser des apprentissages tout en s'amusant. Par exemple, alors que j'étais titulaire d'une classe de 1re année du primaire, j'ai utilisé des cartes [tirées du jeu *Ratuki*[1]] avec différentes représentations des nombres illustrés par des chiffres, des mots et divers dessins, dont des faces de dés, des bâtonnets et des doigts. Avec celles-ci, les élèves jouaient à « la bataille », c'est-à-dire qu'ils tournaient chacun une carte en même temps d'une pile et celui qui avait la carte de la plus grande valeur remportait les deux cartes [voir figure 0.1].

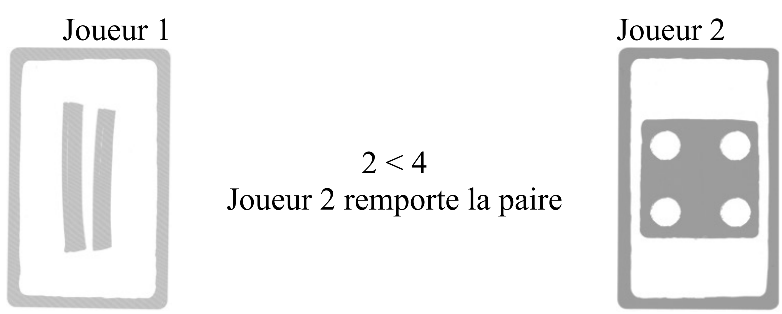


Figure 0.1 Exemple d'un tour du jeu Bataille avec les cartes Ratuki

[1] Chaque fois qu'un jeu est mentionné dans le texte, une courte explication se trouve à l'annexe A.

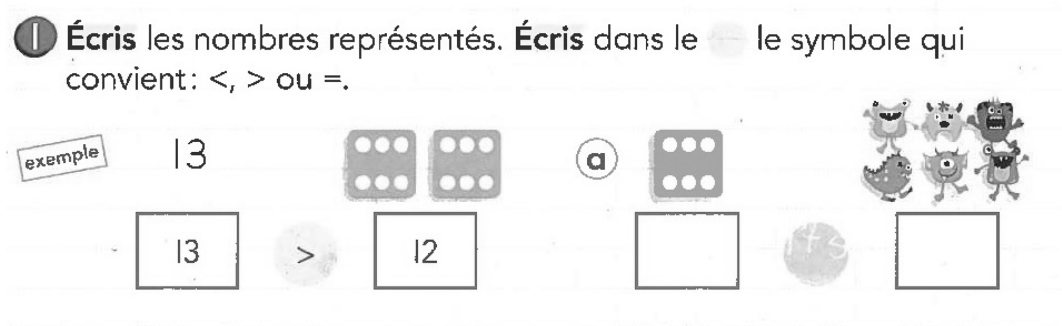


Figure 0.2 Tâche de comparaison dans un cahier d'apprentissage (Deshaies et al., 2011, p. 28)

J'ai senti que mes élèves avaient un plus grand intérêt pour les mathématiques lorsqu'ils jouaient à des jeux que lorsqu'ils exécutaient des exercices sur le même concept dans leur cahier d'apprentissage [voir figure 0.2]. Le « travail » mathématique par les jeux permettait aussi aux élèves, je dirais même à tous mes élèves, de vivre des succès en mathématique puisque mes élèves dits « en difficulté » gagnaient parfois lors des jeux. J'ai aussi constaté que jouer à un jeu mathématique favorisait les interactions sociales en général et aidait aussi les élèves à développer des habiletés liées à la communication en mathématiques. Par exemple, mes élèves échangeaient entre eux lors des jeux en utilisant du vocabulaire mathématique et je leur demandais de s'exprimer avec précision. De plus, j'ai remarqué que certains jeux aidaient mes élèves à acquérir une plus grande compréhension de certaines notions mathématiques. Par exemple, les élèves semblaient plus à l'aise avec les concepts eux-mêmes, ils se développaient sur le plan du raisonnement logique et ils s'appropriaient des principes de résolution de problèmes.

Suis-je la seule à voir tout le potentiel des jeux pour l'enseignement des mathématiques ? Qu'est-ce que les élèves font comme activité mathématique pendant qu'ils jouent ? Quelle est la richesse de cette approche d'enseignement des mathématiques ?

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

COROME	Commission Romande de Moyens d'Enseignement
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
MEQ	Ministère de l'Éducation du Québec
UQAM	Université du Québec à Montréal

RÉSUMÉ

Il existe une longue tradition d'enseignement par le jeu. Pourtant, un certain mystère demeure en ce qui concerne les jeux mathématiques à des fins didactiques. Différents chercheurs issus du milieu de la psychologie et de l'éducation ont conclu au potentiel des jeux pour le développement de l'enfant. Leurs travaux ont montré que les élèves sont plus motivés, mais qu'ils peuvent aussi améliorer leurs connaissances mathématiques par l'utilisation de jeux en classe du primaire (Mousolides et Sriraman, 2014). Au-delà des idées sur l'apprentissage des mathématiques, l'accent n'est pas mis sur l'activité mathématique déployée par les élèves lorsqu'ils sont immergés dans un jeu en classe du primaire. Dans cette thèse, on se demande ce qui se passe mathématiquement lorsque l'on joue à un jeu en classe du primaire.

Pour guider et structurer cette réflexion, j'ai commencé par caractériser les jeux mathématiques [p. ex., adversaire, règles, côté fictif…]. Je me suis ensuite intéressée aux éléments d'une séance de jeu dans une classe du primaire [p. ex., moment, posture de l'enseignant, posture de l'élève…]. Pour ce qui est de l'activité mathématique des élèves pendant qu'ils jouent à un jeu en classe, j'ai procédé à la réanalyse de mémoires et de thèses afin de faire émerger, à partir d'extraits de verbatim déjà publiés, une liste d'aspects mathématiques [p. ex., concept, processus, raisonnement]. Dans cette thèse, en tenant compte des caractéristiques formelles du jeu et des éléments d'une séance de jeu en classe, on observe et explique les concepts, les processus et les raisonnements mathématiques qui apparaissent pendant que les élèves jouent afin de comprendre la richesse potentielle du jeu pour faire des mathématiques en classe du primaire. On dégage aussi de manière précise des pistes et des questions de recherche sur l'activité mathématique en lien avec les caractéristiques formelles du jeu et les éléments d'une séance de jeu en classe.

J'ai opté pour la recherche exploratoire qui, par ses fondements et ses orientations, permet d'obtenir une compréhension préliminaire et descriptive d'une situation. La collecte de données s'est déroulée dans une classe de 5^{e} année du primaire de vingt-quatre élèves dont l'enseignante utilisait déjà les jeux mathématiques comme approche d'enseignement-apprentissage. Cinq jeux ont été sélectionnés pour s'arrimer au programme de l'enseignante, mais aussi de sorte qu'ils présentaient des différences, tant sur le plan des mathématiques que dans leurs caractéristiques en tant que jeux et du point de vue du déroulement en classe. Les séances de jeux animées conjointement avec l'enseignante étaient d'une durée approximative de soixante minutes et ont été filmées.

Une première analyse des enregistrements a permis de choisir des moments riches sur le plan de l'activité mathématique dans chacun des jeux. Suivant une approche phénoménologique, chaque moment a ensuite été interprété afin de faire ressortir les concepts, les processus et les raisonnements mathématiques. L'écriture de ces moments riches [au chapitre 4] fait voir l'articulation des dimensions ludiques et pédagogiques avec le travail mathématique du jeu mathématique en classe du primaire. On voit, par exemple, comment la finalité du jeu et sa mécanique sont impliquées dans le fait que les élèves mobilisent des concepts, des processus et des raisonnements mathématiques pendant qu'ils utilisent, perfectionnent ou rencontrent pour la première fois des concepts ou des processus à travers la structuration des séances, les interventions de l'enseignante et ainsi de suite.

Dans un deuxième temps, une analyse orientée sur les éléments de la classe [élèves, enseignante, moment de jeu] amène à mieux déceler certaines tensions liées au jeu mathématique en classe du primaire [au chapitre 5]. Par exemple, on observe comment la dimension ludique domine à l'occasion les aspects mathématiques [tant chez les élèves que chez l'enseignante]. Cette analyse transversale met aussi en lumière la manière dont certaines caractéristiques formelles des jeux [règles, matériel, adversaire] semblent pouvoir influencer l'activité mathématique en classe. On voit, par exemple, l'enseignante revenir sur un concept mathématique en raison du matériel du jeu. Il s'en dégage la richesse de ce que peut signifier faire des mathématiques en classe du primaire, que ce soit du point de vue des intentions ou des modalités.

En somme, cette thèse permet de montrer que l'activité mathématique [lorsque l'on joue à un jeu mathématique en classe] semble liée à différentes composantes formelles du jeu [p. ex., finalité, mécanique] et apparait aussi liée de différentes façons à la classe [p. ex., concept mathématique connu/nouveau pour les élèves, processus mathématique anticipé/émergent pour l'enseignante]. En plus des retombées et des limites de cette recherche, la conclusion comporte des pistes de réflexions épistémologiques à travers les travaux de Papert (1981) et ceux de Maturana & Varela (1987).

Mots-clés : Activité mathématique; Jeux; Recherche exploratoire; Primaire; Didactique des mathématiques

ABSTRACT

There is a long tradition of teaching through games. Yet, there remains a certain mystery surrounding mathematical games in the classroom for didactic purpose. Various researchers from the fields of psychology and education have concluded that games have potential for the child development. Their work has shown that students are more motivated, but also can improve their mathematical knowledge through the use of games in elementary classroom (Mousolides et Sriraman, 2014). Beyond ideas about mathematical learning, there is no focus on the mathematical activity students deploy when immersed in games in elementary classroom. This thesis asks what happens mathematically when playing a game in the elementary classroom.

To guide and structure this reflection, I began by characterizing mathematical games [e.g., adversary, rules, fictional aspect ...]. I then looked at the elements of a game session in an elementary classroom [e.g., timing, teacher posture, student posture ...]. In terms of students' mathematical activity while playing a game in the classroom, I proceeded to reanalyze dissertations and theses in order to bring out a list of mathematical aspects [e.g., concept, process, reasoning] from excerpts of previously published verbatims. In this thesis, taking into account the formal characteristics of the game and the elements of a classroom game session, the mathematical concepts, processes, and reasoning that emerge as students play are observed and explained in order to understand the potential richness of the game for doing mathematics in the primary classroom. It also identifies specific avenues and questions for research on mathematical activity in relation to the formal characteristics of the game and the elements of a classroom game session.

I opted for exploratory research, which, through its foundations and orientations, allows for a preliminary and descriptive understanding of a situation. The data collection took place in an elementary grade 5 class of twenty-four students whose teacher was already using mathematical games as a teaching-learning approach. Five games were selected to match the teacher's curriculum, but also because they differed in their mathematical, game, and classroom characteristics. The joint game sessions with the teacher were approximately sixty minutes in length and were videotaped.

An initial analysis of the recordings made it possible to select rich moments in terms of mathematical activity in each of the games. Following a phenomenological approach, each moment was then interpreted in order to bring out the mathematical concepts, processes and reasoning. Writing about these rich moments [in Chapter 4] shows the articulation of the playful and pedagogical dimensions with the mathematical work of mathematical play in the primary classroom. We see, for example, how the purpose of the game and its mechanics are involved in the fact that students mobilize mathematical concepts, processes and reasoning as they use, perfect or encounter for the first time concepts or processes through the structuring of the sessions, the teacher's interventions and so on.

Second, with an analysis focused on the elements of the classroom [students, teacher, moment of play] leads to a better view of some of the tensions related to mathematical play in the primary classroom [in Chapter 5]. For example, we observe how the play dimension occasionally dominates the mathematical aspects [of both the students and the teacher]. This cross-sectional analysis also highlights the way in which certain formal characteristics of the games [rules, material, opponent] seem to influence mathematical activity in the classroom. We see, for example, the teacher returning to a mathematical concept because of the game's material. What emerges is the richness of what it can mean to do mathematics in the primary school classroom, both in terms of intentions and modalities.

In sum, this thesis shows that mathematical activity [when playing a mathematical game in the classroom] appears to be related to different formal components of the game [e.g., purpose, mechanics] and also appears to be related in different ways to the classroom [e.g., known/new mathematical concept for the students, anticipated/emergent mathematical process for the teacher]. In addition to the implications and limitations of this research, the conclusion includes some epistemological reflections through the work of Papert (1981) and Maturana & Varela (1987).

Keywords: Mathematical activity; Games; Exploratory research approach; Primary school; Didactics of mathematics

INTRODUCTION

Dans la problématique, je[2] commence par retracer l'histoire du jeu en éducation. Je présente ensuite plusieurs travaux signalant l'intérêt de faire des jeux mathématiques en classe. Ce premier chapitre est aussi l'occasion de faire une revue de la littérature et de constituer une sorte de recension informelle des jeux [mathématiques] évoqués dans différents travaux : l'annexe A présente ainsi une courte description d'une quarantaine de jeux. Il ressort des recherches un certain manque de connaissances sur ce qui se passe mathématiquement *pendant* que les élèves jouent à un jeu en classe du primaire. En effet, on sait peu de choses concernant ce que les élèves ou l'enseignante peuvent être appelés à faire mathématiquement et ce qui déclenche cette activité mathématique en lien avec le jeu en classe du primaire.

Pour avancer sur ce questionnement, je cherche au chapitre deux à élaborer un cadre conceptuel afin d'aller observer et expliquer l'activité mathématique pendant que l'on joue à un jeu en classe du primaire. Certains travaux viennent préciser ce que l'on entend par « jeu ». D'autres donnent quelques clés afin de concevoir ce qui se passe lorsque l'on joue *dans une classe*. Enfin, je présente des réanalyses de travaux en didactique des mathématiques offrant quelques ouvertures sur ce qui peut se passer en classe quand des élèves jouent pour spécifier ce que l'adjectif « mathématique » pourrait recouvrir ici. Ces concepts me permettent d'expliquer la richesse potentielle du jeu pour faire des mathématiques en classe du primaire de même que dégager de

---

2 Le lecteur remarquera que j'ai opté pour le pronom personnel à la première personne tout au long de la thèse, et ce, dans le but d'avoir une « voix active » (Jutras, 2019). Je suis consciente que cela ne fait pas encore consensus (Boyer et Martineau, 2021).

manière précise des pistes et des questions de recherches sur l'activité mathématique en lien avec ce qui se passe lorsque l'on joue à un jeu dans une classe.

Le chapitre trois qui expose la méthodologie qui soutient cette recherche constitue l'occasion de présenter une méthode moins connue dans le monde de la recherche qualitative : la recherche exploratoire. Je relate aussi le contexte et les paramètres dans lesquels s'est réalisée la collecte de donnée. On retrouve ensuite une *analyse à priori* de chaque jeu en fonction des caractéristiques formelles, des éléments de la classe et des aspects mathématiques. Je présente brièvement la conception et les modifications des jeux retenus. J'expose aussi le traitement et l'analyse des données qui a été réalisée pour en faire l'interprétation.

Le quatrième chapitre est consacré à l'analyse de cinq jeux et de leur expérimentation dans une classe de cinquième année du primaire. Ces jeux incluent leur présentation aux élèves, les modalités de jeu et certaines indications pour la phase de retour avec les élèves. Les annexes H à P offrent le matériel reproductible nécessaire pour les jeux. D'autre part, l'analyse des données tirées des enregistrements vidéo des séances en classe, présentée sous forme de récit, permet d'apprécier de manière vivante la façon dont chaque séance s'est déroulée. Ces reconstitutions s'appuient sur la présentation de moments dans lesquels l'activité mathématique en cours est particulièrement visible, et nous permettent d'établir des distinctions par rapport aux notions mathématiques, ou à certaines composantes de la situation se rattachant au jeu [par exemple si l'activité mathématique observée est plus en lien avec une règle du jeu ou une de ses composantes matérielles, etc.]. En bref, ce chapitre nous permet de faire une analyse *à postériori* des aspects mathématiques de chaque jeu.

À la suite de cette analyse, le chapitre cinq offre une discussion au sujet d'éléments se rattachant aux aspects mathématiques, aux caractéristiques d'un jeu ou aux éléments d'une séance en classe en faisant une lecture transversale à travers les cinq séances.

Ceci permet de faire le point en quelque sorte sur, par exemple, les différentes modalités d'introduction d'une séance de jeu, différentes manières dont la présence d'autres joueurs peut avoir un effet sur l'activité mathématique, et ainsi de suite. Une quarantaine de questions et de pistes de recherches éventuelles ayant émergé des observations sont d'ailleurs regroupées à l'annexe Q. Cela permet aussi d'apprécier la richesse potentielle du jeu en classe du point de vue mathématique.

Dans la conclusion, je mets de l'avant des pistes et des questions qui ont émergé et qui pourraient servir de base pour de futures recherches. J'aborde aussi quelques-unes des limites de la thèse. Ces limites concernent évidemment le caractère particulier et exploratoire de cette recherche en évoquant des variations intéressantes par rapport à l'expérimentation en classe. Je présente également la possibilité, non exploitée ici, d'une recherche à caractère fondamentalement épistémologique. En effet, comprendre ce qui se passe mathématiquement [quand on joue à un jeu mathématique en classe du primaire] peut aussi vouloir dire que l'on cherche à comprendre ce que signifie faire des mathématiques dans un tel contexte, ce qui rend possible une telle activité et ce que cette activité elle-même rend possible. Répondre à ces questions en réfléchissant à la nature de la connaissance apporterait un autre éclairage sur la question du jeu en classe, et j'offre en ce sens deux pistes – souvent croisées au cours de mon travail sur cette thèse et ma participation au *Laboratoire épistémologie et activité mathématique* : les écrits de Papert et son concept de micro-monde, et les travaux en énaction basés sur la théorie de la connaissance de Maturana et Varela.[3]

[3] Cette thèse a reçu l'appui financier du *Fonds de recherche Société et culture* [FRQSC] ainsi que du *Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession enseignante* [CRIFPE].

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

Dans ce chapitre, je brosse un portrait de l'utilisation du jeu en enseignement. Par la suite, je fais émerger des questions préliminaires de recherche. Je dresse ensuite un tableau des recherches sur les jeux mathématiques. Enfin, je termine en précisant la raison d'être de cette étude et la question générale de la recherche.

1.1 Le contexte du jeu en enseignement

Dans cette section, je présente un bref historique du jeu en éducation. Par la suite, j'examine ce que l'on entend par étudier le jeu. J'aborde ensuite des recherches portant sur les jeux du point de vue de la psychologie et de l'éducation. Enfin, je termine avec le potentiel reconnu des jeux dans les programmes d'enseignement primaire canadiens.

1.1.1 Un survol historique du jeu en éducation

Mon intérêt pour le jeu s'inscrit dans une longue tradition comme approche d'enseignement. Voici quelques grandes lignes retraçant l'histoire du jeu en éducation à travers le temps.

Selon Chamberland et Provost (1996), les premières traces de jeux en éducation pourraient remonter à la préhistoire [12 000 av. J.-C. à 3500 av. J.-C.]. À travers le peu de signes qui demeurent, les historiens pensent que l'homme s'adonnait à des jeux de « faire semblant » pour apprendre des gestes et s'entrainer comme le font les animaux qui se pratiquent pour d'éventuels combats. D'après les historiens, il semblerait aussi que les premiers humains avaient recours à des jeux de « simulations » pour transmettre l'histoire et certains savoirs.

Les auteurs parlent ensuite de l'Égypte antique [3150 av. J.-C. à 31 av. J.-C.], où on sait que des jeux comportaient une fonction religieuse, servant à enseigner les textes sacrés et à exprimer des réalités divines. Plusieurs jeux encore pratiqués de nos jours remontent à cette époque. On retrouve entre autres les *Dames*, les *Échecs*, le *Senet* ou le *Mancala.* On pense que c'est surtout durant la deuxième moitié de l'Antiquité [31 av. J.-C. à 476] avec des philosophes tels qu'Aristote et Platon que l'on pense à éduquer les enfants au moyen du jeu (Chamberland et Provost, 1996). À cette époque, l'amusement est au cœur de l'instruction et l'on voit donc apparaitre les jeux d'alphabet ou des formes géométriques faites en pain et en biscuit (De Grandmont, 1995). Des jeux variés sont utilisés par les « maitres de jeu » pour enseigner les éléments de la grammaire, la lecture et le calcul entre autres. Il est, par ailleurs, intéressant de noter que les Romains donnaient à l'école le même nom qu'ils donnaient au jeu, soit *ludus* (De Grandmont, 1995).

Chamberland et Provost (1996) croient que les jeux éducatifs disparaissent en grande partie au Moyen-Âge [476 à 1453] en raison de la montée du christianisme qui condamne l'éducation gréco-latine basée sur le jeu. Les jeux sont étiquetés comme une perte de temps et proscrits également de la vie courante : le seul jouet autorisé était apparemment les soldats de plomb conçus pour élaborer des stratégies militaires, mais avec lesquels les enfants s'amusaient (Rabecq-Maillard, 1969). La Renaissance [1453 à 1700] représente une période de réhabilitation pour le jeu dans l'enseignement prenant forme en tant qu'activité physique, mais aussi cognitive

(Chamberland et Provost, 1996). C'est d'ailleurs au cours de cette période que le célèbre *Jeu de l'oie* fait son apparition.

Suivant ces auteurs, le jeu n'a cessé depuis de prendre de l'importance dans les écoles (De Grandmont, 1995). D'ailleurs, dès 1916, Fernand Nathan a développé entre autres un programme de jeux dits éducatifs que l'on retrouve même dans les écoles. Ce faisant, il devient aussi un objet d'intérêt pour les communautés universitaires, par exemple. Ainsi, on organise à l'UQAM en 1987 un congrès international sur le jeu et l'apprentissage (De Grandmont, 1995).

Comme on peut le constater avec ce rapide voyage dans le temps, l'engouement pour le jeu en éducation remonte à plus de 2000 ans. Ce pas de recul permet de constater qu'il s'agit d'un phénomène dont on parle en bien à travers les années, mais qui semble différer d'une époque à l'autre. Peut-être faut-il se demander ce qu'est un jeu au juste ?

1.1.2 Qu'est-ce qu'un « jeu » ?

Une première difficulté à laquelle je me suis heurtée lorsque j'ai commencé à étudier le jeu est la diversité des activités qui sont désignées comme « jeu ». Selon Brougère (2005), il faut prendre des précautions, car beaucoup de choses se retrouvent dans la grande famille des jeux : les Jeux olympiques, les jeux de casino, les jeux des enfants et les jeux vidéo pour n'en nommer que quelques-uns. L'emploi du mot jeu est tellement répandu qu'il peut être difficile de s'y retrouver parmi toutes les propositions possibles.

De plus, sur le plan linguistique, l'usage est encore plus difficile puisqu'il existe différentes nuances selon les langues. Selon De Grandmont (1995), le mot jeu vient du mot latin *jocus* qui signifie « badinage, plaisanterie ». Le mot ludique vient du mot latin *ludus* qui signifie « relatif au jeu », mais dans la langue populaire il est plutôt utilisé pour dire « amusant, divertissant ». Ce laxisme dans la langue française peut expliquer qu'on trouve autant d'imprécision dans la définition du mot « jeu ». La langue anglaise offre une meilleure distinction entre « play » et « game » pour rendre compte de la complexité du mot jeu (Parlett, 1999).

En m'appuyant sur le travail de Salen et Zimmerman (2004), je vais dans un premier temps tirer avantage de cette différence pour envisager « un jeu [game] » et « le jeu [jouer] » comme quatre concepts distincts [être enjoué, activité ludique, jeu et jouer] et discuter de la relation complexe qui les unit. On remarque à la figure 1.1 ci-dessous que chacune des quatre catégories est successivement moins inclusive.

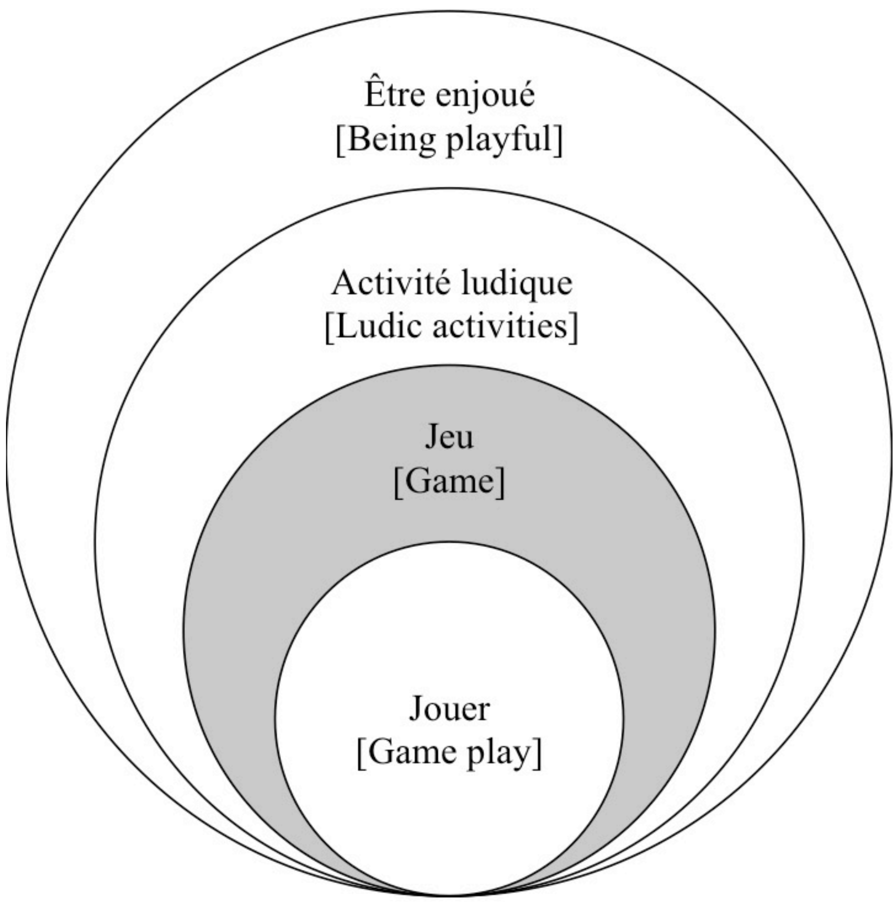


Figure 1.1 Schéma des catégories de « jouer » (adaptation de Salen et Zimmerman, 2004, p. 304)

Examinons ces catégories un peu plus précisément. La première catégorie identifiée par Salem et Zimmerman (2004), *être enjoué [Being playful],* est très large et inclusive, comprenant à la fois ce qui se réfère aux jeux et aux activités ludiques et tout ce qui touche l'état d'esprit dans lequel on se trouve lorsque l'on joue. Par exemple, on dit que l'on est enjoué lorsque l'on se costume pour l'Halloween, mais aussi en cuisinant ou en s'adonnant à plusieurs autres activités. La deuxième catégorie, *activité ludique [ludic activities],* vient limiter le type de situations dont il est question dans la première catégorie à celles dont le jeu est la fonction première. On pense ici à des enfants jouant dans un parc ou faisant semblant de cuisiner. La troisième catégorie, c'est lorsque des activités ludiques sont formalisées comme des objets sans être des jouets et que ces objets peuvent être considérés comme des « jeux *[games]* ». Ainsi, on peut penser aux jeux vidéo, aux jeux de société, aux jeux de cartes et aux jeux de construction. La quatrième catégorie est *jouer* [*game play*] ; elle ne se produit que dans les jeux, au moment où la participation des joueurs met en mouvement le jeu. Jouer se produit lorsque des joueurs agissent en suivant les règles du jeu [les actions n'étant pas reliées aux règles n'en font pas partie]. Jouer implique donc une structure plus rigide ; elle est le résultat direct des règles du jeu et de la marge de manœuvre donnée aux joueurs.

Cette distinction me met sur la piste de ce qu'on pourrait appeler un « jeu en classe » en faisant la distinction entre les éléments d'un jeu qui sont une activité ludique et quelque chose qui enjoue et certains éléments constitutifs de l'action de jouer. Jouer exige une compréhension de la façon dont les règles provoquent des choses en jouant et ne se réalise que lorsque les joueurs mettent ces règles en action. On pourrait donc aussi distinguer les composantes statiques du jeu [les pièces du jeu d'échecs, le code d'un jeu vidéo, etc.], les règles d'utilisation qui définissent la manière dont celles-ci devraient être utilisées dans le cadre du jeu [les règles] et l'action du ou des joueurs qui donnent vie à ce « système » (Salen et Zimmerman, 2004).

Cette caractérisation laisse présager la manière dont on pourrait qualifier de *mathématique* un jeu donné et établir la distinction entre un jeu mathématique et une activité mathématique ludique ou enjouée. D'ailleurs, on retrouve très souvent des jeux pour enseigner les mathématiques dans les classes québécoises du préscolaire et du primaire [par exemple, parmi les plus connus : *Logix, Architek, Mystéro, Uno, Skip-bo, Mathable*]. On peut à présent porter notre attention sur les études qui ont été réalisées dans différents domaines portant sur les jeux.

1.1.3 Le jeu du point de vue de la psychologie

Le domaine de la psychologie s'intéresse depuis longtemps aux bénéfices du jeu en général pour les enfants. Tout d'abord, Freud (1927) soutient que le jeu permet de diminuer les tensions accumulées chez l'enfant puisque le jeu est source de plaisir. Le jeu est important selon lui, car il permet d'apprendre à maitriser et à dominer les situations stressantes auxquelles nous sommes confrontés. Jouer conduit l'enfant à se contrôler dans un contexte ludique, contrôle qui serait par la suite réinvesti dans d'autres contextes. Hugon-Derquennes (1977), pour sa part, associe le rôle du plaisir dans le jeu à l'expérience de la liberté et de la découverte personnelle. Le plaisir est ainsi associé à l'esprit « gratuit » [voire artificiel] du jeu, une dimension essentielle qui risque de se perdre, explique Wallon (2012), lorsqu'on attribue au jeu un objectif utilitaire [d'apprentissage, par exemple]. Le plaisir éprouvé en jouant peut évidemment être mis au service d'autres choses : c'est ce que souligne Ferran (1978) quand il écrit qu'un bon jeu éducatif fait justement oublier son caractère d'apprentissage. On fait donc jouer les enfants pour qu'ils éprouvent du plaisir tout en réalisant des actions ayant d'autres retombées positives pour eux. De ce point de vue, on met naturellement beaucoup l'accent sur les éléments du jeu qui procurent du plaisir.

Winnicott (1971) affirme que le jeu a un effet sur le développement socioaffectif de l'enfant en lui permettant d'être créatif et de se découvrir par le biais de ses créations.

Pour Erickson (1959), le jeu permet à l'enfant de se développer affectivement suivant les « stades » qu'il associe à différents moments de nos vies : confiance, autonomie, initiative et compétence sont les premiers [de 0 à 11 ans]. Le jeu, selon lui, amène l'enfant à affronter des obstacles, à faire preuve d'initiatives, à résoudre des problèmes à travers lesquels ils finissent par passer au stade de développement affectif supérieur. Piaget (1966) rattache aussi la notion du développement humain au jeu. Le jeu permettrait ainsi à l'enfant de faire des liens entre l'expérience qu'il vit, la compréhension d'un phénomène et les connaissances qu'il possède. Voir le jeu comme moteur de développement conduit même certains à affirmer qu'un enfant qui refuse de jouer n'accepte pas, en fait, de se développer (Château, 1947). Caillois (1958) précise cette idée d'une relation entre jeu et développement très forte en jeu et affirme qu'un enfant qui ne joue pas pourrait difficilement, à l'âge adulte, s'adapter ou faire des activités sérieuses. Conséquemment, on s'intéresse alors à comprendre ce qui se passe en situation de jeu, ce qui permettrait d'expliquer ses apports sur le développement. C'est le cas, par exemple de Faradji (2005), qui associe l'aspect collectif et l'atmosphère propice à la concentration et/ou au dépassement de soi des situations de jeu, au développement d'habiletés à coopérer, à exprimer sa pensée ou à argumenter, par exemple.

Vygotsky (1978) accorde beaucoup d'importance au jeu comme moteur de développement sur le plan des interactions sociales. Il valorise le jeu parce qu'il permet à l'enfant de s'épanouir sur le plan verbomoteur [développement du vocabulaire, de la verbalisation, du langage ainsi que de la compréhension orale] et parle également des habiletés de communication [capacité d'attention et de concentration], par exemple, puisque le jeu institue une « zone proximale de développement » [dans laquelle les individus fonctionnent au plus haut niveau de leurs capacités par rapport à ce qu'il réaliserait seul]. Vygotsky (1978) explique que le jeu sollicite beaucoup de concentration et demande à l'enfant de perfectionner ses stratégies de résolution de problème. Pour Vygotsky, les jeux sont particulièrement importants du fait qu'ils soutiennent une progression dans la compétence à fonctionner avec des règles. Gagnebin (1997) souligne ainsi comment le jeu conduit l'enfant [même sans le concours d'un adulte] à spécifier et à ajuster ses procédures en fonction d'un but [on y revient à la section 2.1 en parlant des caractéristiques formelles du jeu].

Ces recherches issues du domaine de la psychologie démontrent que jouer s'avère positif pour le développement des enfants, car il procure du plaisir et permet de se développer sur le plan affectif et de socialiser. Elles dénotent aussi l'importance de s'attarder plus finement aux « conditions » dans lesquelles l'enfant joue. Qu'en est-il donc du jeu en contexte scolaire ?

1.1.4 Le jeu vu par certains chercheurs issus du domaine de l'éducation

En éducation, les recherches s'intéressent aux jeux comme environnement d'apprentissage. Au début du XX^{e} siècle, Gross (1908) affirme que le jeu doit servir à l'école, mais uniquement à titre « d'exercice préparatoire ». Freinet (1956) affirme au contraire que le jeu doit avoir une place prédominante dans les écoles. Palacio-Quintin (1987) met aussi de l'avant l'aspect intellectuel, qui devrait selon lui être considéré comme le premier objectif de l'apprentissage scolaire par le jeu dont l'élève néanmoins retire de la satisfaction. Corbenois, Martel et Bellier (2003) combinent encore plus spécifiquement, et de manière particulière, ces deux aspects en affirment que le jeu est un élément du développement intellectuel qui permet de développer le plaisir d'apprendre tout en développant différentes connaissances chez les élèves.

On retrouve de telles idées dans les textes de la Commission romande de Moyens d'Enseignement [Suisse] (1996) par exemple, où il est dit que les jeux permettent de développer des attitudes liées au processus d'apprentissage telles que la participation, l'action, la prévision, l'organisation, le respect des règles, l'invention de stratégies plus performantes, la communication, la coopération, l'opposition, la prise de décision et l'écoute des autres. Raabe (1979) va plus loin en expliquant que les jeux sont intéressants à l'école puisqu'ils permettent à l'enseignant de recueillir des données sur le développement intellectuel, mais aussi affectif et psychomoteur de l'enfant pendant qu'il joue. L'enseignant peut alors choisir des activités qui respectent le rythme d'apprentissage de l'enfant. Ces activités peuvent elles-mêmes être des jeux, car, toujours selon Raabe, certains jeux proposent des défis qui favorisent la créativité et le développement des connaissances. Point intéressant, il aborde aussi le rôle de l'enseignant qui devrait alors agir comme guide en favorisant le questionnement tout en évitant d'en dire trop.

La question de l'enseignant préoccupe aussi Briand (1999), qui les met en garde contre certaines utilisations du mot « jeu » en contexte scolaire. Selon lui, le mot « jeu » peut être utilisé pour motiver les enfants à réaliser une activité dans laquelle ils n'éprouvent pas de plaisir. On risque alors de désintéresser les enfants en leur présentant de « faux jeux » (Corbenois *et al.*, 2003), c'est-à-dire des activités issues ou inspirées de jeux dont la dimension ludique [associée au plaisir de jouer] n'est plus présente.

Ces recherches suggèrent d'une part que jouer *en classe* peut également s'avérer positif pour le développement des élèves, mais que certaines prudences s'imposent. L'idée selon laquelle les élèves ne vont pas seulement « se développer », mais aussi « apprendre » devient par ailleurs plus présente, sans doute en raison de l'importance donnée *aux disciplines* dans le contexte scolaire. Pour apprécier ceci, et en lien avec mon questionnement initial concernant l'apport des jeux *en mathématique*, il semble donc nécessaire, sans perdre de vue ce qui précède, d'aller voir plus finement ce qu'on dit du jeu en lien avec l'apprentissage des mathématiques à l'école.

1.1.5 Le jeu dans les programmes d'enseignement des mathématiques

Les programmes scolaires constituent un point d'entrée sur les jeux et l'apprentissage des mathématiques à l'école qui permet d'évaluer le rôle qu'on pense pouvoir attribuer au jeu. Ainsi, la *Déclaration sur l'apprentissage par le jeu* présentée par le Conseil des ministres de l'Éducation du Canada (2012) encourage la planification et la mise en place d'occasions d'apprentissages stimulantes et dynamiques basées sur le jeu, car, affirme-t-on, un enfant qui joue est un enfant qui apprend. Cette orientation est présente dans les curriculums pour l'enseignement des mathématiques un peu partout au pays.

Les programmes d'étude de l'Alberta (2019) et du Manitoba (2013) mentionnent les bénéfices possibles de l'enseignement des mathématiques par le jeu et c'est aussi le cas du *Programme de formation de l'école québécoise*, où on fait explicitement référence aux jeux dans le chapitre consacré à l'éducation préscolaire :

> Par le jeu et l'activité spontanée, l'enfant s'exprime, expérimente, construit ses connaissances, structure sa pensée et élabore sa vision du monde. Il apprend à être lui-même, à interagir avec les autres et à résoudre des problèmes. Il développe également son imagination et sa créativité. L'activité spontanée et le jeu sont les moyens que l'enfant privilégie pour s'approprier la réalité ; il est donc justifié que ces activités aient une place de choix à la maternelle et que l'espace et le temps soient organisés en conséquence. (MEQ, 2001, p. 52)

Dans le *Programme-Cadre* (MEQ, 1981), les jeux étaient considérés comme outil pédagogique pour l'enseignement des mathématiques. C'est également le cas dans le curriculum de la Colombie-Britannique (2019), de la maternelle à la 9e année, où l'on retrouve le jeu comme modalité pédagogique pour l'enseignement des mathématiques au même titre que la résolution de problèmes. Le jeu est également suggéré dans le programme de la Saskatchewan (2019), et les programmes de l'Ontario (2005), du Nouveau-Brunswick (2016), de la Nouvelle-Écosse (2013), de l'Île-du-Prince-

Édouard (2010) ainsi que de Terre-Neuve-et-Labrador (2017) incluent des exemples de jeux mathématiques pour l'enseignement du nombre et des probabilités, entre autres.

La place que prennent les jeux dans les programmes scolaires canadiens varie d'une province à l'autre, allant de la simple recommandation au préscolaire à une proposition comme approche pédagogique, certains allant jusqu'à proposer des exemples concrets. Mais dans tous les cas, si on constate d'une part que le jeu semble vu comme une occasion d'apprendre en mathématique pour les élèves, il faut reconnaitre que la nature exacte de ce potentiel n'est pas discutée.

De plus, depuis décembre 2020 (MEQ), dans le référentiel des compétences professionnelles en enseignement, on retrouve comme huitième et nouvelle compétence : soutenir le plaisir d'apprendre. Le jeu représente selon moi une proposition de situation d'enseignement et d'apprentissage qui peut engager les élèves et maintenir leur envie d'apprendre. Les enseignants se doivent donc de maitriser cet outil pour varier leur enseignement et donner du sens aux apprentissages.

1.1.6 Jouer en classe du primaire : Un potentiel pour faire des mathématiques ?

Ces lectures confirment donc mes intuitions concernant le potentiel des jeux en éducation et pour l'enseignement des mathématiques. Or, ces écrits sont plutôt loin de l'activité mathématique des élèves et ne permettent pas de comprendre vraiment les bénéfices des jeux sur *l'apprentissage mathématique* des élèves ou pour *l'enseignement des mathématiques* au primaire. Ils ne nous disent pas, par exemple, ce qui se passe mathématiquement lorsque l'élève joue à un jeu en classe du primaire. C'est ici que les recherches en didactique des mathématiques portant un intérêt aux jeux mathématiques en classe du primaire me permettent d'avancer.

1.2 Revue de la littérature sur les jeux en didactique des mathématiques

Dans cette section, je présente une recension des recherches en didactique des mathématiques touchant l'enseignement avec les jeux au primaire. Ce portait permet de voir où en est la recherche, et en particulier quels aspects liés au jeu et à l'apprentissage des mathématiques ont fait jusqu'ici l'objet d'examens par la recherche.

1.2.1 Les recherches portant sur les effets du jeu sur l'élève

D'une part, on peut commencer par reconnaitre que les recherches en didactique des mathématiques reprennent plusieurs des éléments mentionnés plus haut et confirment pour ainsi dire leur pertinence en lien avec l'apprentissage des mathématiques. Ainsi, les recherches sont assez unanimes concernant les bénéfices des jeux mathématiques, mettant en lumière leurs apports sur le plan émotif, social et cognitif pour les élèves. On sait depuis un bon moment que les jeux mathématiques génèrent de l'enthousiasme et du plaisir chez les élèves (Booker, 1996; Bright *et al.*, 1985; Ernest, 1986; Gough, 1994; Oldfield, 1991). Les jeux mathématiques peuvent donc, entre autres, favoriser une attitude positive envers les mathématiques en créant des environnements favorables à l'apprentissage (Château, 1947), augmentant la motivation des élèves par rapport aux mathématiques (Edwards *et al.*, 1972; Ernest, 1986). C'est un peu ce qu'on retrouve dans l'étude de Giroux (2008) qui relève des conduites mathématiques inhabituelles chez des élèves à la suite de l'exploitation du jeu *Stupide vautour* tout en conservant la motivation des élèves.

Plusieurs auteurs mentionnent aussi que le jeu mathématique en classe peut influencer positivement le développement des élèves en ce qui a trait à la socialisation (Ernest, 1986; Oldfield, 1991). Peltier (2000) rapporte des retombées similaires avec ses ateliers de jeux mathématiques. On connait aussi Bortuzzo et Poirier (2002) avec *Le* *jeu du 15,* et Poirier (2001) avec les jeux *Awalé, Barrage et Referme les boites* [pour les élèves issus de milieux défavorisés pluriethniques], qui notent des effets positifs sur les élèves liés au fait de jouer en classe de mathématiques comme sur les résultats scolaires et la motivation.

Mais regardons plus en détail le mémoire de Rajotte (2009) qui se situe dans la lignée de la recherche sur la pédagogie par le jeu en didactique des mathématiques. L'objectif de la recherche est d'évaluer l'effet d'un programme scolaire d'enseignement des échecs sur le développement des habiletés en résolution de problèmes mathématiques et le développement du sentiment d'appartenance à l'égard de l'école d'élèves de cinquième année du primaire à l'aide d'un devis quasi-expérimental. Rajotte a étudié un échantillon de 153 élèves de cinquième année divisé en un groupe expérimental et un groupe contrôle. Il a évalué le rendement de tous les élèves à deux reprises. Le groupe expérimental a participé à un programme d'enseignement des échecs de dix heures à raison d'une heure par semaine par l'Académie d'échecs du Québec. Les résultats des six analyses de covariance distinctes lui révèlent que la participation à des cours d'échecs démontre que l'implication au sein de ce type d'activité favorise le sentiment des élèves d'être accepté par leurs pairs [p=0,045] [mais les résultats n'ont pas été significatifs sur le développement du sentiment d'appartenance]. Cela prouve l'efficacité du jeu d'échecs en tant qu'outil éducatif pour les élèves du troisième cycle et qu'il s'agit d'un moyen intéressant d'aborder la résolution de problèmes en classe.

Ces études montrent d'une certaine manière *comment* des jeux mathématiques peuvent avoir des effets positifs sur les élèves, mais on ne parle pas vraiment ici d'apports du point de vue *mathématique*. D'autres travaux se penchent en revanche sur cet aspect qui se trouve plus proche de mes préoccupations.

1.2.2 Les recherches portant sur les effets du jeu pour les mathématiques

La recherche de Rajotte (2009) autour du jeu d'échecs nous informe aussi sur le plan mathématique : les analyses suggèrent que les élèves ont développé leurs habiletés en résolution de problèmes mathématiques [p=0,016]. Pour plusieurs, tels que Criton (1997) ou Corbenois *et al.* (2003), ceci n'est pas surprenant, car le jeu est intimement lié aux mathématiques puisqu'il conduit à faire l'activité essentielle de tout mathématicien : résoudre des problèmes. Criton suggère ainsi de considérer tout problème mathématique comme un jeu du moment où il répond à une série assez simple de critères : il doit être accessible au plus grand nombre [formulé dans un langage courant], poser un défi [susciter la curiosité] et amuser ou distraire. Bednarz et *al.* (2002) confirment l'existence de ce lien et expliquent que c'est souvent par le jeu que l'enfant tente de résoudre les problèmes que son environnement lui présente [qu'il soit mathématique ou non]. Bien qu'il existe des similitudes entre les problèmes mathématiques et les jeux mathématiques, selon Ascher (1998), il faut les considérer comme étant distincts. En effet, le but propre d'un jeu, l'adversaire qui tente activement de faire échouer les plans, les différents adversaires qui peuvent engendrer des réponses différentes et la possible perte d'intérêt (partie nulle ou en voie de perdre) font en sorte qu'ils doivent être analysés avec un regard particulier.

Brousseau (1986) travaille entre autres sur la place du jeu mathématique dans l'enseignement des mathématiques. Jouer, tel qu'il l'utilise dans ses travaux, est une activité didactique dont le but est de faire développer des connaissances mathématiques précises. Pour lui, un jeu mathématique est conçu et créé de façon à cibler un savoir mathématique à développer. Ce savoir représente en fait la solution ou la stratégie optimale pour la réussite du jeu mathématique. Dans cette perspective, jouer a pour but l'atteinte d'une connaissance visée, et le jeu mathématique n'a pas de pérennité, car une fois le jeu réussi, la connaissance [qui est la stratégie/solution gagnante du jeu] est découverte et le jeu n'a plus d'intérêt, le défi n'existe plus. Un peu dans cet esprit, Quintric (1997-1998) mène une analyse théorique pour lier les objectifs mathématiques du programme français à des jeux mathématiques rapportant que les jeux mathématiques peuvent aider les élèves à s'approprier des savoirs mathématiques. On sent néanmoins dans ces propos une importante nuance « de terrain » : le jeu idéal dont parle Brousseau peut en vérité être rejoué, et il y a souvent plus à apprendre sur un concept mathématique que ce qu'une seule situation [p. ex., un jeu] permet de voir. De plus, il ne faut pas s'en tenir à des analyses théoriques des jeux mathématiques qui pourraient reposer seulement sur la *Progression des apprentissages* (MEQ, 2009) au Québec.

Cabot Thibault (2013) propose une étude un peu similaire à celle de Rajotte (2009), mais en lien avec un contenu mathématique plus précis : le sens spatial. L'objectif de sa recherche est de vérifier l'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs sur le développement du sens spatial au premier cycle du secondaire. À l'aide d'un devis quantitatif quasi-expérimental de type avant-après avec groupe témoin non équivalent, Cabot Thibault a travaillé avec un échantillon de 126 élèves du 1er cycle du secondaire divisé en un groupe expérimental et un groupe témoin. Les élèves ont été soumis au test de Vandenberge et Kuse (1978) comme outil de mesure du sens spatial. Les élèves du groupe expérimental ont suivi 10 leçons du jeu d'échecs de 70 minutes chacune durant les heures de classe. À la fin du programme d'intervention, tous les élèves ont repassé le test standardisé. Les résultats des analyses de covariance montrent une amélioration significative au test [p=0,004] chez les élèves ayant suivi les cours d'échecs. Cela suggère que l'apprentissage du jeu d'échecs, et non seulement le fait de faire pratiquer ou de jouer, permet le développement de certains éléments du sens spatial d'élèves du 1er cycle du secondaire. On peut donc se permettre de penser que la même chose pourrait se produire dans une classe du primaire.

Au préscolaire, la thèse de Dumais (2005) présente quelque chose de similaire autour du concept de nombre, pilier des apprentissages mathématiques. L'objectif de la recherche est d'étudier l'impact de jeux pédagogiques avec l'ingénierie didactique. Pour atteindre cet objectif, Dumais a fait passer une épreuve diagnostique à 20 élèves de maternelle. Les élèves ont ensuite joué à quatre jeux qui ont été conçus pour développer le concept du nombre. Chaque jeu a fait l'objet d'une analyse détaillée. À la fin de la séquence, les élèves ont repassé la même entrevue. Les résultats ont montré que les aspects du concept de nombre travaillé à chaque jeu ont permis de développer les connaissances ou habiletés des élèves. Les éléments du concept de nombre qui n'ont pas été abordés dans les jeux se sont peu développés chez les élèves. La chercheuse a aussi exploré les habiletés sociales développées par les jeux et l'impact des diverses interactions sociales des membres d'une équipe, mais du point de vue du développement du concept de nombre. Elle souligne par ailleurs que le rôle de l'enseignant dans les situations de jeu est primordial pour un soutien tant moral que mathématique lors de difficultés. L'enseignant doit parfois guider les élèves dans la recherche de solutions, les aider à voir d'autres stratégies ou à changer de stratégies. L'enseignant doit aussi prévoir ses interventions pour les adapter aux élèves en difficultés ou réguliers lorsque certaines situations se produisent. Ici aussi, il est permis d'imaginer que des résultats semblables pourraient être obtenus dans une classe du primaire.

Au primaire cette fois, Juteau (2007) s'intéresse dans son mémoire à une approche qui favoriserait la maitrise du répertoire mémorisé d'élèves du premier cycle. Les objectifs de la recherche sont d'observer les effets d'une intervention fondée sur le jeu mathématique, sur l'apprentissage du répertoire mémorisé d'élèves de deuxième année du premier cycle primaire et de décrire les types d'interactions qui se déroulent, dans les équipes, durant les périodes de jeu, afin d'observer l'impact possible de ces interactions sur le développement de connaissances du répertoire mémorisé. Pour atteindre ces objectifs, Juteau emploie un devis qualitatif-évaluatif.

Un prétest a été administré aux 15 élèves. Ils ont joué ensuite deux parties par semaines pendant 4 semaines. Un post-test a eu lieu immédiatement après la séance de jeux, un autre trois semaines plus tard et un troisième post-test a eu lieu un mois après le deuxième. Les résultats montrent que les élèves maintiennent ou améliorent le résultat pour l'apprentissage des différents complémentaires du dix et développent des stratégies plus rapides pour les complémentaires du dix. Quant aux interactions, il y en a eu liées à des gestes de coopération et/ou de collaboration, puis d'autres, rattachées à la tâche. Les autres gestes plutôt mathématiques sont majoritairement individuels. Quant aux interventions de l'enseignant, elles sont principalement dirigées vers les élèves en difficulté. L'élève qui s'est d'ailleurs le plus amélioré reproduisait les interventions de l'enseignant en cours de jeu. On remarque que cette étude repose également, essentiellement, sur une approche quantitative prétest/post-test pour l'activité mathématique. Ce type d'approche permet au mieux d'apprécier les effets du jeu sur les conduites des élèves observables au moyen de tests ciblant de manière précise certaines habiletés, mais pas d'apprécier plus globalement ce qu'apporte le jeu du point de vue mathématique. En outre, remarquons qu'on n'en sait pas beaucoup sur ce qui se passe mathématiquement pendant que les élèves jouent. D'autres travaux sont davantage sur cette voie.

C'est le cas du mémoire de Caissie (2007) qui s'intéresse à comprendre le potentiel de différents types de jeux pour les apprentissages mathématiques des élèves [du secondaire] du point de vue des compétences ciblées dans le *Programme de formation de l'école québécoise* [résoudre des situations problèmes, raisonner à l'aider de concepts et de processus mathématiques et communiquer à l'aide d'un langage mathématique]. Pour atteindre cet objectif, Caissie a observé quatre élèves ayant participé à neuf séances de jeu de 50 minutes [portant sur trois jeux]. Les élèves étaient filmés en plus de prendre part à un prétest et un post-test pour chaque jeu. Au moment de l'analyse, Caissie donne une part importante aux données filmées dans son analyse, et s'en sert pour montrer des apports plus spécifiques des jeux sur la compétence à communiquer à l'aide du langage mathématique. De plus, elle montre comment le raisonnement déductif et combinatoire était à l'œuvre dans le cas d'un des jeux. Bien que cette recherche soit réalisée au secondaire, elle augure bien du point de vue des questions qui m'intéressent : on y voit l'activité mathématique des élèves [émission de conjectures, mobilisation du raisonnement déductif et raisonnement combinatoire] et il semble possible d'analyser plus finement cette activité du point de vue du jeu [voir au chapitre suivant, section 2.3], mais ce n'est pas l'objectif de la recherche.

C'est également ce qui se produit dans le cas de Tourigny (2004), qui souhaite éclairer l'enseignement des mathématiques auprès des élèves de milieu défavorisé. L'objectif de sa recherche est d'explorer l'intérêt que présentent certains jeux dans ce contexte en cernant leur potentiel pour l'apprentissage en lien avec le développement des compétences en mathématiques du Programme. Pour atteindre cet objectif, 21 élèves d'une classe de 3e année ont pris part à huit séances de jeux [trois jeux différents]. Ils ont été filmés afin de pouvoir les observer lorsqu'ils jouent à chaque jeu, mais aussi à travers le temps. Les résultats amènent à constater que les jeux expérimentés contribuent au développement des trois compétences mathématiques et leurs composantes. Le devis qualitatif de Tourigny [sans prétest/post-test] permet également d'observer de manière « incidente » certaines des habiletés mathématiques : les jeux *Barrage, Saute-Mouton, Cinq en ligne* auraient des apports sur le plan du raisonnement déductif, du développement de conjectures, de la justification de solutions, et ainsi de suite. Mais encore une fois, on ne fait pas une analyse fine de ce point de vue. L'analyse en matière de compétence nous garde un peu à distance de « tout » ce qui semble se passer mathématiquement quand les élèves jouent.

Les études de Ortiz (2003), qui parle du développement de la pensée algébrique et de mémorisation de faits mathématiques [grâce au jeu *Survivor*], ou de Shipley (1997), qui montre que l'usage des jeux mathématiques peut faciliter grandement la compréhension des symboles numériques et aider au développement de connaissances logicomathématiques, sont plus précises de ce point de vue. Elles montrent bien comment certains jeux peuvent contribuer à des apprentissages mathématiques précis. Mais elles sont évidemment limitées à certains jeux en particulier, et à certaines connaissances mathématiques. Ne serait-il pas intéressant d'aborder de manière plus large, mais assez précise la contribution possible du jeu [et pas seulement d'un jeu en particulier] sur le travail mathématique des élèves ?

1.2.3 Qu'en est-il de l'activité mathématique d'élèves du primaire pendant qu'ils jouent ?

Bien que les travaux en regard de ce que les jeux mathématiques permettent aux élèves de développer soient convaincants, ils en disent peu sur l'activité mathématique telle que vécue par les élèves. Prenons un autre exemple. Bragg (2012a, 2012b) réalise une étude auprès d'élèves australiens de 4e à 6e année avec des jeux portant sur la multiplication et la division des nombres décimaux. Un prétest et un post-test sur les savoirs mathématiques sont faits avant et après 14 semaines de jeux. Les résultats aux tests indiquent un gain moindre dans les performances des élèves ayant recours aux situations de jeux par rapport au groupe contrôle, mais des observations périphériques durant l'étude révèlent que les enfants ont consacré plus de leur temps aux mathématiques pendant les leçons de jeu que pendant les leçons de non-jeu. Elle constate que les jeux n'aident pas les enfants à démontrer une compréhension mathématique des concepts dans des conditions de test et elle suggère que les éducateurs examinent attentivement l'application et la pertinence des jeux avant de les utiliser comme moyen d'introduction de concepts mathématiques. Il se pourrait que les mathématiques que l'on pensait aborder ne soient pas ce qui est fait par les élèves pendant qu'ils jouent. On nous dit aussi que les leçons de jeu favorisent plus de conversations liées à la tâche mathématique pendant que les enfants jouent par rapport aux leçons de non-jeu. Bragg conclut que les jeux servent donc à augmenter le temps de travail des élèves en cours de mathématiques. Elle soutient que l'utilisation de jeux abordant explicitement un contenu mathématique enseigné dans une salle de classe peut accroitre l'engagement et, par conséquent, le potentiel d'apprentissage. Bragg rapporte aussi le résultat d'entrevues dans lesquelles les élèves disent avoir développé la capacité de travailler seul et amélioré leur estime de soi. Par contre, on le voit bien, Bragg n'élabore pas beaucoup sur ce que font les élèves pendant ces jeux mathématiques. On ne sait pas ce que les élèves disent, les questions qu'ils se posent, les stratégies qu'ils imaginent, les obstacles qu'ils rencontrent. Qu'est-ce que des élèves peuvent être appelés à faire mathématiquement pendant qu'ils jouent ? Dans quelle mesure un jeu mathématique donné fournit-il aux élèves un environnement riche du point de vue mathématique ? Que font et vivent les élèves durant le jeu mathématique ? Ce sont des dimensions qui me semblent importantes pour comprendre et documenter dans quelle mesure le jeu propose aux élèves un environnement riche dans lequel ils sont amenés à faire des mathématiques.

1.3 Le type d'étude

Sur cette base, il serait facile d'imaginer un projet de recherche centré sur l'enseignement des mathématiques sur un ou quelques jeux peu ou pas explorés en contexte scolaire. Je remarque cependant que ce qui me manque le plus dans les travaux que j'ai parcourus est des analyses en lien avec ce qui passe mathématiquement *durant* le jeu en classe. Cette dimension étant très peu abordée en recherche, plusieurs questions peuvent encore être posées. Trudel, Simard & Vonarx (2006) catégorisent les différentes possibilités qui s'offrent en recherche qualitative selon des questions de recherches [voir tableau 1.1].

Tableau 1.1 Questions et types de recherche (Trudel *et al.*, 2006, p. 42)

Qu'est-ce que c'est ?	Descriptif
Comment fonctionne le phénomène ? Comment le phénomène se présente-t-il statistiquement ou dynamiquement ? Comment se comporte-t-il ?	Descriptif-explicatif
Pourquoi fonctionne le phénomène ? Pourquoi le phénomène se présente-t-il ou se comporte-t-il ainsi ?	Explicatif-diagnostic
Comment le phénomène se comportera-t-il ?	Diagnostic-prédictif
Quelle est la valeur, la portée du phénomène étudié ?	Évaluatif
Comment circonscrire un objet de recherche, définir une nouvelle piste de recherche, choisir des avenues théoriques ou identifier une méthode appropriée à l'objet ?	Exploratoire

Les travaux mentionnés précédemment sont principalement du type descriptif-explicatif ou évaluatif, mais la problématique dans son ensemble suggère une étude qui s'inscrirait dans le courant exploratoire. Comme le souligne Van der Maren (1996), la recherche exploratoire vise alors à combler un vide tout en pouvant être un préalable à des recherches qui, pour se déployer, s'appuient sur un minimum de connaissances. Selon Trudel, Simard & Vonarx (2006), la recherche exploratoire permet de délimiter une réalité à étudier ou de choisir les méthodes de collecte des données les plus appropriées pour documenter les aspects de cette réalité ou encore de sélectionner des sources de données capables de nous informer sur ces aspects. Dans cette perspective, je peux proposer une première « question générale de recherche », que des repères théoriques [au chapitre suivant] viendront raffiner.

1.4 Question générale de recherche

Mon désir d'examiner les jeux mathématiques en classe de mathématique en fonction de ce que les élèves font durant le jeu mathématique [lorsqu'ils jouent] s'accompagne de plusieurs interrogations : Qu'est-ce qui, dans un jeu, entraine effectivement l'apparition d'idées mathématiques ? Qu'est-ce que des élèves peuvent être appelés à faire mathématiquement pendant qu’ils jouent ? À quel moment les élèves qui jouent font-ils des mathématiques [ou non] ? Qu’est-ce qui, dans la classe, permet d’aborder une idée mathématique au moment d’un jeu ? Voici une série de questions auxquelles les travaux discutés à la section précédente n’apportent pas vraiment de réponse. Ils esquissent *une thématique*, que la question générale de recherche suivante permet d’évoquer :

Que se passe-t-il mathématiquement pendant que les élèves jouent à un jeu mathématique en classe du primaire ?

CHAPITRE II

CLARIFICATIONS CONCEPTUELLES

Dans le chapitre précédent, j'ai présenté un questionnement à l'égard des mathématiques dans les jeux, concluant autour d'une question générale de recherche visant à observer et expliquer ce qui se passe mathématiquement pendant que les élèves jouent à un jeu mathématique en classe. Afin de préciser cette question de recherche, il est nécessaire d'examiner plus précisément ce qu'on entend par « jeu » et ce à quoi on peut s'attendre en ce qui concerne « ce qui se passe mathématiquement » au cours d'un jeu « en classe ». Dans ce chapitre, je présente d'abord les caractéristiques formelles d'un jeu. Ensuite, j'explique les éléments d'une séance de jeu en classe. Je termine en proposant une première catégorisation d'aspects de l'activité mathématique que l'on pourrait observer en cours de jeu réalisé en faisant une certaine revue de travaux en didactique des mathématiques présentant des élèves en train de jouer.

2.1 Quelles sont les caractéristiques formelles d'un jeu ?

Je propose de commencer en examinant ce que disent différents auteurs qui tentent de décrire formellement ce qu'est un jeu en cherchant non pas à obtenir une *définition* du jeu, mais une série de caractéristiques à partir desquelles une situation ou un système pourrait être reconnus comme un « jeu ».

David Parlett est un historien du jeu qui a écrit sur les jeux de cartes et les jeux de société. Dans son livre *The Oxford History of Board Games*, Parlett (1999) présente le jeu formel comme une structure basée sur une fin et sur des ententes [ex. : échec]. Le travail de Parlett met de l'avant deux composantes définissant le jeu formel : l'idée de gagner et l'idée de le faire au moyen de règles.

Dans son livre *Serious Games*, Clark C. Abt (1987) aborde également ces deux idées en présentant le jeu de la façon suivante : un jeu est un contexte avec des règles entre les adversaires qui tentent de gagner des objectifs. La définition de Abt met l'accent sur le rôle actif des joueurs faisant ressortir que les jeux sont une activité dans laquelle les joueurs prennent des décisions.

Cet aspect est travaillé plus en détail par le professeur de sciences de l'éducation Gilles Brougère (2005) dans son livre *Jouer/Apprendre*. Brougère voit le jeu comme une activité de second degré constituée d'une suite de décisions, dotée de règles, incertaine quant à sa fin et frivole, car limitée dans ses conséquences. Brougère ajoute que le joueur doit être libre lorsqu'il joue et souligne le côté artificiel et extérieur à la vie ordinaire du jeu.

Guy Brousseau (1986) est un didacticien des mathématiques qui mentionne d'autres aspects qui pourraient être pris en compte. Il propose ainsi une liste de caractéristiques précisant pour lui la notion de jeu : plaisir, enjeu [idée de gagner], matériel à manipuler, déploiement de stratégies et de tactiques, options, situation fictive [second degré], opposants [joueurs].

Des éléments issus du domaine des jeux vidéo peuvent encore venir enrichir la liste des caractéristiques retenues jusqu'à présent. Chris Crawford est un concepteur de jeu d'ordinateur qui a écrit sur la conception du jeu, la narration et l'interactivité. Dans son livre *The Art of Computer Game Design*, Crawford (1984) dresse la liste de quatre qualités principales qui définissent les jeux : la représentation, l'interaction, les conflits et la sécurité. Crawford appelle un jeu un système [matériel et ensemble de règles]. Crawford nomme aussi le conflit [prise de décision pour gagner] pour la première fois. Quant à la sécurité, Crawford semble faire écho à l'accent mis entre autres par Brougère sur le second degré, soit que le jeu se déroule dans un espace et le temps séparé de la vie ordinaire.

Greg Costikyan (1994), un concepteur de jeu et auteur de l'essai *I Have No Words and I Most Design*, propose qu'un jeu soit une forme d'art dans laquelle les participants sont appelés à prendre des décisions en vue de la gestion de ressources par le biais des pièces de jeu à la poursuite d'un but. Costikyan est également le seul auteur à lier les jeux à l'art, ou à toute autre pratique culturelle voulant hausser le statut du jeu au même niveau que des activités culturelles telles que le théâtre, par exemple. Bien qu'il soit important de souligner le fait que les jeux sont culturels, le fait d'associer des jeux avec « art » se révèle peu utile pour caractériser le jeu en classe du primaire.

Brian Sutton-Smith, dans *The Study of Games* qu'il a coédité avec Elliot Avedon (1971), présente une définition extrêmement concise et puissante du jeu : les jeux sont un exercice volontaire de contrôle des systèmes, dans lequel il y a un concours de pouvoir, confinés par des règles afin de produire un résultat déséquilibré. Leur définition délimite clairement les jeux à des activités moins formelles de jeu comme le jouet ou des blagues.

Le tableau 2.1 résume les éléments d'un jeu, comme décrit dans chacune des définitions.

Tableau 2.1 Tableau de comparaison des caractéristiques d'un jeu

Éléments d'une définition de jeu	Parlett	Abt	Brougère	Brousseau	Crawford	Costikyan	Avedon & Sutton-Smith
Procède selon les règles qui limitent les joueurs	✓	✓	✓		✓		✓
Conflit ou concours	✓			✓	✓		✓
Axé sur un but/Axé sur des résultats	✓	✓		✓		✓	✓
Activité, processus, ou un évènement		✓					✓
Implique la prise de décision		✓	✓	✓	✓	✓	
Artificiel/Sécuritaire/Extérieur à la vie ordinaire			✓	✓	✓		
Volontaire							✓
Incertain			✓				
Faire semblant/Représentatif					✓		
Système de pièces/Ressources et jetons				✓	✓	✓	
Une forme d'art						✓	
Procure du plaisir				✓			

Le fait de simplifier l'idée complexe du jeu en le résumant à l'aide d'une grille d'éléments communs a pour conséquence qu'une grande partie du contexte et de la subtilité des idées des auteurs est perdue puisque chaque auteur définit le jeu pour des raisons particulières dans des contextes spécifiques. D'autre part, cette comparaison de leurs approches du jeu donne des résultats intéressants. Presque tous les auteurs sauf Brousseau et Costikyan mentionnent des règles comme un élément clé. Au-delà de cela, il n'y a pas de consensus clair. Bien que 7 des 12 éléments soient partagés par plus d'un auteur, en dehors des règles et des objectifs, il n'y a même pas d'accord majoritaire sur l'un d'eux. Par contre, ceci nous fait voir que l'on n'a pas besoin d'inclure tous les éléments pour reconnaitre un jeu. Certains éléments, tels que les jeux volontaires ou incertains, ne semblent pas s'appliquer à tous les jeux. Il existe donc une diversité d'entrées sur ce que sont ou pourraient être des caractéristiques formelles d’un jeu, car elles sont teintées par les orientations de la personne qui le caractérisent (De Grandmont, 1997). En effectuant certains groupements, j’identifie cinq caractéristiques qui me semblent particulièrement significatives, que je présente dans les sous-sections suivantes.

2.1.1 Des règles

Un jeu doit être composé de règles. Ces règles sont généralement décrites comme convenues (Parlett, 1999), explicites (Crawford, 1984), limitantes (Avedon et Sutton-Smith, 1971) et structurantes (Abt, 1987). Les jeux sont ainsi régis par un ensemble de règles (Harvey et Bright, 1985) définies pour suspendre les lois ordinaires et établir une nouvelle législation (Caillois, 2015). Jouer à un jeu signifie accepter les règles (Suits, 1990), mais comme le note Legendre (2005), ces règles sont parfois un peu souples et peuvent être modifiées. Par exemple, dans le jeu *Serpents et échelles*, il faut monter lorsque le pion s’arrête sur une case qui se situe en bas d’une échelle et descendre si le pion s’arrête sur la queue d’un serpent.

2.1.2 Une mécanique

Au cours d’un jeu, un joueur doit prendre des décisions (Abt, 1987) en déployant des stratégies et des tactiques et en faisant des choix parmi plusieurs options possibles (Brousseau, 1986). La mécanique d’un jeu repose sur la prise de décision lors de la manipulation des ressources du jeu (Costikyan, 1994), l’exploration et l’observation des effets de ces décisions (Crawford, 1984) et l’évaluation du comportement de son adversaire (Bragg, 2006). Gagner un jeu peu aussi provenir d’un degré d’incertitude [hasard] quand la mécanique du jeu est basée sur la chance (Harvey et Bright, 1985) en raison d’un jet de dé ou d’une carte pigée (Gough, 1994) et donc que la fin ne peut être déterminée à l’avance (Caillois, 2015). Par exemple, dans le jeu d’*Échecs*, il faut choisir la pièce qui sera jouée entre les pions, les tours, les fous, les cavaliers, le roi et la reine.

2.1.3 Une finalité

Tous les jeux n'ont pas la même finalité. Certains sont orientés vers une compétition de pouvoir entre joueurs (Avedon et Sutton-Smith, 1971), un concours pour atteindre un objectif ou un conflit qui surgit naturellement de l'interaction dans le jeu et qui empêche d'atteindre facilement l'objectif (Crawford, 1984). D'autres sont axés sur un résultat à atteindre (Costikyan, 1994) qui est un état de but différent de l'état de départ du jeu (Avedon et Sutton-Smith, 1971). Un jeu doit donc avoir un but (Abt, 1987), un état spécifique à atteindre (Suits, 1990) qui détermine un gagnant et met fin au jeu (Parlett, 1999). C'est le jeu qui, en raison de sa structure et de son système de règles (Brousseau, 1986), impose ce point d'arrivée distinct du perdant et du gagnant (Bragg, 2006). Il est important que l'on puisse gagner, c'est-à-dire qu'il y ait une fin au jeu (Legendre, 2005) ou que le temps écoulé fasse terminer le jeu (Harvey et Bright, 1985). Par exemple, dans le jeu d'*Échecs*, il faut déplacer les pièces jusqu'à ce que l'on soit dans une situation échec et mat.

2.1.4 Des joueurs

Un jeu peut évidemment impliquer un défi contre un ou plusieurs adversaires, mais les jeux ne sont pas toujours des concours entre adversaires (Bragg, 2006). Dans certains jeux, les joueurs doivent coopérer pour atteindre un but commun contre la situation (Salen et Zimmerman, 2004). À l'inverse, si l'adversaire peut être un autre joueur, il peut aussi s'agir du plateau de jeu (Brousseau, 1986).

2.1.5 Un côté fictif

Certains pensent qu'un jeu doit être fictif (Harvey et Bright, 1985), donc à l'extérieur de la vie ordinaire (Huizinga, 1955) et sans conséquence pour le joueur (Brousseau, 1986) qui est donc, après le jeu, dans la même situation que celle du début (Caillois, 2015) comme avec le jeu *Serpents et Échelles*. Le jeu est une activité de second degré (Brougère, 2005) c'est-à-dire qu'elle a peu de conséquences négatives pour le joueur dans sa vie réelle. Dans cette situation de second degré, le joueur ne doit pas se sentir forcé ou contraint lorsqu'il joue ; il doit savoir qu'il s'agit d'un jeu.

2.1.6 Bilan des caractéristiques formelles d'un jeu

On voit dans ce qui précède qu'on parle de jeu quand une activité est structurée et est associée à une finalité qui n'est pas matérielle. La structuration se fait par des règles qui encadrent ce que les joueurs peuvent ou doivent faire durant le déroulement. La mécanique peut découler d'une prise de décision, mais aussi d'incertitude [pour gagner un concours ou un conflit dans un contexte artificiel]. Cette caractérisation donne une idée assez claire de ce qu'on peut reconnaitre comme un jeu. Il ne s'agit pas d'une définition et ce ne sont pas des critères d'inclusion/exclusion, mais plutôt des éléments qui me semblent particulièrement utiles pour reconnaitre un jeu.

Prenons l'exemple du jeu d'*Échecs* : on y retrouve un ensemble de règles qui dictent les déplacements des pièces et les mouvements de capture. Il y a plusieurs prises de décisions [mécanique] dans un contexte artificiel, bien que les échecs soient souvent comparés à un jeu de guerre. La partie se termine lorsque le roi est échec et mat. Je propose de poursuivre par l'exploration de ce que peut signifier jouer à un jeu en classe selon plusieurs auteurs pour tenter de décrire ce que pourrait être le jeu mathématique dans une classe comme approche pédagogique.

2.2 Qu'est-ce que jouer à un jeu dans une classe ?

Il n'y a pas de consensus sur les finalités du jeu mathématique en classe dans le milieu scolaire. Certains perçoivent le jeu comme une récompense, d'autres comme une occasion d'exercer ses connaissances et ses habiletés mathématiques (Biron et Côté, 2016). Dans les sous-sections suivantes, je présente des éléments à travers lesquels on reconnait l'effet de la classe sur le jeu en contexte éducatif/scolaire.

2.2.1 Un lieu

Jouer en contexte de classe implique généralement de le faire dans une salle de classe qui est située dans une école. On peut penser que ceci apporte des contraintes physiques sur ce que signifie jouer, mais ce qui nous intéresse surtout ici, ce sont les éléments liés au fonctionnement de la classe de manière générale.

2.2.2 Les trois moments d'un jeu en classe

Jouer en contexte de classe, ce n'est pas simplement remettre du matériel et laisser l'élève découvrir. Selon Marinova (2016), la séquence d'un jeu dans une classe peut être séparée en trois temps : la présentation du jeu, la participation au jeu et un retour sur le jeu. Bien que cette séquence ait été développée pour le préscolaire, elle peut également s'appliquer pour le primaire.

La présentation d'un nouveau jeu à une classe constitue généralement une première étape pour que les élèves puissent jouer. Tout d'abord, l'enseignante explique le but du jeu pour que les élèves visualisent la façon de gagner. Pour la chercheuse, il est important que l'élève sache comment il devient le vainqueur du jeu. Ensuite, l'enseignante explique les actions que l'élève doit accomplir en jouant. Marinova (2016) propose de le faire sous forme d'une démonstration des procédures du jeu devant la classe, en invitant, par exemple, un élève à être son adversaire afin d'illustrer la mécanique du jeu. Il s'agit d'une manière de faire, mais il apparait possible d'en envisager d'autres comme par le visionnement d'une vidéo ou la lecture d'une feuille de règle. Ensuite, l'enseignante présente les règles du jeu en précisant certaines choses : la règle qui détermine qui est le premier joueur, les règles du déroulement du jeu, les règles concernant les actions et la règle de franc-jeu. Cette démarche semble un peu rigide, on pourrait se demander si elle est adaptée à tous les jeux et dans quelle mesure on pourrait s'en inspirer pour mettre en route une séance de jeu d'un autre type. Une fois le jeu présenté, les élèves sont invités à y jouer.

Ensuite, la deuxième étape consiste donc à jouer au jeu. Les différents éléments se rapportant aux actions de l'enseignante ou des élèves se retrouvent dans les sous-sections suivantes.

Marinova (2016) attire enfin notre attention sur l'importance d'une troisième étape lors d'une séquence de jeu : mener une discussion en groupe pour revenir sur ce qui a été fait et ramasser quelques idées. On peut aussi imaginer différentes modalités de retour sur le jeu : collective ou individuelle. C'est dans ce troisième temps que l'enseignante peut poser des questions aux élèves en lien avec l'activité mathématique du jeu, ce qui lui permet de développer certaines idées, en revenant si possible sur certains moments observés durant la réalisation du jeu.

On peut penser que cette séquence est flexible. On peut par exemple effectuer un retour sur l'activité mathématique après une première partie et un autre à la fin de la séance.

2.2.3 Les quatre postures de l'enseignante lors d'une séance de jeu en classe

La posture de l'enseignante peut changer au cours d'une séance de jeu selon les différents moments. Elle peut être parfois plus ludique et parfois plus mathématique.

Pour De Grandmont (1995), l'intention première d'une enseignante peut être le plaisir que l'on trouve grâce au côté fictif du jeu. Sous cet angle, l'enseignante adopte donc une posture de « joueur ». Avec cette posture, l'enseignante peut agir comme un adversaire, en jouant une partie contre un élève ou la classe entière, par exemple tout en tenant compte de l'intention didactique du jeu. Dans la posture de joueur, on peut alors s'imaginer que l'enseignante pourrait en venir à oublier l'intention didactique dans ses interventions puisqu'il y là une volonté de gagner, malgré le fait que ce soit contre un de ses élèves demeure.

Une posture de « maitre de jeu » est un peu différente. Marinova (2016), dont les travaux sont effectués au préscolaire, mais s'avèrent transférables au primaire, nous parle de la manière dont l'enseignante peut se donner comme tâche principale d'assurer le bon déroulement du jeu. En m'inspirant des travaux de Marinova (2016), je regroupe plusieurs petites postures se rapportant à la gestion du jeu en soi. Par exemple, l'enseignante peut être une sorte de « guide » au moment d'expliquer les règles et les actions. L'enseignante peut être une « partenaire d'entrainement » en réalisant une partie-essai au cours de laquelle elle réexplique certaines règles et actions tout en répondant aux questions des élèves concernant certaines situations qui posent un défi. L'enseignante qui adopte une posture d'actant peut aussi être une « arbitre » qui intervient pour faire respecter les règles du jeu et apporter des précisions concernant les procédures du jeu ou lorsque des doutes de tricherie sont présents. La posture de maitre de jeu est très axée sur l'aspect ludique, mais un peu moins que la posture de joueur, car il se pourrait que des éléments mathématiques apparaissent à travers les règles comme le dénombrement de cases au jeu *Serpents et échelles*. La posture de maitre de jeu diffère de celle de joueur puisqu'elle ne prend pas part directement au jeu en étant plutôt observatrice de la situation et que ses interventions portent sur le jeu.

Ensuite, si on revient à De Grandmont (1995), l'enseignante peut adopter une posture « pédagogique » lorsqu'elle se réfère à des notions et des apprentissages pour faire prendre conscience des structures aux élèves. L'intention de l'enseignante est maintenant associée au fait d'apprendre de nouvelles choses. Dans cette perspective, selon De Grandmont (1995), la valeur éducative devrait rester imperceptible pour l'élève même s'il est très conscient dans l'esprit de l'enseignante.

Enfin, De Grandmont (1995) souligne en effet que l'enseignante peut se servir du jeu sous de faux prétextes. Cette posture qui est en lien avec la précédente est présentée comme « éducative ». Dans ce contexte, le jeu est orienté vers une réponse unique et cela devient un exercice répétitif favorisant la lassitude puisqu'il est orienté vers un objectif ou un but à atteindre en perdant la caractéristique de plaisir intrinsèque. L'enseignante qui adopte une posture éducative observe les comportements et fonctionnements des élèves au cours du jeu. Enfin, avec un angle éducatif, le jeu offre à l'enseignante un moyen de vérifier et de tester les compétences de ses élèves et le niveau d'acquisition des notions et des concepts enseignés. La posture éducative se distingue de la pédagogique qui précède en fonction des intentions de vérification des connaissances des élèves par l'enseignante.

Les différentes postures identifiées par Marinova (2016) et De Grandmont (1995) pourraient affecter fortement ce que signifie jouer en classe, et ce qui se passe mathématiquement. Il est possible d'imaginer des enseignantes qui préfèrent l'une ou l'autre des postures. Il est aussi envisageable que l'enseignante change de posture en cours de jeu selon l'activité mathématique observée.

2.2.4 Les quatre postures de l'élève lors d'une séance de jeu en classe

La posture de l'élève peut aussi être variable d'un élève à l'autre, d'un jeu à l'autre ou au cours d'une séance de jeu. On peut facilement distinguer deux postures plus ludiques et deux plus mathématiques.

Selon Brousseau (2002), l'enfant qui joue peut être un « joueur », donc une personne qui recherche à travers le jeu un plaisir non nécessairement défini par les règles du jeu. Il donne l'exemple d'un enfant qui perd volontairement pour éviter que son adversaire se décourage et qu'il cesse de jouer. Le côté ludique est très important pour le joueur qui ne veut pas cesser de jouer.

L'enfant peut aussi être un « actant », c'est-à-dire qu'il cherche à gagner en suivant les règles (2002). Par exemple, certains élèves perdent volontairement tout en suivant les règles et d'autres sont déçus lorsqu'ils découvrent une stratégie optimale pour toujours gagner, « tuant » ainsi le plaisir de jouer.

Lorsqu'il joue à un jeu, l'enfant peut alors devenir un « apprenant », donc un enfant qui cherche des alternatives et tente de modifier son répertoire pour une nouvelle action (Brousseau, 2002). Un élève pourrait devoir faire appel à une connaissance antérieure pour gagner. L'apprenant choisit de s'engager dans le jeu pour gagner.

Finalement, pour Brousseau (2002) toujours, un enfant peut prendre une posture « d'élève » en cherchant auprès de l'enseignante ou d'un autre élève une connaissance qui lui manque pour gagner. Un élève peut, par exemple, avoir recours à une aide-externe pour obtenir la stratégie gagnante sans effort plutôt que de la chercher comme il le ferait dans une posture « d'apprenant ».

Les différentes postures que présente Brousseau (2002) sont liées à sa vision assez particulière des jeux. Sans vouloir s'étendre sur le modèle de jeu de Brousseau, les différentes postures qu'il identifie constituent un point de départ pour une éventuelle observation lorsqu'ils jouent à des jeux mathématiques en classe. Il est possible d'imaginer que des aspects mathématiques apparaissent lorsque les élèves adoptent une posture plutôt qu'une autre. Il est aussi possible d'imaginer que certains aspects mathématiques fassent changer la posture d'un élève en cours de partie.

2.2.5 Bilan des éléments d'une séance de jeu en classe

On voit dans ce qui précède que quand on parle de jouer dans une classe, il ne s'agit pas uniquement de la partie, mais aussi de sa présentation et du retour que l'on en fait. On peut penser que chacun de ces moments peut être fait de différentes façons. Les postures de l'enseignante et des élèves peuvent aussi donner une idée plus claire de ce qu'on peut reconnaitre comme des éléments faisant partie d'une séance de jeu en *classe*.

Imaginons une séance du jeu des *Échecs*. On peut faire la présentation des règles par une vidéo. Les élèves joueraient simultanément une partie contre un adversaire qui est un autre élève de la classe ou l'enseignante. Le retour sur certaines stratégies de déplacement de pièce se ferait collectivement à la fin de la séance. L'enseignante peut être dans une posture de joueur [si elle est un adversaire] ou de maitre de jeu [lors de l'explication des différents déplacements des pièces]. L'élève peut être dans une posture de joueur en cours de partie, mais aussi actant en vérifiant les différentes possibilités de capture d'une pièce. Je propose de continuer l'exploration de ce que peut signifier jouer à un jeu mathématique en classe à travers les travaux de plusieurs chercheurs.

2.3 Quelles sont les mathématiques présentes dans un jeu en classe ?

Caractériser ce en quoi consiste l'activité mathématique lorsque l'on joue à un jeu en classe n'est pas simple. Une manière de le faire serait de se situer par rapport à différentes conceptualisations de l'activité mathématique telles que celles de Douady (voir Duval, 2002), qui parle en matière de « jeux de cadres », ou de Duval (2002) qui conceptualise en termes de « changements de représentations »[4]. On pourrait aussi s'inspirer de points de vue tels que ceux de Schoenfeld (1994) qui y voit la pratique d'une « science des patterns » ou de Soifer (2009) qui la ramène plutôt à de la résolution de problème[5]. Ces conceptualisations sont pensées pour des contextes d'activités mathématiques différents. Ils pourraient s'avérer utiles, mais probablement aussi très, voire trop contraignants pour l'observation de ce qui se passe sur le plan mathématique quand on joue en classe. D'où l'idée d'une approche peut-être plus

---

[4] Pour faire simple, disons que les jeux de cadre font référence aux passages entre une approche algébrique et une approche géométrique d'une situation donnée, alors que les changements de représentations sont associés aux passages d'une situation exprimée en mots à sa représentation sous la forme d'une équation, par exemple.

[5] Succinctement, la science des *patterns* c'est le fait de se baser sur un modèle pour résoudre des problèmes similaires et la résolution de problème c'est de regarder différentes façons de résoudre des problèmes.

générale, mais directement appuyée sur des observations réalisées en contexte de jeu dit mathématiquement en classe.

Une autre manière d'aborder la question serait d'effectuer une analyse de différents jeux pour identifier les idées mathématiques pouvant être impliquées. Ainsi, je pourrais prendre un jeu comme les échecs et analyser ses règles et sa table de jeu du point de vue mathématique. Il existe, en effet, un bon nombre d'études réalisées sous cet angle (p. ex., Gardner, 1970; Nisihara, 2003). Ici cependant, on perd de vue le contexte scolaire en général et du primaire en particulier. Comme le souligne aussi Vygotski (1978), les enfants se limitent rarement à la structure prédéfinie du jeu et font preuve d'une grande créativité dans leurs interprétations d'une situation de jeu, ce qui est limitant. L'objectif de cette recherche n'est pas simplement d'examiner des jeux mathématiques pensés pour la classe, mais plutôt d'examiner ce qui se passe mathématiquement pendant qu'on joue dans une classe. On pourrait aussi effectuer une analyse *à priori* (Artigue, 1988) des jeux expérimentés. Comment encadrer/orienter cette analyse ?

Marinova (2016) avance que les jeux destinés aux élèves de 4 à 8 ans ont le potentiel de mobiliser diverses connaissances et compétences en lien avec certains apprentissages mathématiques. Selon elle, la tâche didactique d'un jeu réfère aux objectifs didactiques d'un jeu. Elle est déterminée par l'enseignante qui tient compte du degré scolaire, de l'âge des élèves et de leurs connaissances. Il semble donc possible d'arrimer la tâche didactique à la *Progression des apprentissages en mathématiques* (MEQ, 2009) et aux attentes ministérielles concernant l'enseignement des mathématiques. Par exemple, dans le jeu de *Serpents et échelles*, les tâches didactiques sont d'ajouter la somme d'un dé à un nombre inférieur à 100, d'effectuer des translations de pions et de se déplacer sur une grille de 100.

Les travaux de Marinova (2016) inspirent en fait une approche plus contextualisée. Pourquoi ne pas aller voir dans les travaux existants qui rapportent des observations ponctuelles sur ce qui se passe mathématiquement durant un jeu en classe et en faire une caractérisation ascendante ? Cette démarche répond bien à l'idée d'un cadre conceptuel dont la fonction est d'apporter une « première réponse théorique » à la question de recherche.

Dans la section suivante, j'examine donc les aspects de l'activité mathématique qui apparaissent dans diverses études sur les jeux mathématiques présentant un peu de ce qui se passe durant un jeu réalisé en classe de mathématique. Les sous-sections suivantes illustrent une partie de cette démarche. On notera qu'à l'occasion, je me permets de réanalyser un peu les extraits présentés par les auteurs afin de souligner la présence d'autres aspects des expériences mathématiques du travail des élèves qui ne sont pas discutés à l'origine. L'idée est de mettre en lumière divers aspects de ces situations de jeu afin d'éclairer ce qui se passe quand les élèves jouent, constituant ainsi une sorte de cadre conceptuel. De plus, un effort particulier est réalisé afin de rattacher clairement ces aspects aux composantes formelles du jeu et aux éléments de la classe relevés précédemment. Dans sa rédaction, cette section ne se veut donc pas une revue exhaustive de ce qui a été écrit sur les jeux mathématiques en classe, mais plutôt une recension sélective d'écrits permettant de préparer la suite pour disposer de points de repère pour la méthodologie et l'analyse en plus de répondre théoriquement à la question de recherche.

2.3.1 La méthodologie entourant les réanalyses

Commençons par expliquer ce qu'est l'analyse de données secondaires d'après les travaux de Bernatchez et Turgeon (2009). L'analyse de données secondaires consiste à « récupérer » des données pour les fins d'une nouvelle recherche. Elle présente l'avantage d'être disponible à peu ou pas de frais et nécessite un moins grand investissement en temps. La réanalyse peut servir à se familiariser avec un champ de recherches ou à préciser certaines caractéristiques d'une éventuelle collecte de données primaires. L'analyse de données secondaires peut également servir à remettre en question certaines théories ou à vérifier les conclusions des autres chercheurs. N'ayant pas trouvé de cadre conceptuel pour observer l'activité mathématique lorsque l'on joue en classe du primaire, j'ai eu recours à l'analyse de données secondaires pour faire ressortir des points d'entrée possibles pour l'analyse des données qui seront éventuellement collectées dans le cadre de cette étude.

Les mémoires et les thèses contiennent des portions de données qui sont facilement accessibles et ils présentent souvent des données détaillées que l'on peut réanalyser. Cette possibilité vaut également pour les revues scientifiques, bien que les extraits que l'on y trouve soient généralement courts.

Une thèse (Dumais, 2005) et trois mémoires (Caissie, 2007; Juteau, 2007; Tourigny, 2004) ont été retenus comme source de données secondaires, car les quatre abordent les jeux mathématiques tout en étant différents en raison de l'âge des élèves. Bien que la présentation des extraits de verbatims diffère d'un auteur à l'autre, ces quatre sources offrent des extraits d'observations ou d'entretiens qui permettent de générer des idées pour ce cadre conceptuel. Des mémoires et des thèses abordant les jeux avec des données quantitatives ainsi que des articles scientifiques avec peu ou pas de verbatims ont été mis de côté, faute de pouvoir effectuer une réanalyse de leurs données.

Pour l'élaboration d'une caractérisation de l'activité mathématique à partir des données secondaires, j'ai pris soin de faire attention aux écarts entre les objectifs de la collecte primaire et les objectifs de mon analyse secondaire. En effet, aucune des sources retenues ne s'intéresse à l'activité mathématique durant un jeu. Ceci explique qu'il manque à l'occasion des informations qui seraient pertinentes pour ce projet. On peut voir ces manques de manière positive puisqu'ils donnent des pistes concernant la nature des données à collecter.

Dans un premier temps, j'ai retranscrit les verbatims publiés dans la thèse et les mémoires qui ont été retenus. J'ai choisi de retranscrire les verbatims sans le contexte afin de pouvoir faire mon analyse secondaire sans être dérangée par l'analyse primaire. Par la suite, je suis allée m'enrichir des analyses primaires effectuées par les chercheurs. La codification des verbatims s'est faite en plusieurs étapes (Miles et Hubberman, 2003; Van der Maren, 1996). Tout d'abord, j'ai identifié pour chaque extrait des aspects de l'activité mathématique. J'ai procédé à une codification pour faire ressortir le plus d'aspects de l'activité mathématique possible en laissant de côté ce qui avait trait à la gestion de classe, par exemple. Ce codage ouvert m'a permis de faire émerger beaucoup d'aspects que j'ai ensuite regroupés en catégories. L'étape d'intégration finale par rapport à une catégorie centrale afin d'intégrer un maximum de données relatives au phénomène étudié m'a permis de créer une *clé* d'analyse préliminaire [voir annexe B] qui pourra être utilisée dans ma collecte de données empiriques. Cette *clé* n'a pas été validée puisqu'il s'agit d'un outil pour explorer. Plus de détails à cet effet se trouvent dans le devis méthodologique [voir chapitre 3].

Dans les sections qui suivent, je présente le résultat de cette analyse. En effet, il serait trop long d'aborder dans ce chapitre les détails de chacune de relectures en appuyant chacun des éléments sur des extraits. Toutefois, je peux bien faire voir et comprendre ce processus et la *clé* qui en résulte en présentant trois exemples. Chacun servira à illustrer une des catégories sur lesquelles je fais le point à la sous-section *2.3.4 : Bilan : les aspects de l'activité mathématique durant une séance de jeu en classe* pour expliquer ce qui se passe mathématiquement pendant que l'on joue en classe.

2.3.2 Les concepts et les processus mathématiques à travers une réanalyse

Voici le verbatim[6] d'une interaction entre un élève et une chercheuse tiré du mémoire de Tourigny (2004) qui s'intéresse au jeu pour la contribution au développement de compétence mathématique chez des enfants de milieu défavorisé. Cet extrait est tiré d'une interaction entre la chercheuse et un élève en cours de partie.

Dans une section d'analyse réservée au jeu *Cinq en lignes*[7], Tourigny présente l'extrait ci-dessous dans lequel elle discute du point de vue de la mise en place de stratégies pour résoudre des situations problèmes mathématiques. Elle explique que l'élève G éprouve de la difficulté à imaginer une combinaison de calculs qui donne 17 avec les dés 3, 4 et 5, car cet élève privilégie l'addition comme opération mathématique. L'élève G tente de faire une multiplication avec la valeur des dés apparemment sans se soucier de la planche de jeu [où seulement certaines cases doivent être remplies, permettant d'en avoir un « cinq en ligne »].

G :	« 5 et 4 : 5, 4 et 3 = 12 » [elle ne regarde pas la planche]
Chercheuse :	« Est-ce que ça fait absolument 12 ? Est-ce que tu peux utiliser quelque chose de plus intéressant pour toi +, —, x ? »
G :	« Je peux faire 9 x 3 »
Chercheuse :	« 9 x 3 ça fait combien ? »
G :	[longue hésitation] « 27 »
Chercheuse :	« Est-ce qu'il y a un 27 sur la planche ? »
G :	« Non. »
Chercheuse :	« Regarde ce que tu as besoin sur la planche. Qu'est-ce que tu aurais besoin sur la planche quoi pourrait t'aider à gagner ? »
G :	« Un 17 » [Le nombre 17 est effectivement un nombre qui pourrait lui permettre de gagner]
Chercheuse :	« Un 17. Est-ce qu'il y a autre chose qui pourrait t'aider à

[6] Les extraits de verbatims présentés dans cette section conservent l'essentiel de la mise en page, la typographie et les autres choix de leur auteurs/chercheurs respectifs tels que la façon de nommer les élèves ou le chercheur. Au besoin, les figures évoquées ont également été ajoutées pour faciliter la compréhension du lecteur.

[7] Je rappelle au lecteur que les jeux mentionnés dans le texte sont brièvement présentés dans l'annexe A.

	gagner ? »
G :	« 14 »
Chercheuse :	« Où le 14 ?
G :	« Ici »
Chercheuse :	« Est-ce qu'il y a un moyen de faire un 17 ou un 14 avec ce que tu as ? [5-3-4] »

15	Jeton	17	Jeton	Jeton	Jeton	14	Jeton

	[G regarde dans les airs pendant quelques secondes]
Chercheuse :	« Moi je vois que tu peux faire un 17. Ça veut dire que tu es capable de gagner. »
G :	« On as-tu le droit de faire des divisions ? »
Chercheuse :	« Oui. L'important c'est de cibler et de voir comment je peux y arriver. »
…	
Chercheuse :	« 17 tu es capable de l'avoir. »
Chercheuse :	« Est-ce que si tu les additionnes ça fait 17 ? »
G :	« Non »
Chercheuse :	« Qu'est-ce que tu peux faire d'autres que toutes les additionner ? »
G :	« Là j'ai 12 [en additionnant], mais 23 est plus P ? ? Que 17. »
Chercheuse :	« Alors qu'est-ce que tu peux faire ? »
…	
Chercheuse :	« Tu peux mélanger les +, — et x. »
G :	« On ne peut pas le faire avec une soustraction. »
Chercheuse :	« Tu peux en multiplier deux ensemble et en soustraire 1. »

Figure 2.1 Extrait de Tourigny (2004, p. 91-92)

Tourigny nous met donc bien sur la piste des concepts et processus mathématiques en parlant d'opérations arithmétiques[8] et de stratégies de résolution de problème [mathématiques]. En lisant attentivement l'extrait, j'observe cependant d'autres éléments intéressants en lien avec les mathématiques en jouant en classe.

Par exemple, on voit que pendant le jeu, l'élève G fait appel à des processus de calcul des opérations mentales. En effet, à partir du résultat des dés [3, 4 et 5], G fait une

[8] Les opérations arithmétiques sous-entendues par la chercheuse sont l'addition, la soustraction, la multiplication et la division.

première opération mentalement en calculant $5 + 4 + 3 = 12$ et poursuit avec une deuxième opération mentale en calculant $(5 + 4) \times 3 = 27$. Il est possible pour l'élève de recourir à un processus de calcul mental étant donné le matériel du jeu. Les dés à 6 faces font en sorte que les élèves demeurent à l'intérieur du répertoire mémorisé[9] où de ce qui est accessible par stratégie de calcul mental. L'élève est alors dans une posture d'actant en appliquant les processus mathématiques relatifs à la mécanique du jeu. Il n'est pas dans une posture d'apprenant puisqu'il ne tente pas de changer son processus de calcul.

Je note aussi que lorsque la chercheuse intervient, elle invite G à travailler avec un processus « à rebours », c'est-à-dire à chercher en quelque sorte à décomposer 14 ou 17 afin de trouver comment combiner 3, 4 et 5 de manière à les obtenir. Le processus à rebours est exigeant mathématiquement, même sous la forme réduite proposée par la chercheuse à la fin, quand elle dit à G que la phrase mathématique a la forme $A \times B - C$. Pour résoudre cette équation, G pourrait devoir considérer jusqu'à 6 possibilités [ce qui est quand même nettement moins que les 96 cas possibles de combinaisons des 3 nombres avec 4 opérations, sans compter l'utilisation de parenthèses comme le fait G]. Cependant, le recours au processus « à rebours » permet à l'élève de gagner et il est donc lié à la finalité du jeu. La chercheuse se trouve dans une posture pédagogique auprès de l'élève en tentant de lui faire utiliser un processus mathématique spécifique.

Quant au processus tel que celui de calculer mentalement [sur des nombres entiers[10] à l'aide des quatre opérations] et mis en œuvre par G en tant que joueur dans ce jeu, il pourrait facilement être remplacé par une modification des règles si, par exemple, on demandait d'utiliser la calculatrice ou s'il s'agissait de combiner des propriétés et des

[9] Le répertoire mémorisé est aussi connu comme étant les « tables ».
[10] Les nombres entiers sont des nombres positifs ou négatifs tels que -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 dont la valeur absolue est un nombre naturel.

objets géométriques afin de former des figures. En même temps, on se rend bien compte que le fait de modifier légèrement certaines règles pourrait avoir un effet plus limité [p. ex., ne donner droit qu'à l'addition et la soustraction ou permettre de mettre plusieurs jetons sur une même case ou de couvrir plusieurs cases à chaque tour].

Enfin, une particularité des processus de calculs mentaux effectués par l'élève ici réside dans le fait qu'ils impliquent de respecter le concept des priorités des opérations[11], car $(5 + 4) \times 3$ est différent de $5 + 4 \times 3$. Le concept de priorité des opérations utilisé par l'élève se trouve très lié à la mécanique du jeu qui demande ici d'opérer mentalement avec les nombres obtenus par les dés au moyen des quatre opérations en cherchant à couvrir les nombres présentés sur la planche. L'élève G est alors dans une posture d'actant en essayant de changer l'opération en fonction de ses connaissances des propriétés.

2.3.3 Raisonnements mathématiques à travers une réanalyse

Dans son mémoire, Caissie (2007) s'intéresse au jeu pour la contribution au développement de compétences mathématiques chez les élèves du premier cycle du secondaire. Cet extrait est tiré d'une interaction entre trois élèves en cours de partie.

Dans une section d'analyse réservée au jeu *Scotland Yard*, Caissie observe la présence d'un raisonnement combinatoire chez les élèves. Dans l'extrait ci-dessous, on voit les élèves énoncer l'éventail des possibilités d'emplacement de leurs adversaires dans le jeu. Cette interaction entre trois élèves illustre comment ceux-ci utilisent un raisonnement de type combinatoire pour ne pas jouer de coups inutiles. Ici, on voit le raisonnement de Vanessa après que Gabriel, le bandit, a dévoilé la position qu'il occupait au tour précédent. Vanessa examine l'éventail des possibilités

---

[11] La priorité des opérations est une convention établissant l'ordre selon lequel on doit effectuer les opérations arithmétiques dans une chaine. L'ordre que l'on doit suivre est le suivant : les opérations entre parenthèses, les exponentiations, les multiplications et les divisions [de la gauche vers la droite] et finalement les additions et les soustractions [de la gauche vers la droite].

pour trouver Gabriel depuis qu'il a pris l'autobus. Le recours au raisonnement combinatoire est important pour gagner.

Gabriel	L'autobus. [il a dévoilé sa position au tour précédent, il est à 165]
Monica	Moi je reste dans le coin ici. Faut pas que je vous suive parce qui peut être là [180]
Vanessa	Y peut être rendu là [191], y peut être rendu là [123]. Y peut être rendu là [180] [Elle énonce toutes les possibilités]
Monica	C'est ça y peut recommencer et revenir par ici. Y peut reprendre celui-là. [trajet 180-184] et revenir par ici.
Vanessa	Est-ce qu'on peut se mettre une petite affaire pour savoir où il est rendu ? [Elle sent le besoin de garder des traces pour soutenir son raisonnement]

Figure 2.2 Extrait de Caissie (2007, p. 166)

Caissie identifie bien la présence de raisonnements mathématiques. En lisant attentivement l'extrait, j'observe aussi d'autres éléments intéressants en lien avec l'activité mathématique en cours de partie dans une classe.

On peut voir la présence de raisonnements mathématiques lorsque des élèves expliquent la façon de jouer tel coup, ou de choisir qui joue le premier, et ainsi de suite. On pourrait aussi voir le fait de garder des traces d'un raisonnement, comme semble le vouloir Vanessa à la fin de l'extrait, un autre élément important du travail mathématique. Les traces ont pour fonction d'aider à exercer un certain contrôle sur l'activité mathématique en cours, permettent d'y revenir, de le valider, voire de le réutiliser afin de gagner. Les élèves sont alors dans une posture d'actants en essayant d'appliquer les raisonnements prévus aux règles du jeu. L'enseignante n'est pas présente dans le verbatim et a donc une posture de maitre de jeu.

2.3.4 Bilan : les aspects de l'activité mathématique durant une séance de jeu en classe pour expliquer ce qui se passe mathématiquement pendant que l'on joue en classe

Les réanalyses présentées dans les sections précédentes font ressortir quelques aspects de l'activité mathématique observables lorsque les enfants jouent à un jeu mathématique. On voit que l'activité mathématique dans ce contexte prend différentes formes : on fait appel aux concepts, aux processus et aux raisonnements.

Les concepts mathématiques sont des éléments importants des mathématiques que l'on nomme aussi savoirs, contenus, notions, connaissances ou objets (Legendre, 2005). On retrouve par exemple des définitions [un nombre premier[12]], des propriétés [commutativité de la multiplication[13]], des règles [la règle de priorité des opérations], des symboles [les parenthèses] et des représentations des principes [le sens partie d'un tout[14] de la fraction]. Dans l'exemple tiré du mémoire de Tourigny (2004), on retrouve le concept de priorité des opérations. Lors des réanalyses, on remarque que les élèves peuvent faire appel au concept de comptine, de la base dix et du zéro comme élément neutre[15] dans *Recettes Magiques* dont parle aussi Tourigny.

Les processus mathématiques sont des comportements que l'élève produit pour exécuter une tâche mathématique (Legendre, 2005). On peut penser à dénombrer une collection, représenter un nombre, ordonner des nombres et comparer deux fractions. Dans l'exemple tiré du mémoire de Tourigny (2004), on retrouve un processus de calcul mental et de calcul à rebours pour effectuer les différentes opérations mathématiques. Lors de mes réanalyses, j'ai aussi remarqué que les élèves peuvent

---

[12] Un nombre premier est un nombre supérieur à 1 qui comporte deux diviseurs distincts, soit 1 et lui-même.

[13] La commutativité de la multiplication est une priorité des opérations qui permet de modifier l'ordre des termes sans en changer le résultat. Par exemple 3 x 4 = 12 et 4 x 3 = 12,

[14] La fraction peut être vue comme une partie d'un tout. Le dénominateur correspond au nombre de parties égales qui divisent le tout et le numérateur correspond au nombre de parties égales utilisées

[15] L'élément neutre est un nombre qui ne modifie pas le résultat d'une opération. Pour l'addition, l'élément neutre est 0 alors que pour la multiplication l'élément neutre est 1.

avoir recours à différents processus de comptage et de dénombrement de collections dans *Le Jeu des Quilles* également de Tourigny. Les processus mathématiques semblent être très présents. En effet, on retrouve différents processus pour transformer des collections dans le jeu des *Jongleurs* de Dumais (2005). Les élèves peuvent aussi recourir à différents processus pour effectuer des opérations mathématiques, tenir compte du terme manquant dans l'addition et la soustraction, avoir recours au complément de 10 et faire appel au concept de propriétés des opérations dans l'addition et la soustraction dans le *Jeu de domino du complément de 10* (Juteau, 2007).

Les raisonnements mathématiques constituent une suite d'opérations mentales qui permet l'enchainement logique des idées (Jeannotte, 2015). On retrouve, entre autres, les raisonnements déductifs où l'élève infère une affirmation à partir des données et d'une règle, l'induction où l'élève infère une règle à partir des données et d'une affirmation l'abduction où l'élève infère des données à partir d'une affirmation et d'une règle ou infère des données et une règle qui a le potentiel d'expliquer l'affirmation. Dans l'exemple tiré du mémoire de Caissie (2007), on reconnait aussi des raisonnements déductifs et des conjectures.

Cette réanalyse des écrits aide à préciser ce qu'on peut vouloir dire quand on parle de mathématique lorsque l'on joue dans une classe. Ce sont des aspects mathématiques que j'ai repérés et dont le but est de créer des catégories signifiantes pour la suite. Le contenu des catégories n'était pas limité à ce que j'ai observé dans les réanalyses.

De façon un peu simpliste, on pourrait dire que le fait de jouer à un jeu [en lien avec les règles, la finalité, etc.] et les éléments qui caractérisent un jeu donné en classe [en lien avec le moment et les postures comme éléments de la séance une classe] impliquent des concepts, des processus et des raisonnements mathématiques. Il ne faut pas voir ceci comme une « définition » qui viendrait mettre des balises strictes, en imposant par exemple la présence des trois catégories dans un jeu. Il s'agit plutôt pour moi d'indicateurs, ce sont des points d'entrées utiles pour expliquer en quoi un jeu peut être « mathématique » et qui me semblent suffisants pour débuter une analyse de ce qui se passe mathématiquement lorsque l'on joue à un jeu en classe.

Cette description constitue une première réponse théorique à la question générale de recherche formulée au chapitre précédent. Il s'agit en même temps une sorte de *clé* d'analyse pour s'intéresser de manière spécifique à « ce qui se passe mathématiquement durant le jeu » et aller en faire l'exploration. Son utilisation potentielle sera discutée dans le chapitre suivant, consacré à la méthodologie. J'y explique aussi comment une expérimentation pourra être réalisée afin de répondre de manière plus fine à ma question générale de recherche.

2.4 Vers deux objectifs de recherche

Jusqu'à présent j'ai expliqué qu'en classe l'élève semble être en activité mathématique lorsqu'il interagit avec le jeu. La réanalyse des mémoires et des thèses a permis de faire ressortir des aspects de l'activité mathématique et des jeux en classe qui sont probablement en partie circonstanciels. Liées au fait qu'ils sont relevés à travers l'analyse de travaux réalisés par des personnes différentes, ayant par ailleurs fait des recherches qui divergent, les données rapportées par les chercheurs sont déjà « filtrées » d'une certaine manière. Il est donc certain qu'une partie importante de l'activité mathématique échappe à de telles réanalyses à au moins deux niveaux. D'une part, il n'est pas possible d'observer le caractère dynamique et de situer l'activité mathématique au cours d'une séance complète. D'autre part, il n'est pas non plus possible de discuter de l'activité mathématique de manière plus globale sur une série de séances des jeux par exemple.

Dans le cadre de cette recherche, je propose de procéder à l'observation des élèves pendant une série de séances de jeux afin de documenter l'activité mathématique qui s'y mobilise. L'attention sera portée sur l'activité mathématique [concepts, processus et raisonnements] des élèves et de l'enseignante au cours des séances. L'expérimentation et l'analyse complète de jeux avec les élèves permettront en particulier de mieux expliquer comment les divers aspects de l'activité mathématique relevés ici se manifestent à travers le jeu en classe lorsque vécus par des élèves en classe riche. Ceci m'amène à formuler les deux objectifs principaux suivants :

En tenant compte des caractéristiques formelles du jeu et des éléments d'une séance de jeu en classe, observer et expliquer les concepts, les processus et les raisonnements mathématiques qui apparaissent pendant que les élèves jouent à des jeux mathématiques en classe du primaire.

Dégager de manière précise des pistes et des questions de recherches sur l'activité mathématique en lien avec les caractéristiques formelles du jeu et les éléments d'une séance de jeu en classe

Une telle analyse permettra de mieux comprendre et évaluer le potentiel mathématique des jeux en classe du primaire à la fois à l'échelle d'une séance, et plus globalement. D'autre part, la mise en relation de ce potentiel avec les éléments caractéristiques de la classe [moments, postures] et des jeux [règles, matériel, etc.] sera un moyen de voir de manière concrète les défis, les enjeux et les possibles d'une telle approche au primaire.

Le thème des jeux mathématiques en classe du primaire étant relativement peu étudié jusqu'ici, ces observations devraient être particulièrement utiles à la formulation de pistes et de questions de recherches plus précises. De telles orientations seront utiles pour la recherche future, mais demandent une approche méthodologique particulièrement ouverte. C'est ce dont il sera question dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE III

DEVIS MÉTHODOLOGIQUE

Dans le chapitre précédent, j'ai formulé les objectifs suivants : expliquer l'activité mathématique [concepts, processus et raisonnements] lors de jeux en classe au primaire en observant comment les divers aspects d'un jeu [règles, mécanique, finalité, joueurs, etc.] et les éléments d'une classe [moments, posture des élèves, posture de l'enseignante] fonctionnent ensemble et dégager de manière précise des pistes et des questions de recherche. Dans ce chapitre, je présente l'approche méthodologique que j'adopte et j'explique la collecte et l'analyse des données de l'étude. Cette partie comprend aussi une présentation des cinq jeux de même qu'une analyse *à priori*.

3.1 La recherche exploratoire

L'approche qualitative de recherche retenue pour ce projet est liée à un manque d'informations dans les écrits scientifiques par rapport à ce qui se passe mathématiquement pendant que les élèves jouent à un jeu mathématique en classe. L'approche de recherche exploratoire permet de circonscrire cet objet de recherche, de définir des avenues théoriques, d'identifier une méthode de recherche appropriée en plus de présenter de nouvelles pistes de recherche (Stebbins, 2001). L'approche de recherche exploratoire étant peu connue, je commence par l'introduire et ensuite je présente ces critères de scientificité.

3.1.1 Présentation de la recherche exploratoire

La recherche exploratoire est une approche de recherche qualitative utilisée lorsqu'un sujet a été peu étudié, lorsqu'un sujet a été largement examiné en utilisant des recherches plus confirmatoires ou lorsqu'un sujet a tellement changé qu'il demande à être exploré sur la base de nouveaux éléments (Stebbins, 2001; Trudel *et al.*, 2006). Selon moi, la recherche exploratoire convient bien à l'étude de ce qui se passe mathématiquement pendant que les élèves jouent à un jeu mathématique en classe comme détaillé dans la problématique.

Selon Stebbins (2001), les visées de l'approche de recherche exploratoire sont de générer le plus de connaissances possible sur des phénomènes inconnus. Ces connaissances qui sont produites sont nombreuses et peuvent être variées selon le sujet : des faits descriptifs, des concepts traditionnels, des artefacts culturels, des arrangements structurels, des processus, des croyances et des systèmes de croyances. Pour cette recherche, j'ai fait le choix d'observer et d'expliquer l'activité mathématique des élèves et de dégager de manière préciser des futures pistes de recherches.

Comme l'ordre du jour d'une réunion, explique Stebbins (2001), la recherche exploratoire comporte donc une certaine structure. En effet, il existe selon lui trois aspects pour déterminer s'il s'agit d'une recherche exploratoire : il faut s'appuyer dans une certaine mesure sur des aspects théoriques, il faut élaborer d'une certaine façon de nouveaux concepts et il faut s'informer sur l'objet d'étude. On reconnait ces aspects dans mon projet de recherche : le chapitre 1 fait état d'un certain examen du phénomène. Le deuxième chapitre présente un cadre conceptuel et une amorce de conceptualisations nouvelles [concernant ce en quoi consiste l'activité mathématique lorsque l'on joue en classe]. L'étape suivante consiste à effectuer des observations en classe, ce qui permettra de générer de nouvelles questions de recherche.

Pour expliquer ce qu'est la recherche exploratoire, Stebbins (2001) emploie la métaphore de la « préparation et réalisation d'un ordre du jour pour une réunion ». Les ordres du jour sont normalement établis avant la réunion et se composent d'un certain nombre de points à considérer un peu comme le sont les cadres théoriques et conceptuels en recherche. Ainsi, dans ce projet de recherche, j'ai présenté dans le cadre conceptuel de l'activité mathématique possible [concepts, processus et raisonnements] lors de jeux en classe au primaire de même que les divers aspects d'un jeu [règles, mécanique, finalité, joueurs, etc.] et les éléments d'une classe [moments, posture des élèves, posture de l'enseignante]. On retrouve aussi, à la fin d'un ordre du jour, un point appelé *varia*, qui fait place à des idées qui n'auraient pas été pensées lors de la rédaction de l'ordre du jour. Dans ce projet doctoral, cela signifie que de nouvelles idées pourraient être générées au fil des observations, surtout en ce qui a trait l'activité mathématique. Certains s'arrimeront au cadre conceptuel présenté au chapitre 2, d'autres seront de nouvelles idées générées.

3.1.2 Comparaison de la recherche exploratoire avec d'autres approches de recherches qualitatives

La recherche exploratoire est un mélange de plusieurs approches méthodologiques connues. Pour Stebbins (2001), on reconnait la recherche exploratoire pour son ouverture d'esprit par rapport aux manières de collecter des données et de les analyser. On trouve donc nombre de similarités avec d'autres approches, tant pour le but que pour le centre d'intérêt, la méthode de collecte de données ou le processus d'analyse. Un des éléments qui rend l'approche de recherche exploratoire unique, en plus de son côté délibérément bricolé, est son orientation vers la génération [inductive] de nouvelles idées (Stebbins, 2001). Je tiens compte de ceci dans cette recherche en empruntant certains éléments de diverses approches de recherches qualitatives.

La théorisation enracinée est une approche de recherche qualitative qui a pour but de découvrir le processus social présent dans les interactions humaines et de comprendre comment les comportements reflètent la culture du groupe (Fortin et Gagnon, 2016). Issue de la sociologie et de l'interactionnisme symbolique, la théorisation enracinée, tout comme la recherche exploratoire, a un intérêt pour les interactions des phénomènes observés (Paillé, 1994). Il s'agit d'ailleurs d'un élément qui colle bien à ce projet, dans lequel je porte attention aux interactions que les élèves ont entre eux et avec l'enseignante lors de la séance de jeu. L'intérêt pour les interactions entre les élèves, l'enseignante, mais aussi pour le jeu en soi devrait permettre la formulation de questions de recherches potentielles.

Un autre point en commun entre la théorisation enracinée et la recherche exploratoire est leur nature inductive (Guillemette, 2006). En élaborant un cadre conceptuel, comme préconisé dans l'approche de théorisation enracinée, je pourrai ainsi produire un premier éclairage de la situation du jeu mathématique en classe du primaire. De plus, je m'immergerai dans le contexte (Glaser, 1998), en l'occurrence une classe qui joue à un jeu, en étant une observatrice participante. Je pourrai ainsi intervenir au besoin et cela pourrait permettre de creuser certains « points d'accès » sur le phénomène.

L'ethnographie est une approche méthodologique qualitative qui est issue de l'anthropologie ayant pour but de décrire le système culturel ou social qui explique le comportement des personnes pour comprendre comment les comportements reflètent la culture d'un groupe (Fortin et Gagnon, 2016). On trouve dans la recherche exploratoire, comme c'est le cas en ethnographie, un intérêt pour les observations d'un milieu naturel particulier (Leininger, 1985). Dans ce projet, j'observe des élèves en train de jouer en classe et en présence de leur enseignante, ce qui constitue un milieu naturel. J'adopte différentes postures d'observatrice parfois non participante et je vais même jusqu'à prendre part aux jeux comme une adversaire. L'observation en milieu naturel pourra permettre de formuler des questions de recherches potentielles concernant notamment l'activité mathématique liée à des éléments de la classe.

Ensuite, l'étude de cas est une approche de recherche qui a pour but d'examiner en détail un ou plusieurs cas sur une période donnée afin de comprendre une personne [ou un petit groupe] en profondeur (Fortin et Gagnon, 2016). Sans surprise, on encourage en recherche exploratoire la sélection de cas particuliers comme on le voit dans l'étude de cas de Creswell (2013). Dans ce projet, je me suis concentrée sur un nombre limité de « cas », une classe pour être exacte, dans le but de décrire plus en profondeur. On se rend bien compte avec les verbatims présentés au chapitre 2 qu'une analyse particulière concernant ce qui se passe mathématiquement pendant que les élèves jouent ne pourrait réalistement être envisagée, comme c'est le cas dans le cadre de ce projet de recherche, auprès d'une large population. C'est pour cela que j'observe cinq jeux différents, mais dans une seule classe. Cela permettra aussi de produire éventuellement quelques pistes de recherches potentielles.

La phénoménologie, issue de la philosophie existentialiste, est une approche méthodologique de recherche qui a pour but de décrire une expérience sous l'angle des personnes qui la vivent afin de comprendre l'expérience telle qu'elle est vécue par le participant (Fortin et Gagnon, 2016). Tout comme dans la phénoménologie, je fais aussi le choix d'examiner de manière détaillée des moments riches, ce qui convient bien à ce que propose de Giorgi (1997) par exemple, quand il parle de description phénoménologique. Cette recherche comprend donc une partie descriptive des moments où l'on présente de l'activité mathématique.

Les études descriptives qualitatives ont pour objectif de fournir un résumé compréhensif d'un évènement ou d'une situation et de décrire simplement un phénomène, une situation ou un évènement (Fortin et Gagnon, 2016). J'emprunte aux études descriptives qualitatives dans le cadre de cette recherche exploratoire l'analyse de contenu telle que présentée par Sandelowski (2000) pour l'étude d'un phénomène peu connu. Comme il est fait état dans le chapitre 2, l'activité mathématique pendant que l'on joue en classe n'a pas, à ma connaissance, fait l'objet de recherche et fait donc l'objet aussi de description dans cette étude doctorale. Quant à l'analyse de contenu, elle sera présentée plus en détail dans la sous-section portant sur le traitement des données de recherches.

Enfin, il est essentiel de souligner que la recherche exploratoire représente, comme l'explique Stebbins (2001), bien plus qu'une approche méthodologique : c'est un état d'esprit, une orientation personnelle qui occupe la conscience quotidienne du chercheur tout au long du processus et qui s'appuie sur le fait que le chercheur est constamment « en recherche ». La recherche exploratoire voit dans les « aléas » de toute démarche de recherche quelque chose de positif qu'il s'agit d'embrasser, plutôt que de voir comme des aléas, justement. On se lance en recherche exploratoire avec beaucoup d'ouverture, une curiosité toujours aux aguets, prête à saisir les occasions et les idées qui se présentent, à en examiner le potentiel et à revenir sur ces pas. Ainsi, le chapitre précédent dans lequel je présente mon cadre conceptuel est le résultat d'une longue démarche qui dépasse de loin la recension des écrits. La première ébauche a été écrite il y a plus de trois ans, de larges sections se sont ajoutées et d'autres ont été retirées au fil des réflexions, des lectures, mais aussi des observations faites en classe dans le courant de ma pratique et des communications réalisées autour de mon travail de recherche. En revanche, une telle souplesse exige une certaine forme de rigueur. Le tableau 3.1 présente en gris les éléments ayant été retenus de chaque approche pour ce projet de recherche.

Tableau 3.1 Tableau synthèse de comparaison entre la recherche exploratoire et cinq approches de recherche qualitative

	Centre d'intérêt	Méthode de collecte de données	Présentation des résultats	Processus d'analyse
Théorisation enracinée	Un processus incluant des actions et des interactions humaines et la façon dont elles s'influencent les unes les autres.	Entrevues et toutes les autres sources de données pertinentes Échantillonnage théorique	Élaboration de nouvelles théories dans les domaines étudiés.	Codage des manifestations en catégories conceptuelles ensuite des relations entre les catégories et intégration des catégories et des thèmes
Ethnographie	Un milieu naturel particulier dans lequel un groupe de personnes partage une culture commune.	Observations participantes Entrevues non dirigées et semi-dirigées Documents divers	Description dense et détaillée d'un groupe ou d'un milieu culturel	Interprétation explicite des significations et des fonctions humaines.
Étude de cas	Un ou plusieurs cas à l'intérieur de leur milieu naturel	Observations Entrevues Documents écrits pertinents ou matériel audiovisuel	Description détaillée du cas et de son milieu ou de plusieurs cas.	Analyse de contenu
Phénoménologie	Un phénomène particulier tel qu'il est vécu et perçu par les êtres humains.	Entrevues en profondeur non dirigées et semi-dirigées. Échantillonnage par choix raisonné de 5 à 20 personnes.	Description approfondie de l'essence de l'expérience humaine	Comparaison des données émergentes avec celles existantes.
Étude descriptive qualitative	Un milieu naturel dans lequel on cherche à découvrir le qui, le quoi et le lieu d'une expérience ou d'un évènement	Description qualitative sommaire des données organisées autour d'un thème ciblé	Description qualitative des données sur un thème ciblé	Analyse de contenu

En somme, comme illustré au tableau 3.1, on remarque que l'opérationnalisation de la recherche exploratoire pour ce projet présente des similitudes avec la théorisation enracinée dans le centre d'intérêt [observations des interactions entre les élèves ainsi qu'avec l'enseignante]; avec l'ethnographie ainsi que l'étude de cas dans le choix de la méthode de collecte de données [observations] et la présentation et l'analyse des résultats [voir section 3.10]; avec la phénoménologie et l'étude descriptive qualitative pour le centre d'intérêt, mais surtout la présentation et l'analyse des résultats aussi [voir section 3.10]. Je propose de conclure cette présentation de la recherche exploratoire par une brève discussion de ce qui constitue des critères de scientificité.

3.1.3 Les critères de scientificité de la recherche exploratoire

Les critères de validité en recherche exploratoire ne représentent pas une préoccupation aussi forte que dans d'autres approches de recherches qualitatives, même si ses visées sont différentes, peut-être moins ambitieuses d'un certain point de vue. Les travaux de Kuhn (1962) et Bakker (1995) sur les paradigmes soulèvent l'idée du problème de la non-pertinence des critères de validité d'un paradigme à un autre. À titre d'exemple, les notions traditionnelles, comme celle de la « vérité », sont interrogées et sont souvent considérées comme non pertinentes dans les paradigmes de recherche postmodernes en didactique des mathématiques (Proulx, 2015) dont la recherche exploratoire serait un exemple. Les chercheurs qui adoptent la recherche exploratoire réfèrent à une vision globale quant aux critères de scientificité de leurs recherches (Stebbins, 2001).

Proulx (2015) explique que dans le paradigme postmoderne, les critères scientifiques issus de l'épistémologie positiviste/objectiviste ne doivent pas être remplacés, améliorés ou reformulés. Ils apparaissent simplement comme non pertinents. Proulx (2015) propose donc que soient mis en place de nouveaux critères, l'aspect le plus important d'une étude étant son degré de générativité du point de vue des idées, c'est-à-dire les idées et les distinctions qu'elle génère. La générativité peut être considérée comme la mesure dans laquelle une étude engendre de nouveaux objets de recherche et des méthodologies des alternatives (Valero et Vithal, 1998). Du point de vue de la générativité, l'intention du chercheur est de saisir de nouvelles occasions de compréhension, de nouvelles entrées et avenues en profitant des évènements [en partie imprévus] qui se produisent au cours de la recherche (Proulx, 2015). La générativité dépend aussi selon Proulx (2015) du chercheur qui perçoit les idées générées.

Ce point de vue s'arrime bien avec la recherche exploratoire, où il serait en effet peu approprié de parler de la notion de généralisabilité, qui est liée à une validité externe. Comme la réponse à une question de recherche exploratoire n'est pas de nature évaluative ou explicative, on ne peut avoir recours aux mêmes critères de scientificité. Les pistes et les questions de recherches générées doivent être aussi transférables (Kemp, 2012). Ceci implique que dans mon projet de recherche, les observations doivent être suffisamment riches et intéressantes pour générer de nouvelles idées et distinctions, de nouvelles questions de recherche et possiblement, des manières nouvelles de s'intéresser au phénomène pour de futures recherches. C'est entre autres pour cela que la générativité répond bien aux besoins de la recherche exploratoire. Cette générative permet de concevoir ce projet en se centrant sur les possibles et se tournant ainsi vers le futur plutôt que sur un état fixe à un moment donné.

Pour assurer la rigueur des questions et pistes de recherches générées, il faut qu'elles soient liées à plusieurs concepts mis de l'avant dans la recherche de même qu'aux données qui ont été collectées (Proulx, 2015). Cela signifie que pour ce projet, les questions devront porter sur les caractéristiques formelles d'un jeu, les éléments d'une séance de jeu en classe de même que les aspects mathématiques. De plus, des questions et pistes de recherches pourraient aussi être soulevées au sujet d'autres parties de la recherche comme l'ajout de concepts théoriques, la proposition d'un nouveau devis méthodologique et même une nouvelle proposition de collecte de données (Proulx, 2015). La rigueur dans la démarche pour générer des pistes et des questions de recherche passe aussi par une réflexion sur la nature de ce qui est produit durant cette recherche (Proulx, 2015). J'effectue cette réflexion sur la nature, l'origine, les résonances et les ramifications des manières de voir développées dans le courant de la recherche que je présente en conclusion à travers un travail de nature épistémologique.

3.2 Le contexte de la recherche

La collecte de données pour cette étude a eu lieu au cours de l'année scolaire 2018-2019 dans une école primaire québécoise. J'ai retenu seulement une enseignante afin de pouvoir aller observer le même groupe d'élèves jouant à plusieurs occasions. Je crois que je dispose ainsi de données plus riches, car j'évite ainsi au fil des séances l'effet de nouveauté de l'approche par le jeu, de ma présence et des caméras. Le seul critère que j'ai utilisé pour sélectionner l'enseignante est qu'elle manifestait un intérêt pour les jeux mathématiques en classe, puisque je voulais sa collaboration dans le choix des jeux et durant la séance. Le choix de l'enseignante s'est donc fait « par convenance » (Fortin et Gagnon, 2016) puisque j'ai choisi une enseignante qui désirait collaborer avec moi [la sollicitation s'est faite suivant les règles imposées par la commission scolaire visée et le comité d'éthique voir annexes C à G].

J'ai observé des élèves de 5e année d'une école de milieu favorisé en Montérégie (MEQ, 2019a). Le nombre d'élèves qui a été observé a été déterminé par le nombre d'élèves du groupe [24, quelques absents à l'occasion]. Il s'agit d'une classe régulière assez « ordinaire » parmi laquelle on retrouve un élève qui a un trouble du spectre de l'autisme, certains qui ont un trouble d'attention avec ou sans hyperactivité et d'autres qui sont dyslexiques. Étant donné que c'est l'activité mathématique qui m'intéresse, je n'ai pas demandé à l'enseignante de me divulguer cette information confidentielle. On ne peut donc pas savoir dans les observations si l'élève présente des difficultés d'apprentissage. Afin de garantir un nombre suffisant d'observations [ici : de comportements et stratégies mathématiques en contexte de jeu], Stebbin (2001) donne comme règle d'essayer d'observer ou d'interroger 30 personnes pour la situation étudiée parce qu'il est important de permettre l'émergence d'aspects et de sous-catégories importants pour l'étude. De ce point de vue, il me semble suffisant de réaliser l'étude avec un groupe classe de cinq séances, donc environ 120 observations [mon attention portant sur l'activité mathématique des élèves le composant]. Ainsi, il n'y a pas de sélection des élèves puisque j'ai observé tous les élèves qui acceptaient de participer au projet de recherche dans la classe de l'enseignante et qui étaient présents lors des séances de jeu. Il n'aurait pas été très éthique d'en mettre de côté. L'échantillon est donc aussi formé « par convenance » puisque j'ai uniquement pris les élèves du groupe de l'enseignante avec laquelle j'ai collaboré.

3.3 Le choix, la conception et la modification des jeux

Le choix des jeux a été fait avec l'enseignante qui participait au projet de recherche, et donc en fonction du niveau des élèves et de ce qu'elle désirait aborder. Chaque jeu a fait l'objet d'une analyse *à priori* sous au moins trois angles. D'une part, j'ai examiné la mesure dans laquelle le jeu semble présenter un bon nombre de caractéristiques formelles du jeu présentées dans le cadre conceptuel [p. ex. : règles, finalité, enjeu, etc.]. Ensuite, j'ai considéré les éléments particuliers de la classe [p. ex. : moments, posture de l'enseignante, posture de l'élève]. D'autre part, une analyse a été réalisée concernant le potentiel du jeu de point de vue de l'activité mathématique. Je cherchais en particulier à identifier quels concepts, processus et raisonnements pouvaient intervenir. Les jeux sont un outil méthodologique pour générer de l'activité mathématique et ils n'ont pas été choisis afin de s'arrimer spécifiquement à la *Progression des apprentissages* (2009), mais plutôt parce qu'ils étaient pertinents pour les besoins des élèves et les intérêts de l'enseignante. Les analyses *à priori* de chaque jeu se trouvent dans la prochaine sous-section.

Les jeux mathématiques retenus ont été soit conçus pour les besoins de cette recherche [*Trois pour moi, Faisons la paire et Supers Mineurs*] soit adaptés parmi des jeux existants [*Otrio et Casse-têtes de fractions*]. La conception des trois jeux s'est faite afin que les contenus mathématiques s'harmonisent avec le *Programme de formation de l'école québécoise* (2001), la *Progression des apprentissages* (2009) et là où l'enseignante en était rendue dans son plan d'apprentissage pour ses élèves. Malgré une recherche exhaustive, les jeux déjà disponibles ne convenaient souvent pas pour des élèves de cinquième année quant aux aspects mathématiques et ludiques. J'ai donc dû procéder à la création de trois jeux. À noter que la création des jeux pourrait constituer l'objet d'une recherche en soi, en s'appuyant sur les travaux de la recherche *design* en éducation par exemple. Cependant, étant donné que ce n'est pas un des objectifs de cette recherche, je m'en tiens donc à une description sommaire du processus de conception.

3.3.1 Explications de l'analyse *à priori*

Quant à l'analyse *à priori*, j'ai réalisé une analyse sommaire des jeux pour préparer à l'observation comme présentée par Mercier et Salin (1988). D'ailleurs, ils mentionnent que l'analyse *à priori* est un moyen de prévoir des phénomènes dans la préparation de l'enseignant. C'est pour cela que les analyses *à priori* des cinq jeux n'ont pas pour but de valider le potentiel mathématique des jeux choisis, mais plutôt d'apporter un premier éclairage sur ce qui pourrait se passer durant le jeu, et de générer après des questions pour la recherche à ce propos. Certaines questions seront évidemment en lien avec l'analyse *à priori* du point de vue des aspects mathématiques versus la réalisation en classe, mais d'autres seront plus en lien avec les caractéristiques formelles des jeux, ou des éléments de la classe. Dans cette recherche, l'analyse *à priori* a pour fonction de mettre la table pour pouvoir effectuer des observations intéressantes, en visant plus large que ce qu'une étude en matière d'analyse *à priori* vise en général, mais aussi naturellement un peu moins profonde. Mercier et Salin (1988) soulignent que l'analyse *à priori* explicite la relation de l'intention didactique à la situation d'apprentissage, en l'occurrence ici le jeu. Dans cette recherche, l'analyse *à priori* comprend des analyses préalables à l'observation liées aux caractéristiques du jeu et aux éléments en classe, et pour les aspects didactiques, on se limite à ceux qui sont liés à l'intention didactique formulée par l'enseignante. De plus, ce type d'analyse *à priori*, qui n'est pas l'approche dominante, convient bien à la recherche exploratoire puisqu'elle permettra avec l'analyse *à postériori* [voir chapitre 4] de générer des pistes et des questions de recherche [voir chapitre 5.]

3.4 Conception et analyse *à priori* du jeu 1 : *Trois pour moi*

Trois pour moi est le premier jeu que j'ai conçu pour cette classe de cinquième année. La première séance étant prévue tôt au début de l'année [fin septembre], le contenu mathématique du jeu se devait, selon l'enseignante, d'avoir déjà été vu par les élèves étant donné que la première séance de jeu comporterait beaucoup d'éléments de nouveautés [chercheuse, caméras pour enregistrer]. Nous avons donc convenu que les processus de calcul des produits de multiplication seraient l'aspect mathématique idéal.

3.4.1 La conception du jeu 1 : *Trois pour moi*

Ne trouvant pas de jeux où l'élève doit mobiliser des processus de calcul des produits de multiplication pour gagner, j'ai décidé de créer le jeu *Trois pour moi* pour répondre à cette intention pédagogique de l'enseignante. Je me suis inspirée à la fois de jeux où l'on doit rouler des dés et calculer le produit de même que de plateaux de jeu où l'on doit aligner des jetons pour gagner comme au tic-tac-toe.

Pour ce qui est des dés, je désirais au départ en avoir à 10 faces numérotées de 1 à 10 pour m’arrimer à la *Progression des apprentissages* (2009). Malheureusement, je n’en ai pas trouvé en quantité suffisante dans les magasins de matériel didactique en début d’année scolaire. Je devais composer avec un délai très court entre le moment où j’ai recruté l’enseignante, le moment où j’ai obtenu le consentement des parents [et des enfants] et le début de la collecte de donnée. J’ai donc opté pour deux dés à 12 faces.

Quant au plateau de jeu, il a été construit comme une table de Pythagore. Cela faisait ainsi penser à une organisation comme celle que l’on retrouve sur les cartes de bingo. J’ai brièvement envisagé de mélanger les nombres sur les cases, mais je n’y voyais aucun avantage et je me questionnais beaucoup sur la façon dont je mélangerais les nombres. La taille des cases du plateau de jeu a été ajustée pour que l’on puisse y déposer les jetons sans empiéter sur les autres cases.

Le jeu a été mis à l’essai quelques fois pour peaufiner la rédaction des règles. Déjà, malgré le fait que nous étions souvent des adultes à y jouer, des processus mathématiques différents étaient utilisés par les joueurs. Cela laissait donc présager qu’il pourrait y en avoir plusieurs chez les élèves.

J’ai ensuite préparé une vidéo[16] pour présenter les règles du jeu aux élèves lors de la séance de jeu. Une version du plateau de jeu compatible avec le tableau blanc numérique a été également conçue puisque le jeu allait se jouer collectivement. L’enseignante s’est quand même vu remettre les plateaux de jeux, dés et jetons pour que les élèves puissent y jouer après ma visite.

[16] La vidéo peut être visionnée au lien suivant : https://youtu.be/TxGNGxbLpfs

3.4.2 Les caractéristiques formelles du jeu 1 : *Trois pour moi*

Le jeu *Trois pour moi* (Héroux, 2018b) est constitué d'un plateau de jeu [voir Annexe B], de deux dés à 12 faces ainsi que de jetons de couleurs différentes pour chaque joueur. Ce jeu se joue à deux, trois ou quatre joueurs.

Pour débuter, chaque joueur lance un dé et celui qui obtient le plus grand nombre commence la partie. Ensuite, le joueur qui commence lance les deux dés [p. ex. : 6 et 4], puis il multiplie les nombres obtenus afin de découvrir les cases sur lesquelles il pourra déposer son jeton. Il peut utiliser le processus de son choix, par contre la calculatrice n'est pas autorisée. Le joueur doit ensuite choisir la case [libre] où il dépose son jeton [p. ex., il y a six choix pour le 6 x 4 = 24 dans la figure 3.1 puisque l'on peut aussi déposer le jeton à l'intersection de 4 x 6, 3 x 8, 8 x 3, 2 x 12 et 12 x 2]. Si un joueur ne donne pas la bonne réponse au produit de la multiplication, il ne peut pas déposer son jeton et c'est au tour du prochain joueur.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132
12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144

Figure 3.1 La planche du jeu *Trois pour moi* avec en gris les six cases possibles du produit 24.

Le gagnant est le premier joueur qui parvient à aligner horizontalement, verticalement ou diagonalement trois jetons. Les joueurs doivent donc choisir leur case de manière à maximiser leurs chances de former un alignement ou de telle sorte que ce soit moins probable pour les autres joueurs.

3.4.3 Les éléments de la classe du jeu 1 : *Trois pour moi*

J'ai choisi d'effectuer la présentation du jeu *Trois pour moi* par vidéo afin de pouvoir présenter rapidement les règles de déroulement et se mettre tôt dans le jeu comme tel. Les élèves pourront ensuite poser des questions.

Selon leur durée des parties, deux ou trois parties collectives pourront être jouées. La première partie sera jouée collectivement avec les élèves et l'enseignante [comme « chef d'équipe »] et moi de l'autre. Pour la deuxième et la troisième partie, la classe sera divisée en deux équipes : une moitié avec l'enseignante comme chef d'équipe et l'autre moitié avec moi.

Pour conclure la séance, l'enseignante et moi ferons un retour avec les élèves. Nous leur poserons des questions sur les différents processus mathématiques qui ont été utilisés au cours du jeu et sur les stratégies pour déposer leur jeton.

Lors de la présentation du jeu via la vidéo et la période de questions qui en découle, l'enseignante et moi nous trouverons dans une posture de maitres de jeu. Ensuite, au cours des parties, étant donné que je serai l'adversaire des élèves et que l'enseignante sera leur chef d'équipe, nous serons au départ dans une posture de joueuses. Il se pourrait que la posture change en cours de partie selon les interventions qui seront faites.

Comme il avait été convenu avec l'enseignante que les élèves connaissaient déjà les processus de calcul des produits de multiplication, on peut donc s'attendre à ce que les élèves soient principalement dans une posture de joueurs. Toutefois, il est possible que la posture de l'élève change au cours de parties ou au fil de la séance.

3.4.4 Les aspects mathématiques du jeu 1 : *Trois pour moi*

L'objectif du jeu est de travailler différents processus pour calculer le produit[17] des multiplications de 1 x 1 à 12 x 12. Par exemple, un élève pourrait faire appel à son répertoire mémorisé des multiplications, recourir à une technique de calcul mental, utiliser une technique basée sur les doigts ou même recourir à la propriété de l'élément neutre de la multiplication pour les produits impliquant 1. On remarque par ailleurs que, dans cette version du jeu, les produits des multiplications sont placés sur

[17] Le produit est le résultat d'une opération de multiplication.

la planche selon la table de Pythagore[18] : le jeu offre donc lui-même un certain processus aux élèves [p. ex. : à l'intersection de la ligne du 6 et de la colonne du 4, on trouve le produit de 6 x 4].

3.5 Conception et analyse *à priori* du jeu 2 : *Faisons la paire*

La deuxième séance de jeu a été réalisée au début du mois de novembre 2018. Le contenu mathématique prévu par l'enseignante à ce moment-là de l'année [les propriétés des nombres] est souvent abordé avec des exercices papier-crayon et de manière traditionnelle. J'ai alors convenu avec l'enseignante que le deuxième jeu aborderait ce contenu mathématique. J'ai préalablement vérifié auprès de l'enseignante, et à sa connaissance ces élèves ne connaissent pas encore les nombres triangulaires qui sont inscrits dans la *Progression des apprentissages* (2009) en cinquième année ni le processus de l'arrangement spatial pour déterminer les propriétés des nombres.

3.5.1 La conception du jeu 2 : *Faisons la paire*

Le jeu *Faisons la paire* a donc été développé pour aborder le concept mathématique des propriétés des nombres [pair/impair, premier/composé, carré et triangulaire] tout en y présentant un nouveau processus aux élèves, celui de l'arrangement spatial. Je n'ai jamais encore rencontré de jeu qui aborde les propriétés des nombres dans sa mécanique, il m'a donc fallu en concevoir un.

Je me suis inspirée du principe du jeu de mémoire pour concevoir *Faisons la paire*. Je trouvais intéressant que les élèves doivent associer deux cartes selon une propriété des nombres communes. Les cinquante cartes ont été choisies pour inclure tous les nombres triangulaires, carrés et premiers et cinq nombres composés présentant

---

[18] La table de Pythagore est un tableau qui permet de trouver le produit de deux nombres, car il se trouve dans la case à l'intersection de la colonne et de la ligne.

plusieurs critères de divisibilité. Cinquante cartes me semblent aussi une quantité idéale compte tenu de l'espace possible pour jouer sur les tables de travail des élèves. La taille des cartes a donc dû être pensée afin de pouvoir à la fois bien se manipuler, mais aussi pouvoir tenir au complet sur une surface restreinte qu'est le bureau d'un élève.

Tout comme pour la conception du premier jeu, des mises à l'essai préliminaires avant la séance ont permis d'effectuer la rédaction des règles, mais aussi de faire des ajustements. Les premières parties entre adultes étaient bien silencieuses et je n'avais pas l'impression que je pourrais observer de l'activité mathématique. J'ai donc décidé d'ajouter un outil pour que les élèves puissent essayer de trouver les propriétés des nombres. Il est composé de papier pointé quadrillé, de papier pointé triangulaire ainsi que d'un espace blanc. Ces mises à l'essai ont permis aussi de rédiger les règlements.

3.5.2 Les caractéristiques formelles du jeu 2 : *Faisons la paire*

Le jeu *Faisons la paire* (Héroux, 2018a) est un jeu composé de 50 cartes avec des nombres situés entre 1 et 100 [voir Annexe C], d'une feuille de pointage [voir Annexe D] et d'une feuille de papier pointé [voir Annexe E].

Pour commencer, les joueurs disposent les cartes à l'endroit sur une surface plane. Ils doivent ensuite faire des paires de nombres suivant certaines propriétés de ceux-ci. Les paires pouvant être formées de nombres triangulaires[19] [1, 3, 6, 10, 15, 21, 28, 36, 45, 55, 66, 78 et 91], carrés[20] [1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81 et 100], premiers[21] [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89 et 97]

---

19 Un nombre triangulaire est un nombre pouvant être représenté par des points disposés en forme de triangule régulier imbriqués.

20 Un nombre carré est un nombre pouvant s'exprimer sous la forme n^2 et pouvant être représenté par des points disposés en forme de carré.

21 Un nombre premier est un nombre supérieur à 1 qui a exactement deux diviseurs naturels distincs.

ou composés[22] [4, 6, 10, 16, 24, 28, 36, 48, 60, 64, 66, 72, 78, 84, 100]. Chaque fois qu'un joueur fait une paire, il inscrit les points sur la feuille de pointage : une paire de nombres composés ou facteurs[23] de vaut un point, une paire de nombres premiers vaut deux points, une paire de nombres carrés vaut trois points et une paire de nombres triangulaires vaut quatre points. Par exemple, un joueur pourrait choisir les cartes 1 et 16. Cette paire est formée par deux nombres carrés, ce qui vaut trois points. Si un joueur fait une paire erronée, il ne peut pas inscrire de points et c'est au tour du joueur suivant. Au besoin, un adversaire peut demander au joueur d'expliquer sa paire en utilisant le papier pointé.

Pour gagner le jeu, les joueurs doivent faire le plus de points possible.

3.5.3 Les éléments de la classe du jeu 2 : *Faisons la paire*

Ce jeu sera présenté aux élèves à l'aide d'une image fixe du matériel au tableau afin d'en faire la démonstration. Au lieu de faire lire les règles du jeu par les élèves, la présentation sera faite oralement, ce qui permettra aux élèves de poser leurs questions au fur et à mesure, surtout qu'ils n'ont pas vu certains aspects mathématiques du jeu [arrangement spatial des nombres et nombres triangulaires]. La présentation du jeu sera effectuée de façon volontairement différente par rapport au premier jeu.

Ensuite, pour jouer, les élèves seront regroupés en équipes de quatre. Chaque élève devra collaborer au sein d'une équipe pour faire le plus de points possible. La compétition se trouvera à l'échelle de la classe puisque l'équipe gagnante sera celle avec le plus de points. Le choix de faire jouer les élèves en six équipes est voulu afin d'être différent avec le premier jeu. Au cours de la première partie, les 50 cartes seront ouvertes sur la table afin que les élèves puissent choisir les paires. Si les élèves forment les paires les plus « payantes », ils pourront accumuler un maximum de 63

[22] Un nombre composé est un nombre qui a trois diviseurs positifs ou plus.
[23] Un facteur d'un nombre est un élément qui intervient dans une multiplication.

points. Quant à la deuxième partie, seulement 25 cartes seront ouvertes et les 25 autres seront regroupées dans une pioche[24]. Les élèves devront alors faire les paires qui permettent de faire le plus de points à partir de la carte supérieure de la pioche. Dans cette deuxième partie, au lieu de partir des propriétés pour faire des paires de nombres, ils devront partir des nombres et dégager les propriétés.

Après chacune des deux parties, nous collecterons les feuilles de pointage et vérifierons les paires. Nous demanderons aux équipes gagnantes ce qu'elles ont fait justement pour gagner.

Au début de la séance de jeu, l'enseignante et moi nous trouverons dans une posture pédagogique puisque nous désirons présenter certaines propriétés des nombres et certains processus pour la première fois aux élèves. En cours de partie, nous serons maitres de jeu puisque nous circulerons entre les différentes équipes.

Étant donné que les élèves n'ont pas encore vu le concept de nombres triangulaires ni le processus d'arrangement spatial, je m'attends à ce qu'ils soient dans une posture d'élèves au cours de ce jeu. Il est donc fort possible que les élèves posent des questions en cours de partie.

3.5.4 Les aspects mathématiques du jeu 2 : *Faisons la paire*

Ce jeu fait appel aux concepts de nombres triangulaires, carrés, premiers et composés étant donné que les nombres choisis pour les cartes ont ces propriétés. Le concept de facteur est également présent puisque les élèves peuvent associer deux cartes qui ont un facteur commun [p. ex. : 4 et 6 puisqu'ils sont tous les deux facteurs de 24]. L'intention didactique derrière le choix de ce jeu est que les élèves pratiquent ou renforcent sur leurs connaissances des nombres carrés, premiers et composés [en

[24] Une pioche est un tas de cartes qui restent après la distribution de celles-ci, dans lequel on peut puiser.

considérant différents facteurs[25] et pas seulement les nombres pairs[26]]. Au moment où le jeu a été vécu en classe, les élèves avaient donc déjà, dans leur parcours, rencontré ces notions : il s'agissait ici de les mettre en œuvre. D'autre part, ce jeu a été pensé comme une occasion d'introduire les nombres triangulaires. Ce type de nombre n'avait pas fait l'objet d'un travail avec les élèves dans cette classe [ni, à notre connaissance, dans les années précédentes]. L'idée de nombre triangulaire serait donc présentée lors de la phase d'introduction du jeu et on se servirait du papier pointé comme processus pour en illustrer quelques-uns.

Un des objectifs du jeu est aussi de présenter différents processus pour déterminer les propriétés des nombres. Les élèves peuvent avoir recours à leur mémoire pour une définition théorique ou écrire les tables pour retrouver les facteurs. Un nouveau processus qui est introduit par ce jeu est le recours à un arrangement spatial. Le joueur peut, au besoin, faire une représentation illustrée sur le papier pointé [voir figure 3.2]. Enfin, les élèves sont encouragés dans ce jeu à utiliser comme processus l'illustration sur papier pointé pour vérifier la propriété des nombres. Ce type de représentation illustrée permet aux élèves de ne pas seulement avoir recours à leur mémoire.

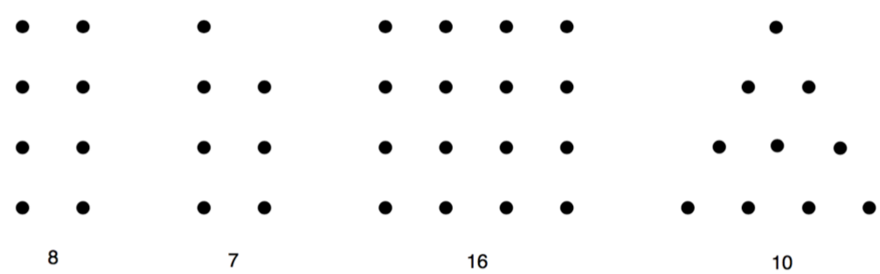


Figure 3.2 Arrangement spatial du nombre composé 8, du nombre premier 7, du nombre carré 16 et du nombre triangulaire 10

[25] Un facteur est un élément qui intervient dans une multiplication. À ne pas confondre avec diviseur qui est le second terme de la division.

[26] Les nombres pairs sont des nombres entiers divisibles par 2.

3.6 Choix et analyse *à priori* du jeu 3 : *Otrio*

Quant au troisième jeu, la séance de jeu a été réalisée à la mi-décembre 2018 pendant que les élèves étaient en évaluation. Étant donné le contexte, j'ai proposé un jeu qui travaillerait principalement le raisonnement afin que les élèves n'aient pas l'impression de travailler sur un contenu particulier faisant l'objet d'une évaluation par l'enseignante au même moment.

3.6.1 Le choix final du jeu 3 : *Otrio*

J'ai regardé parmi des jeux commerciaux ceux qui semblaient reposer principalement sur du raisonnement mathématique. Dans cette catégorie de jeu, on peut penser aux échecs qui ont déjà fait l'objet d'études (Cabot Thibault, 2013; Rajotte, 2009). J'ai arrêté mon choix sur le jeu *Otrio* que j'ai proposé à l'enseignante. J'étais curieuse de mon côté de savoir comment les aspects mathématiques pourraient prendre vie durant la séance.

Le jeu *Otrio* est commercialisé par Spin Masters. Il ne se jouera pas en équipe [bien que l'on pourrait faire des équipes de 2 ou plus], ce qui constitue un changement par rapport aux deux premiers jeux. Au moment de la recherche, ce jeu n'était plus en vente au Canada. J'ai donc dû en fabriquer une copie à partir d'objets que l'on trouve en magasin.

3.6.2 Les caractéristiques formelles du jeu 3 : *Otrio*

Le jeu *Otrio*[27] (Peterson, s.d.) est composé d'une planche de jeu carré découpée en 9 régions [voir Annexe F]. Chaque joueur a neuf pièces rondes de même couleur, mais

[27] Au moment de la collecte de donnée, le jeu *Otrio* n'était pas disponible pour être acheté au Québec malgré une demande que j'ai faite personnellement auprès du fabricant. Il a donc été fabriqué. Il est depuis disponible dans des librairies et des magasins de jouets.

de trois tailles différentes, soit trois petites, trois moyennes et trois grandes [voir Annexe F].

Le joueur le plus jeune commence la partie et le jeu se déroule ensuite dans le sens horaire. À chaque tour, les joueurs déposent une pièce sur la planche de jeu. Lors du dépôt d'une pièce, une fois qu'une pièce est placée, elle ne peut pas être déplacée. Si l'on ne peut pas placer une pièce, on saute un tour.

Le but du jeu est d'être le premier à obtenir *3-en-un-O* donc un *Otrio*. Il y a trois façons d'obtenir un *Otrio*: aligner trois pièces de la même taille: grande, moyenne, ou petite [voir en A dans la figure 3.3], aligner trois pièces en ordre croissant ou décroissant [voir en B dans la figure 3.3] ou aligner trois pièces concentriques dans le même espace [voir en C dans la figure 3.3].

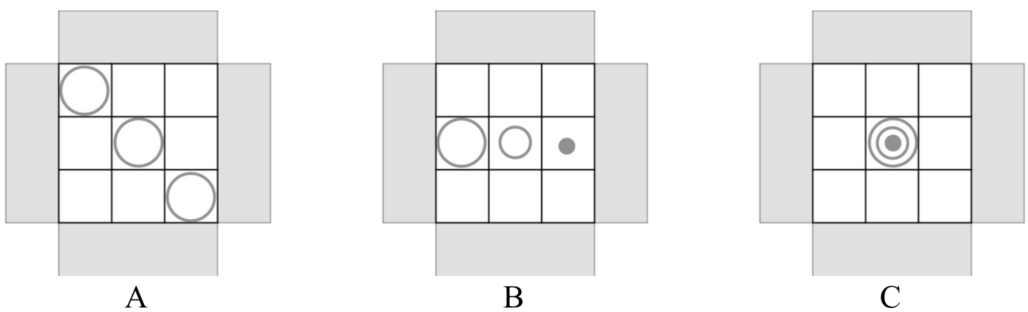


Figure 3.3 Trois façons d'obtenir un *Otrio*

3.6.3 Les éléments de la classe du jeu 3 : *Otrio*

Étant donné les nombreuses stratégies qui peuvent être développées en jouant à *Otrio*, je compte remettre le jeu à l'enseignante deux semaines avant ma visite. C'est donc elle qui expliquera le jeu aux élèves [je n'aurai donc pas accès au verbatim de la présentation par l'enseignante] à partir d'une feuille de règle qui lui sera remise. Les élèves pourront y jouer à quelques reprises avant que j'aille les rencontrer.

L’enseignante demandera aux élèves de noter leurs stratégies dans leur cahier d’atelier pour la discussion lors de ma visite.

La séance commencera par un retour sur les parties et le partage des stratégies par les élèves. Je demanderai aux élèves à tour de rôle de me faire part de leurs stratégies qu’ils auront notées dans leur cahier d’atelier. Ce retour collectif avant de commencer à jouer vise à pallier l’éventualité que les élèves ne veuillent pas partager leurs raisonnements en cours de partie.

Ensuite, nous jouerons quelques parties de quatre joueurs en choisissant les élèves au hasard parmi les volontaires. Le plateau de jeu sera sur une table au centre de la classe. Le reste des élèves ainsi que l’enseignante et moi serons des observateurs.

Aucun retour avec les élèves à proprement dit est prévu puisqu’il aura été fait au début de la séance par la partage des stratégies avec les élèves.

3.6.4 Les aspects mathématiques du jeu 3 : *Otrio*

Ce jeu a pour objectif de travailler les raisonnements mathématiques utilisés par les élèves au moment de déposer les pièces sur les cases. Les élèves sont appelés à prendre une décision en fonction de la situation sur la planche de jeu, des pièces non jouées [par les différents joueurs] et de l’ordre des joueurs. On pourrait qualifier les raisonnements de « combinatoires » et de « déductifs », car il s’agit d’examiner les combinaisons possibles sur la planche de jeu, et d’en déduire des mouvements avantageux. Voici quelques exemples de raisonnements qu’ils pourraient déployer en réfléchissant à différentes combinaisons au moment de déposer une pièce sur le plateau de jeu.

Considérons le cas d’un joueur [Vert] qui déposerait une pièce de taille moyenne au centre [case 5]. Il aurait treize façons différentes de gagner, illustrées dans la figure 3.4 ci-dessous.

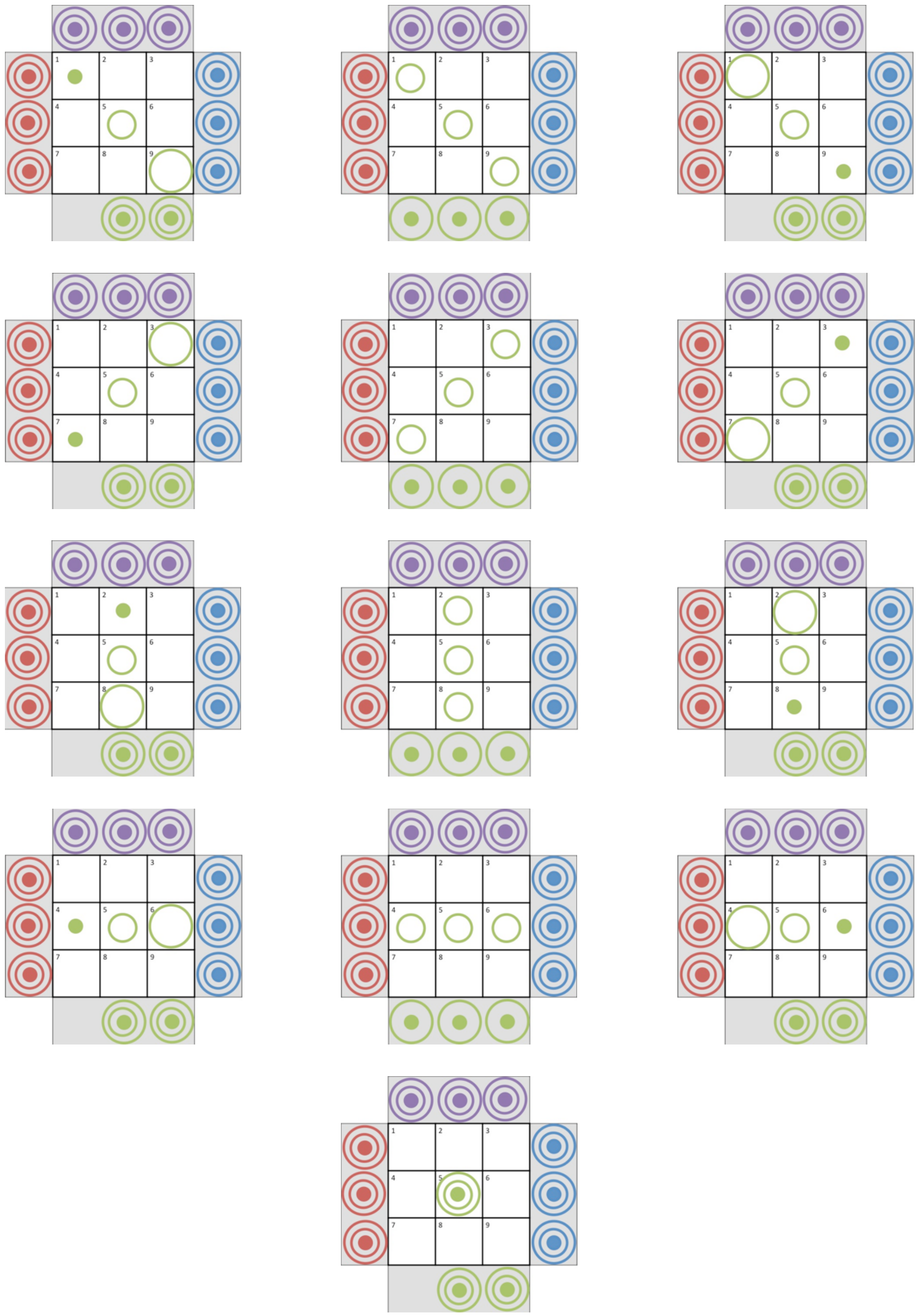


Figure 3.4 Les 13 combinaisons de gagner à *Otrio* en plaçant une pièce de taille moyenne au centre.

Évidemment, ces possibilités seront progressivement restreintes par les autres joueurs puisque deux pièces de même taille ne peuvent pas occuper la même case, et parce qu'aux tours suivants le joueur devra se commettre en positionnant de nouvelles pièces.

Ceci devrait amener les élèves, en cours de partie, à faire des conjectures sur les choix des autres joueurs, basées sur une analyse [de type combinatoire] tenant compte dans une certaine mesure de l'ensemble des combinaisons possibles pour chacun des joueurs. Par exemple, imaginons dans la figure 3.5 que le joueur Vert dépose une pièce de grande taille sur la case 8, puis que le joueur Mauve dépose une pièce de petite taille à la case 2. Ce choix lui permet de bloquer la possibilité pour le joueur Vert de faire une suite croissante en posant une pièce de petite taille à la case 2. Par contre, ce mouvement n'est peut-être pas optimal quant aux possibilités de gagner pour le joueur Mauve, qui aurait pu plutôt déposer une de ses pièces de taille moyenne à la case 2, créant la possibilité d'une suite décroissante. Le joueur suivant pourrait évidemment intervenir pour bloquer cette possibilité, mais pourrait également préparer plutôt son propre alignement, laissant alors aux autres joueurs la responsabilité de bloquer la suite, faisant l'hypothèse que c'est bel et bien ce qui est visé par Mauve, et que ses opposants le déduiront également.

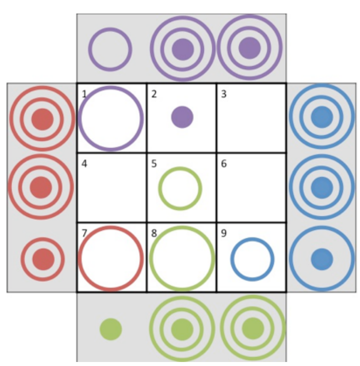


Figure 3.5 Le joueur *Mauve* bloque une possibilité pour le joueur *Vert* de gagner

Cela dit, le choix de Mauve ouvre tout de même à certaines possibilités. Par exemple il pourrait placer 3 pièces sur la case 2, ou simplement en faisant d'autres combinaisons avec les pièces non jouées [voir figure 3.6 ci-dessous].

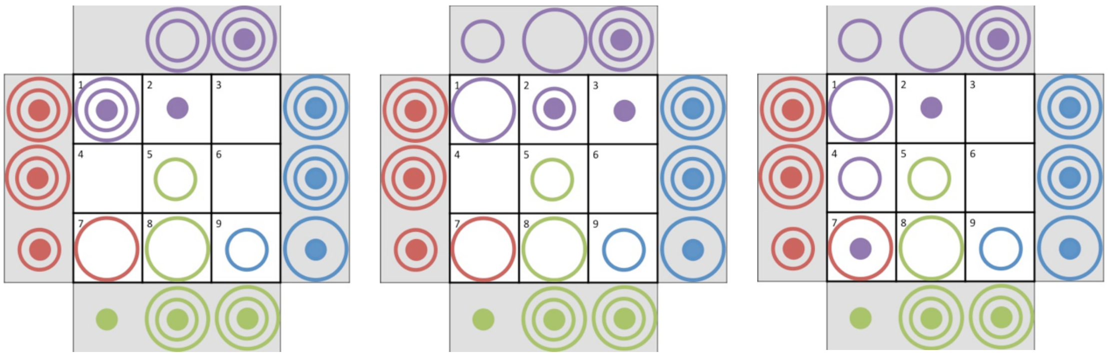


Figure 3.6 Quelques possibilités qu'il reste au joueur Mauve pour gagner après avoir placé une pièce de petite taille à la case 2.

3.7 Modifications et analyse *à priori* du jeu 4 : *Casse-tête de fractions*

La quatrième séance de jeu était prévue pour la mi-janvier 2019, peu de temps après le retour du congé des Fêtes. Dans sa planification, l'enseignante commençait avec les élèves des activités sur le thème des fractions. Je lui ai alors proposé le jeu *Casse-tête de fractions* afin de m'intégrer dans sa séquence d'enseignement.

3.7.1 Les modifications au jeu 4 : *Casse-tête de fractions*

J'ai été en contact pour la première fois avec *Casse-tête de fractions* dans le cadre d'un cours de didactique des mathématiques de mon baccalauréat en éducation préscolaire et enseignement primaire[28]. Étant donné que la version du jeu avait été maintes fois photocopiée et que la source avait été effacée, j'ai refait les casse-têtes. J'ai apporté des modifications aux fractions qui sont inscrites sur les pièces de casse-tête afin de me conformer à ce qui avait été vu avec les élèves jusqu'à maintenant.

[28] Une version similaire, mais assez différente, a été repérée dans le livre de Desjardins et Hétu *L'activité mathématique dans l'enseignement des fractions*, (Montréal : Les Presses de l'Université du Québec, 1974).

3.7.2 Les caractéristiques formelles du jeu 4 : *Casse-tête de fractions*

Le jeu *Casse-tête de fractions* (Inconnu, s.d.) est un jeu composé de trois casse-têtes que les élèves doivent assembler [voir Annexe G]. Les trois casse-têtes sont imprimés sur du carton de même couleur, ils ont été préalablement découpés et ils ont été mis dans une enveloppe. Le jeu peut être individuel ou en équipe de 2, 3 ou 4.

Les élèves doivent assembler correctement les pièces de chaque casse-tête. Lorsque les joueurs pensent avoir bien assemblé un casse-tête, ils doivent lever la main pour que l'enseignante vienne vérifier leur réponse. S'il y a erreur dans le casse-tête, l'enseignante les en informe. Elle n'est pas obligée de leur mentionner la ou les pièces qui ne font pas partie du casse-tête. Elle n'est pas non plus obligée de déplacer les pièces pour qu'elles soient correctement placées. Elle n'est pas non plus tenue de leur dire pourquoi le casse-tête n'est pas bon.

Le but du jeu est d'assembler correctement les trois casse-têtes en respectant les fractions inscrites sur les pièces de même que la proportionnalité des pièces par rapport au tout.

3.7.3 Les éléments de la classe du jeu 4 : *Casse-tête de fractions*

Ce jeu sera présenté oralement aux élèves. J'ai convenu avec l'enseignante que la présentation serait courte et se ferait sans aborder d'éléments mathématiques afin que la découverte se fasse par les élèves en jouant. Ce qui motivait l'enseignante dans le choix de ce jeu était justement le fait que le contenu était « connu » des élèves, mais il n'avait pas été travaillé jusqu'à présent par elle dans un cadre moins transmissif.

Les élèves seront ensuite regroupés en équipe de 4 pour assembler les 3 casse-têtes dont les pièces étaient mélangées dans une même enveloppe. Ensuite, nous effectuerons la création de casse-tête étant donné que les élèves ont démontré de l'intérêt à inventer des jeux [probablement dû à mes séances de jeux]. Ils recevront un carton blanc sur lequel ils pourront dessiner leur casse-tête de même qu'une enveloppe pour le mettre à l'intérieur une fois découpé.

Tout au long de ce jeu, il est attendu que l'enseignante adopte une posture éducative puisque les élèves sont censés déjà connaitre les concepts et les processus. Toutefois, puisque l'enseignante n'effectue pas une évaluation sommative, il s'agit d'une occasion pour elle d'évaluer les connaissances antérieures de ces élèves.

Quant aux élèves, on s'attend à ce qu'ils soient dans une posture d'apprenants, car bien qu'ils aient vu les concepts et les processus, il est fort probable qu'ils posent des questions. Cette posture pourrait changer en cours de partie.

3.7.4 Les aspects mathématiques du jeu 4 : *Casse-tête de fractions*

Ce jeu aborde le concept de fractions. Il a été décidé conjointement avec l'enseignante que les processus requis en cours de jeu ne seraient pas présentés aux élèves, mais plutôt que les élèves devraient découvrir ceux qu'ils doivent mobiliser. Au cours du jeu, les joueurs sont appelés à découvrir qu'ils doivent trouver des fractions équivalentes[29] pour les pièces par le processus de leur choix. Par exemple, il faut trouver la fraction équivalente à $\frac{1}{3}$ en vingt-quatrièmes ou $\frac{1}{2}$ en sixièmes.

Les processus nécessaires ont toutefois déjà été abordés en classe avant la séance. Ils sont donc connus des élèves, mais peut-être pas maitrisés. Ensuite, les joueurs sont appelés à découvrir qu'ils doivent vérifier si l'ensemble des pièces forme un tout/entier en additionnant les fractions par le processus de leur choix. Ainsi, bien que les pièces $\frac{1}{3}+\frac{1}{12}+\frac{2}{24}+\frac{1}{6}$ forment un rectangle en apparence [figure 3.7], leur somme est $\frac{16}{24}$, ce qui n'est pas un tout/entier. Pour déterminer si un ensemble de pièces

[29] Deux fractions sont équivalentes lorsqu'elles sont égales après les avoir réduites à leur plus simple expression.

forment un tout, les élèves pourraient utiliser le raisonnement spatial plutôt que les fractions (Clements et Battista, 1992).

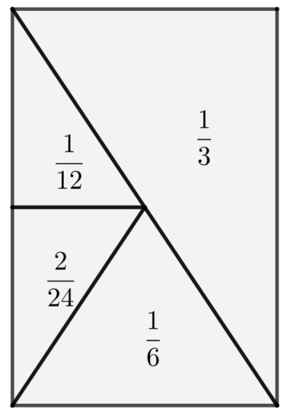


Figure 3.7 Un casse-tête incomplet

Enfin, les joueurs sont appelés à découvrir qu'ils doivent respecter les proportions des pièces par rapport au tout/entier, toujours à l'aide du processus de leur choix. Ainsi, on trouve dans chaque casse-tête une pièce identifiée par la fraction $\frac{1}{6}$, mais elle ne peut pas être interchangée dans les casse-têtes en raison de leurs formes, mais surtout de leurs tailles relatives [figure 3.8].

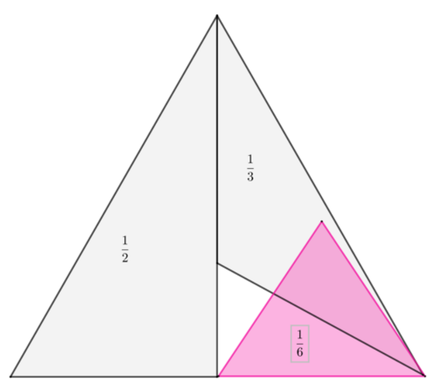


Figure 3.8 La pièce $\frac{1}{6}$ dans le mauvais casse-tête

3.8 Conception et analyse *à priori* du jeu 5 : *Super mineurs*

Le cinquième et dernier jeu était prévu pour une séance de février. L'enseignante abordait à ce moment-là encore les fractions et il ne lui apparaissait pas nécessaire de faire un deuxième jeu sur le même contenu étant donné que seulement trois semaines séparaient les deux rencontres. Des modifications à l'horaire de la classe m'ont obligée à devancer cette dernière séance. J'ai alors proposé à l'enseignante le jeu *Super mineurs* qui ne serait pas directement lié à sa planification du moment, mais qui abordait des aspects mathématiques adaptés pour des élèves de 5e année.

3.8.1 La conception du jeu 5 : *Super mineurs*

J'ai donc développé le jeu *Super mineurs* en mettant l'accent sur des concepts mathématiques du domaine de l'arithmétique qui avaient été déjà abordés et évalués par l'enseignante à l'automne. J'ai créé ce jeu en mélangeant *Super Fermier* (Borsuk et Socha, 2014) duquel je me suis inspirée pour le plateau de jeu et *Le trésor du pirate boom* (Les Jouets Boom Inc, 2006) où j'ai pris certains éléments de la mécanique. Ensuite, j'ai conçu ce jeu pour qu'il se joue individuellement. J'ai fait ce choix afin de voir si cette façon de jouer avait un effet visible sur l'activité mathématique des élèves.

J'ai commencé par créer les plateaux de jeu où j'ai remplacé les animaux de *Super Fermier* par des pierres précieuses. J'ai développé plusieurs plateaux de jeu de niveaux différents. Cela a été relativement facile une fois le premier modèle établi. Je suis même allée acheter des perles à collier dans un magasin d'artisanat afin que celles-ci fassent office de pièces plutôt que d'utiliser des jetons. Je voulais mettre ainsi beaucoup l'accent sur le côté ludique avec ce dernier jeu. Je me suis aussi assurée que la taille des cases du plateau de jeu corresponde à la taille des perles à collier. Au fil des mises à l'essai, je me suis donné le défi de faire des ensembles de pierres à collier qui ont été préalablement assemblés dans des sacs refermables afin que chaque élève puisse avoir un nombre limité de chacune des pièces. Cela facilitait aussi la gestion en classe. J'ai pris le soin d'indiquer sur chaque sac la quantité de chaque perle devant s'y trouver. L'enseignante s'est vu remettre des perles à collier supplémentaires au cas où certains élèves en perdraient.

J'ai décidé d'avoir recours à des dés à 10 faces numérotées de 0 à 9 que l'on peut trouver en magasin de matériel didactique. J'ai choisi les dés numérotés de 0 à 9 puisque je voulais que les élèves puissent utiliser le 0 comme élément neutre ou absorbant lorsqu'ils feraient leurs opérations. Il existe des dés à 10 faces numérotées de 1 à 10.

Pour ce qui est des cartes numérotées, je me suis inspirée de celles que l'on trouve dans *Le trésor du pirate boom*. J'ai repris le canevas du jeu *Faisons la paire* puisque j'avais beaucoup apprécié le format sur le bureau des élèves. Comme il restait deux cases de libres, j'ai décidé d'intégrer une carte zéro et une carte joker. J'avais déjà mis des cartes joker dans le cadre d'un *Jeu de mémoire du complément de 10* (Héroux, 2015) et j'avais alors observé des choses très intéressantes mathématiquement. L'occasion était trop bonne pour s'en passer.

Le jeu a été conçu pour permettre l'utilisation de la calculatrice. J'ai préalablement demandé à l'enseignante si je devais en fournir aux élèves pour jouer. Celle-ci faisant déjà partie de leurs fournitures scolaires, je n'en ai pas inclus dans le jeu puisque les élèves allaient utiliser les leurs.

3.8.2 Les caractéristiques formelles du jeu 5 : *Supers mineurs*

Le jeu *Supers mineurs* (Héroux, 2019) est composé de deux dés à 10 faces numérotées de 0 à 9, de cinquante cartes numérotées de 1 à 12 [quatre fois] ainsi que d'un zéro et d'un joker [voir Annexe H], d'un sac de pierres [six bleues, cinq rouges, trois vertes et une orange] et de 10 fiches de défis [voir Annexe I]. Il faut également prévoir une calculatrice par joueur.

Pour commencer, le joueur dispose six cartes devant lui, par exemple 0, 1, 1, 2, 4 et 8. Il roule ensuite les dés et obtient par exemple 2 et 4. Le joueur doit alors effectuer, à l'aide des différentes cartes, une série d'opérations pour obtenir soit 24 soit 42 [p. ex. : $(8-2) \times 4 = 24$]. Le nombre de cartes utilisées pour faire la chaine d'opérations correspond au nombre de pierres bleues à déposer sur la fiche défi [p. ex. : trois bleues dans la figure 3.9]. Ensuite, le joueur reprend des cartes jusqu'à ce qu'il y en ait six devant lui et il brasse les dés pour obtenir de nouveaux nombres. Au besoin, le joueur peut recourir à sa calculatrice. En cours de partie, le joueur fait des échanges de pierres selon la légende [p. ex. : deux pierres rouges pour une pierre verte dans la figure 3.9]. Pour terminer le jeu, les joueurs doivent remplir la fiche défi en ayant des pierres sur chaque case. Ils peuvent ensuite poursuivre avec le défi suivant. Ce jeu travaille les concepts d'opérations [et leurs propriétés] de même que les groupements/échanges.

Figure 3.9 Dépôt de trois pierres bleues sur la fiche défi et échange de pierres

3.8.3 Les éléments de la classe du jeu 5 : *Supers mineurs*

Ce jeu sera introduit au moyen d'une présentation des règles avec le matériel retransmis avec une caméra au tableau durant laquelle les élèves pourront poser des questions au fur et à mesure. Cette présentation sera la plus longue des cinq jeux.

Ensuite, les élèves joueront individuellement, mais les élèves seront huit à la même table et pourront discuter entre eux. S'ils ont des questions, les élèves pourront lever la main pour que l'enseignante ou moi leur répondions. Lorsque les élèves auront terminé un défi, ils lèveront la main pour se voir remettre le prochain. Il n'y aura pas de vérification systématique des opérations qui ont été effectuées pour déposer les pierres. Les élèves joueront le restant de la période de même que pendant environ 30 minutes au retour de la récréation de l'après-midi.

Une fois qu'ils auront terminé les quatre défis, les élèves devront répondre à un questionnaire papier, ce qui devrait leur prendre environ 15 minutes. Le questionnaire leur sera remis en guise de retour étant donné que tous les élèves ne termineront pas les fiches en même temps [voir annexe P].

La posture de l'enseignante attendue dans le cadre du jeu *Super mineur* est celle de maitre de jeu. Il y aura forcément des questions à répondre sur les différentes règles du jeu étant donné qu'il y en a plusieurs et elle doit faire la gestion des différentes cartes défi.

Les élèves devraient être quant à eux dans une posture de joueur étant donné que les concepts et processus mathématiques ont déjà été vus et sont censés être maitrisés. De plus, il y a un fort côté ludique avec les perles au lieu des jetons et des défis qui ressemblent à des niveaux dans les jeux vidéo. Il n'est pas exclu que les élèves changent de posture en cours de partie.

3.8.4 Les aspects mathématiques du jeu 5 : *Supers mineurs*

Ce jeu aborde le concept d'échange sous-jacent au système de numération. Par exemple, l'élève pourrait utiliser trois cartes dans une équation et déposer directement une pierre rouge valant trois pierres bleues. *Super mineurs* permet même d'aborder certaines propriétés des opérations mathématiques. Par exemple, il peut être intéressant d'appliquer la neutralité du zéro dans l'addition, la neutralité du chiffre 1 dans la multiplication ou l'absorption du zéro dans la multiplication afin d'utiliser plus de cartes et donc de déposer plus de pierres afin de remplir rapidement la fiche.

Un des objectifs du jeu est de recourir aux différentes opérations d'addition, de soustraction, de multiplication et de division ainsi qu'aux exposants et même à des parenthèses avec la calculatrice. Certaines opérations pourraient également être effectuées mentalement.

3.9 La comparaison entre les caractéristiques formelles des jeux mathématiques, les éléments des séances en classe du primaire et les aspects mathématiques

On remarquera dans les sections précédentes qu'il y a une variété de jeux tant sur le plan mathématique que dans les façons de le mettre en route, d'y jouer et même d'effectuer un retour [voir Tableau 3.2]. Ces distinctions ont été volontairement retenues afin que les séances de jeux diffèrent, et qu'il soit possible de voir si cela influence l'activité mathématique lors de la séance de jeu. On remarque aussi qu'entre chaque jeu, il y a une évolution et que certaines caractéristiques changent dans la présentation et la façon de jouer. Le but n'était pas de trouver un jeu parfait ou une façon idéale, mais plutôt d'avoir une diversité de jeux. Il y a donc une forme d'analyse qui a été faite afin que les séances de jeux soient le plus variées possible. C'est donc sur le principe de pouvoir générer le plus d'idées que s'est appuyé le choix des jeux.

Tableau 3.2 Tableau synthèse des différentes caractéristiques formelles, des éléments d'une séance de jeu en classe du primaire et des aspects mathématiques des jeux

Matériel du jeu	• Dés [Jeu 1 : *Trois pour moi*] • Plateau de jeu [Jeu 1 : *Trois pour moi*, Jeu 3 : *Otrio* et Jeu 5 : *Super mineurs*] • Cartes [Jeu 2 : *Faisons la paire* et Jeu 5 : *Super mineurs*] • Papier pointé [Jeu 2 : *Faisons la paire*] • Casse-têtes [Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*]
Adversaires	• Classe et chercheuse [Jeu 1 : *Trois pour moi*] • 6 équipes de 4 élèves [Jeu 2 : *Faisons la paire* et Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Autres élèves de la classe [Jeu 3 : *Otrio*] • Le plateau de jeu [Jeu 5 : *Super mineurs*]
Présentation du jeu	• Vidéo et courte discussion [Jeu 1 : *Trois pour moi*] • Image fixe et courte démonstration [Jeu 2 : *Faisons la paire*] • Feuille de règles envoyée à l'enseignante [Jeu 3 : *Otrio*] • Très courte présentation [Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Simulation [Jeu 5 : *Super mineurs*]
Façons de jouer	• Collectivement [Jeu 1 : *Trois pour moi*] • Équipe de 4 [Jeu 2 : *Faisons la paire* et Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Individuellement [Jeu 3 : *Otrio et* Jeu 5 : *Super mineurs*]
Retour sur le jeu	• Collectivement [Jeu 1 : *Trois pour moi,* Jeu 2 : *Faisons la paire,* Jeu 3 : *Otrio* et Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Individuellement [Jeu 5 : *Super mineurs*]
Concepts mathématiques	• Connus [Jeu 1 : *Trois pour moi,* Jeu 2 : *Faisons la paire,* Jeu 3 : *Otrio* et Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Nouveaux [Jeu 2 : *Faisons la paire*]
Processus mathématiques	• Connus [Jeu 1 : *Trois pour moi,* Jeu 2 : *Faisons la paire,* Jeu 3 : *Otrio* et Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Nouveaux [Jeu 2 : *Faisons la paire*]

3.10 La collecte de données

On l'a compris, l'approche de recherche exploratoire ne prescrit pas des outils méthodologiques pour la collecte de données (Stebbins, 2001). J'aurais, par exemple, pu choisir de faire des entrevues, si j'avais voulu étudier ce que rapportent les élèves sur leur activité mathématique. Toutefois, comme je m'intéresse à expliquer l'activité mathématique des élèves durant le jeu, j'ai plutôt choisi d'observer les élèves pendant qu'ils jouent en classe en effectuant une captation vidéo des séances de jeu.

Les séances de jeux ont fait l'objet d'un enregistrement [deux caméras : l'une à l'avant et filmant la classe et l'autre à l'arrière filmant l'enseignante et moi[30]] durant les trois temps : mise en route, parties et retour. L'observation étant participante [p. ex., adversaire dans un jeu ou arbitre dans un autre], l'enregistrement des séances permet d'effectuer des observations plus structurées par la suite (Fortin et Gagnon, 2016). Avec cinq séances de jeux durant lesquelles les élèves jouent simultanément, la collecte de données est d'une très grande quantité et ne peut pas être traitée simplement à l'aide de prises de notes sur le terrain.

Plus de détails se trouvent dans la section suivante présentant chacun des jeux. Brièvement, la cueillette de données commençait par la mise en route du jeu avec élèves, où l'on présentait les règles de déroulement du jeu. Lorsque les élèves jouaient, j'ai pris part à des parties comme adversaire et d'autres où j'étais plus effacée tout en répondant aux questions des élèves. Pour les jeux en équipe, les deux caméras étaient déplacées pour filmer l'équipe qui se trouvait le plus près de la caméra [nous suivions donc l'équipe *Rouge* et *Mauve* durant le jeu *Faisons la paire* et

[30] Trois micros ont également été déposés dans la classe afin de pouvoir mieux percevoir les propos des élèves.

l'équipe *Rose* durant le jeu *Casse-têtes de fractions*[31]]. Ce ne sont pas les mêmes élèves qui se trouvent près des caméras à chaque séance, alors ce ne sont pas les mêmes élèves dans les équipes puisque l'enseignante a effectué à quelques reprises entre les cinq séances des changements de place. Les équipes étaient donc formées par convenance selon l'endroit où les enfants étaient au moment de la séance de jeu. Pour le jeu individuel *Otrio*, la caméra filmait le plateau de jeu et les quatre joueurs. On apercevait quelques élèves qui étaient dans le public d'observateur. Finalement, pour le jeu individuel *Supers mineurs*, les caméras ont été tournées vers des groupes de six élèves qui se trouvaient à proximité des caméras. Pour conclure les séances, j'animais avec l'enseignante une discussion où les élèves répondaient à différentes questions.

3.11 Le traitement, l'analyse des données et les interprétations des résultats

La recherche exploratoire ne dicte pas de méthode d'analyse des données en particulier. Celle-ci permet au chercheur de « bricoler » avec ses données afin de répondre de manière souple et créative à ses questions de recherche. Néanmoins, ce bricolage se fait tout de même à partir de certaines techniques. Dans ce projet de recherche, j'ai recours au traitement et à l'analyse des données inspirés à la fois de l'analyse de contenu (Creswell, 2013) et de l'analyse phénoménologique (Giorgi, 1997). Dans cette section, j'explique en quelques mots de quoi il s'agit tout en mettant l'accent sur la manière dont les deux s'articulent.

3.11.1 L'analyse de contenu des captations vidéo

L'analyse de contenu consiste à effectuer des analyses descriptives qualitatives des données (Creswell, 2013). Ce type d'analyse permet de traiter le contenu des données narratives de manière à en découvrir des thèmes. Dans ce projet, mes thèmes sont en

---

[31] Un ennui technique est survenu au cours de l'enregistrement de l'équipe *Verte* du jeu Casse-tête de fractions.

fait des aspects mathématiques : concepts, processus et raisonnements. L'ensemble des données est fragmenté en unités d'analyse. Dans cette étude, une unité d'analyse est appelée un moment mathématique, ce qui correspond à un épisode durant lequel on voit apparaitre dans la classe un concept, un processus ou un raisonnement mathématique. La durée de chaque moment mathématique peut varier énormément. Par exemple, à une occasion, un moment mathématique est très court si c'est seulement un élève qui demande qu'on lui donne la définition d'un concept. Un moment peut être plus long lorsque l'enseignante commence à comparer différents processus mathématiques entre eux au cours d'une discussion avec l'ensemble de la classe. Ensuite, le codage associe à chaque unité d'analyse une catégorie du thème. Cela signifie que j'ai apposé une étiquette à chaque moment mathématique qui spécifie le concept mathématique qui est abordé, le processus ou le raisonnement.

Dans cette recherche, j'ai donc appliqué l'analyse de contenu sur les enregistrements vidéo qui ont été visionnés afin d'identifier au fil des séances de jeu les concepts, les processus et les raisonnements mathématiques. En analysant les 10 heures d'enregistrements [il ne faut pas oublier qu'il y a deux caméras presque en tout temps dans la classe], j'ai effectué un premier tri pour retenir seulement des moments où l'on reconnait des éléments mathématiques. J'ai découpé les extraits vidéos en notant les temps dans un fichier afin de pouvoir y retourner par la suite. J'ai donc exclu tout ce qui n'était pas relatif aux mathématiques comme les épisodes de gestion de la classe [p. ex., la formation des équipes, les interventions relatives au comportement des élèves]. Cette première écoute m'a permis de relever énormément de cas où des aspects mathématiques sont clairement reconnaissables.

J'ai ensuite visionné les extraits retenus à plusieurs reprises afin d'affiner progressivement mon regard sur l'activité mathématique. À chaque écoute, mon attention se portait sur des aspects différents et sur des détails de plus en plus précis, une sorte de *zooming et focusing* tel que décrit par Roth (2005). J'ai rapidement qualifié les moments en fonction des caractéristiques formelles du jeu qui semblaient présentes [règle, matériel, finalité, joueur, etc.] Lors d'une autre écoute, je m'intéressais aux éléments de la séance de jeu en classe [moment du jeu, posture de l'élève, posture de l'enseignante, etc.]. Chaque fois, je reprenais un par un l'ensemble des moments, cherchant par ailleurs s'il y avait moyen de les regrouper. J'ai par exemple créé un tableau où j'ai résumé toutes ses informations par moments.

Cependant, la liste de ces moments, qui peut être considérée comme une analyse de contenu, ne me permettait pas de répondre de manière satisfaisante à un de mes objectifs de recherche, qui consiste à expliquer ce qui se passe lorsque l'on joue à un jeu mathématique en classe. En effet, avec ce traitement, il y avait encore trop de données. Je n'avais pas anticipé autant de moments mathématiques en me basant sur ma pratique enseignante. En cours de séance, il m'avait été possible de relever quelques éléments de discussion, mais ce n'était rien à côté de ce que l'on pouvait trouver lorsque l'on observait des enregistrements. La possibilité de réécouter plusieurs fois, de rapidement comparer avec un autre jeu par moment a fait en sorte que j'ai pu voir qu'une seule séance de jeu s'avérait beaucoup plus riche que je ne l'avais imaginé. Cette courte explication quant à la première partie des analyses vidéo ne rend pas vraiment justice au nombre incalculable d'heures d'écoute qui ont été faites pour « étiqueter » en quelque sorte tous ces moments. Cependant, plutôt que de présenter des tableaux qui ne veulent pratiquement rien dire, le choix a été fait en cours d'analyse des données de recourir en plus à une autre approche.

3.11.2 L'analyse phénoménologique des moments mathématiques pour faire ressortir les aspects mathématiques

Les résultats de l'analyse phénoménologique se trouvent aux chapitres 4 et 5. J'ai procédé à la comparaison des moments mathématiques entre eux pour en faire une description plus approfondie. J'ai pris le temps d'examiner attentivement chacun des moments afin de bien les relier aux caractéristiques formelles du jeu ou aux éléments de la classe.

Le résultat de l'analyse phénoménologique qui est présentée dans le chapitre suivant ne représente qu'une partie du processus de traitement des données puisqu'une analyse de contenu avait été faite dans un premier temps. En effet, à partir des nombreux moments mathématiques relevés au cours des observations des séances vidéo, un tri par aspects de l'activité mathématiques a été appliqué. J'ai alors pu constater qu'il y avait huit concepts [hasard, commutativité, propriétés d'un nombre, entier/tout d'une fraction, proportionnalité en fraction, chaine d'opération, groupements et d'échange de même que propriété des opérations], quatre processus [calcul du produit d'une multiplication, détermination des propriétés d'un nombre, addition de fractions, ainsi que calcul d'une chaine d'opération] et quatre raisonnements [choisir la case où placer son jeton, les propriétés d'un nombre, choisir la case où placer une pièce et déduire que la somme des fractions du casse-tête est de 1] dans les cinq jeux. Il y a donc seize aspects mathématiques différents qui sont présentés dans le chapitre suivant.

Ensuite, pour choisir, une distinction a été établie entre les moments où se déroule l'activité mathématique, soit la mise en route [7 moments] et la partie [9 moments]. Aucun moment lors des retours n'a été retenu puisque leur animation ne portait pas sur des aspects mathématiques. C'est comme si après avoir fait de nombreuses interventions en présentation et en cours de partie, plus qu'envisagé, le retour effectué par l'enseignante et moi était centré sur les aspects ludiques de la séance de jeu. Par la suite, une distinction a été faite en fonction des postures de l'enseignante, soit joueuse [3 moments], maitre de jeu [7 moments], pédagogique [3 moments] et éducative [2 moments]. Un regard a aussi été porté aux postures des élèves : joueurs, [4 moments], actant, [8 moments], apprenant [1 moment] et élève [3 moments]. Dans le tableau 3.2 ci-dessous, on peut justement remarquer qu'il y a une certaine variété entre les moments. De plus, on remarquera que le raisonnement est seulement lié à la finalité du jeu [10 moments au total] que deux moments sont en lien avec le matériel et quatre avec la mécanique du jeu.

Tableau 3.3 Tableau ayant servi au choix des moments mathématiques riches avec en gris, ce qui était attendu *à priori*

	Caractéristiques formelles d' un jeu			Éléments d'une séance de jeu en classe											Aspects mathématiques		
				Moments			Posture de l'enseignante				Posture de l'élève						
	Matériel	Finalité	Mécanique	Présentation	Partie	Retour	Joueur	Maitre de jeu	Pédagogique	Éducative	Joueur	Actant	Apprenant	Élève	Concept	Processus	Raisonnemen
MOMENT 01 : Calculer le produit d'une multiplication		X		X				X				X				X	
MOMENT 02 : Hasard	X				X		X								X		
MOMENT 03 : Choisir la case où placer son jeton		X			X		X				X						X
MOMENT 04 : Commutativité de la multiplication	X				X					X		X			X		
MOMENT 05 : Propriété d'un nombre		X		X					X					X	X		
MOMENT 06 : Déterminer la propriété d'un nombre		X		X					X					X		X	
MOMENT 07 : Choisir la propriété d'un nombre		X			X		X				X						X
MOMENT 08 : Choisir la case où placer son jeton		X			X			X			X						X
MOMENT 09 : Proportionnalité d'une fraction		X			X			X					X		X		
MOMENT 10 : Entier/tout d'une fraction		X		X				X				X			X		
MOMENT 11 : Additionner des fractions		X			X					X				X		X	
MOMENT 12 : Déduire que la somme des fractions est de 1		X			X				X			X					X
MOMENT 13 : Chaine d'opérations			X	X				X				X			X		
MOMENT 14 : Groupements et échanges			X	X				X				X			X		
MOMENT 15 : Propriétés des opérations			X	X				X				X			X		
MOMENT 16 : Calculer une opération			X		X			X				X				X	

Il est important de préciser que d'autres éléments qui n'étaient pas présents dans le cadre conceptuel ont permis aussi de choisir parmi les moments. J'ai, par exemple, remarqué si les interventions de l'enseignante avaient été préparées ou si elles avaient émergé au cours du jeu. Mon attention s'est aussi portée sur le fait de savoir si l'aspect mathématique était connu ou non des élèves. Ces résultats d'analyses, qui sont expliqués plus en détail dans le chapitre 4, m'ont permis de réduire mon analyse à seize moments qui permettent de nuancer l'influence des différentes intentions et modalités sur l'activité mathématique en cours de jeux.

D'ailleurs, au chapitre 4, on verra que l'analyse phénoménologique a constitué le moyen de brosser un portrait mettant en valeur la complexité de l'activité mathématique prenant place pendant que l'on joue à un jeu mathématique en classe. À la fin du chapitre, une analyse *a postériori* du point de vue des concepts, processus et raisonnements mathématiques permet d'évaluer comment certains aspects mathématiques ont émergé dans différentes circonstances des actions mathématiques du jeu dans une classe.

3.11.3 L'analyse phénoménologique des moments mathématiques en fonction des caractéristiques formelles des jeux et des éléments d'une séance de jeu en classe.

Ensuite, revenons aux nombreux moments mathématiques relevés à partir des enregistrements de l'analyse de contenu où plusieurs étiquetages différents ont été faits. Ces étiquetages avaient également pour but de trouver le niveau de détail nécessaire afin de répondre générer de nouvelles pistes et des questions de recherches (Roth, 2005). Dès le début, un découpage par jeu m'apparaissait essentiel étant donné qu'ils avaient été choisis pour leurs caractéristiques formelles bien différentes et les éléments de classes différents. C'est d'ailleurs ainsi qu'est présentée l'analyse de contenu au chapitre 4. Un découpage à partir des éléments des caractéristiques formelles des jeux [p. ex. : règles, mécanique, finalité, joueurs] ou des éléments d'une séance de jeu en classe [p. ex. : moments, postures de l'enseignante et posture de l'élève] décrite au chapitre 2 se trouvent dans le chapitre 5, et cela constitue pour moi une façon de générer plusieurs idées et les distinctions viennent appuyer la validité de toute cette démarche de recherche.

J'ai repris les mêmes seize moments riches afin de procéder à l'analyse transversale des données qui sont présentées au chapitre 5. J'ai ensuite procédé à huit redécoupages de ces éléments mathématiques selon les caractéristiques de la classe [présentation, façons de jouer, retours sur le jeu, posture de l'enseignante, posture des élèves] et des caractéristiques formelles [règles, matériel, joueurs]. L'influence de ces caractéristiques sur l'activité mathématique en classe est présentée à partir de certains moments riches du chapitre 4, mais aussi d'autres moments qui ont été ajoutés pour mettre en lumière les différentes variations. Ces analyses transversales permettent de générer plusieurs idées, un aspect important dans la recherche exploratoire.

La sélection des moments était donc aussi basée sur leur capacité à faire bien ressortir les distinctions qui sont présentées dans le chapitre 4, mais aussi à générer de nouvelles questions qui sont discutées dans le chapitre 5. Je rappelle, en effet, que ceci est au cœur de l'approche de recherche exploratoire. Ainsi, afin de procéder avec soin à ce choix, j'ai donc examiné l'ensemble des moments liés à des caractéristiques formelles d'un jeu afin de les comparer. J'ai fait de même pour chaque moment des éléments relevant de la séance en classe.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS DES ANALYSES

Dans le chapitre précédent, j'ai présenté la recherche exploratoire employée dans cette thèse ainsi que les éléments contextuels à la collecte de données. Ceci inclut une explication des jeux utilisés [chacun accompagné d'une analyse *à priori* en fonction des grands thèmes dégagés au chapitre 2] et des repères pour l'analyse. Dans ce chapitre, je rapporte cette analyse des cinq séances de jeux en classe, relevant ce qui s'est passé mathématiquement du point de vue des concepts, des processus et des raisonnements mathématiques. Comme expliqué au chapitre précédent, j'ai retenu seize moments pour décrire et illustrer des aspects différents de l'activité mathématique ayant lieu durant un jeu en classe. Cette analyse se présente d'abord sous forme de « récit », en exposant chronologiquement les séances de jeu et leur déroulement au fil des moments retenus. Ces moments donnent une vision globale de chaque séance tout en permettant de discuter l'activité mathématique qui s'y déploie, mais ne couvrent évidemment pas chaque instant de chaque séance de manière complète et égale : c'est aussi une question d'espace. Je termine ce chapitre avec un résumé des aspects mathématiques des cinq séances de jeux qui se dégagent *à postériori*. D'autres éléments seront plutôt repris dans le chapitre suivant [par exemple concernant les postures liées à la classe, ou ce qu'on pourrait dire des caractéristiques du jeu].

4.1 Jeu 1 : Trois pour moi

Lors de la première séance en classe, nous jouons à *Trois pour moi*. Les élèves commencent par regarder la vidéo de présentation du jeu.

4.1.1 MOMENT 1 : autour des processus de calcul du produit d'une multiplication

À la suite du visionnement de la présentation du jeu, l'enseignante demande aux élèves s'ils ont des questions sur le jeu. Les élèves demandent à l'enseignante, durant la présentation des règles de déroulement du jeu, s'ils peuvent avoir recours à différents processus de calcul du produit d'une multiplication: la calculatrice, la table de Pythagore[32] et les doigts. Voyons plus en détail comment ceci prend forme :

[32] La table de Pythagore est un tableau qui permet de trouver le produit de deux nombres, car il se trouve dans la case à l'intersection de la colonne et de la ligne.

Chercheuse :	Est-ce que vous avez des questions ?
Élèves :	Non.
Enseignante :	Moi j'en ai une.
Chercheuse :	Ouais.
Enseignante :	Qu'est-ce qui arrive si je n'ai pas la bonne réponse ?
Élève 1[33] :	Calculatrice.
Enseignante :	Humm.
Chercheuse :	Humm, calculatrice ? Non.
Enseignante :	Est-ce que je place mon jeton quand même ?
Élèves :	Non, non.
Chercheuse :	On saute notre tour dans ce temps-là. J'ai vu une autre main levée, oui.
Élève 2 :	Bien, c'est un peu pour répondre, parce qu'en fait je pense que c'est un peu les tableaux dans le fond pour nous aider.
Chercheuse :	C'est vrai que le tableau est fait un peu pour t'aider.
Élève 3 :	Mais si moi, mais si moi je ne suis vraiment pas bonne en multiplication, hum pis genre je vais passer tout le temps mon tour, qu'est-ce qu'il va arriver ?
Chercheuse :	Non, tu vas réussir à en trouver des multiplications, pas besoin d'aller vite, tu peux prendre le temps d'y réfléchir.
Élève 3 :	Facque, je peux compter sur mes doigts.
Chercheuse :	Humm, humm.
Élève 3 :	Yeah.
Chercheuse :	On ne t'a pas empêché de compter sur tes doigts.
[Enseignante va chercher le tableau]	
Chercheuse :	C'est le même tableau que ça.
Élève 3 :	Ah, OK.
Élève 4 :	Bien là tu fais 6 fois 9.
Enseignante :	C'est ce qu'*Élève 2* disait c'est ça. Si tu utilises la stratégie de te repérer dans le tableau tu ne passeras pas souvent ton tour.

Figure 4.1 Extrait de verbatim 1 de la séance du jeu *Trois pour moi* de 0:40 à 1:49

Dans la présentation vidéo du jeu *Trois pour moi*, les joueurs semblent n'avoir recours qu'à leur répertoire mémorisé comme processus pour calculer le produit d'une multiplication. Pourtant, il existe d'autres processus pour calculer les produits d'une multiplication [p. ex. : stratégies personnelles, recours aux propriétés de la

[33] La numérotation des élèves n'est pas rattachée à une identification et elle sert plutôt à bien distinguer les personnes qui interagissent.

multiplication]. Il est à noter que dans ce jeu, on trouve une règle stipulant que l'on doit sauter son tour en cas d'erreur avec le processus de calcul. Or, il est possible qu'un élève de 5e année commette des erreurs en recourant à un processus de calcul du produit d'une multiplication. Les suggestions des élèves ont donc pour but de leur éviter de sauter leur tour en cas d'erreur, ce qui diminuerait leurs chances de gagner le jeu.

Les élèves sont dans une posture d'actants lorsqu'ils demandent quels sont les processus mathématiques qu'ils sont autorisés à employer au cours du jeu. Les différentes propositions des élèves pour calculer le produit d'une multiplication sont envisageables dans le cadre du jeu [de même que d'autres processus tels que les bonds de 5 ou l'élément neutre de la multiplication]. Toutefois, parmi les propositions des élèves, certains processus ne permettent pas aux élèves d'être « actifs » mathématiquement de la manière souhaitée par l'enseignante. Elle prend alors position, en refusant la calculatrice, en acceptant de compter sur les doigts et en insistant sur la table de Pythagore au cours de la présentation des règles de déroulement du jeu. L'enseignante adopte alors une posture de maitre de jeu puisqu'elle précise les différents processus que les élèves peuvent utiliser au cours de la partie.

L'enseignante réfère aussi implicitement au processus consistant à s'appuyer sur la propriété de l'élément neutre pour calculer le produit d'une multiplication. Voici comment cela s'est déroulé :

Chercheuse : 5 et 1 Enseignante : Tout le monde ensemble Élèves : 5

Figure 4.2 Extrait de verbatim 2 de la séance du jeu *Trois pour moi* de 03:52 à 03:58

Plus tard durant la deuxième partie, l'enseignante propose aux élèves d'utiliser le processus de comptage par bonds de 5. Voici comment cela s'est produit:

[Élève 1 se lève pour venir à l'avant de la classe lancer les deux dés]	
Chercheuse :	Oh ! Attention *Verts*, vous avez obtenu 5 fois 6.
Élève 2 :	35.
[Élève 1 s'approche du tableau pour y déposer son jeton]	
Chercheuse :	Est-ce que tout le monde est d'accord ? 5 fois 6 on a 35. Êtes-vous d'accord équipe de *l'enseignante* que 5 fois 6 ça fait 35 ?
Élève 3 :	Ouais
Enseignante :	Mettons si j'utilise ma stratégie de faire des bonds de 5.
[Enseignante montre les doigts alors que les élèves comptent ensemble]	
Élève 4 :	40

Figure 4.3 Extrait de verbatim 3 de la séance du jeu *Trois pour moi* de 24:48 à 25:38

Du point de vue de l'activité mathématique, on voit que durant le jeu, l'enseignante et les élèves ont l'occasion d'aborder des processus mathématiques à différents moments au cours d'une séance. Les discussions sur les processus pour calculer le produit d'une multiplication ont eu lieu lors de la présentation des règles du jeu et en cours de partie. Cela dit, je n'avais pas envisagé *à priori* que ceci débuterait au moment de la présentation du jeu puisque la vidéo de présentation n'incluait pas d'explication des processus pour calculer le produit d'une multiplication. En cours de partie, c'est aussi l'occasion pour l'enseignante de statuer sur différentes propositions d'élèves par rapport à des processus mathématiques : la calculatrice, la table de Pythagore, les doigts, les bonds de 5, la propriété de l'élément neutre et le recours au répertoire mémorisé. Tous ces processus et [la nécessité de statuer] n'avaient pas non plus été envisagés *à priori*. L'évocation de processus et la prise de position s'appuient sur le fait que les élèves connaissent déjà des processus de calcul de produit [comme mentionné dans l'analyse *à priori*]. L'intention pédagogique est donc importante ici. Le jeu a été choisi pour en partie par ce qu'il permettrait de travailler ces processus. Or, on voit que jouer à un jeu comme *Trois pour moi* en classe est aussi ici l'occasion d'aborder les processus mathématiques pour calculer le produit d'une multiplication. Ceci est sans doute soutenu par le fait qu'une bonne réponse permet aux joueurs de déposer un jeton [plutôt que de sauter son tour] et donc de s'approcher de la victoire : les processus sont donc au cœur de la mécanique de ce jeu.

***

À la suite de la discussion avec les élèves à propos des processus, l'enseignante leur rappelle qu'ils doivent faire un choix judicieux quant à la case où ils déposeront leurs jetons. Afin que les élèves s'approprient bien le jeu *Trois pour moi*, j'explique ensuite aux élèves que la première partie se jouera collectivement avec l'enseignante et tous les élèves de la classe contre moi.

4.1.2 MOMENT 2 : autour du concept de hasard

L'enseignante est la première à lancer le dé afin de déterminer la personne qui commencera la première partie. Alors qu'elle brasse le dé, elle demande aux élèves de « souffler [sur le dé] ». Voici comment cela s'est déroulé :

Élève 1 :	Allez, *Enseignante.*
Enseignante :	Soufflez tous dessus. Ouffff !

Figure 4.4 Extrait de verbatim 4 de la séance du jeu *Trois pour moi* de 03:31 à 03:35

Le concept de hasard relativement aux dés n'avait pas fait l'objet d'une réflexion *à priori* par l'enseignante et moi. Pourtant, le hasard se retrouve dans le caractère aléatoire du lancer de dé [c'est aussi l'une des connaissances à travailler selon la Progression des apprentissages (2009)]. Les propos de l'enseignante sont spontanés, et elle semble ici se laisser emporter par le jeu, mettant de côté le fait qu'un lancer de dé est une situation aléatoire et donc indépendante du fait de souffler dessus. L'enseignante est alors dans une posture de joueur. L'aspect ludique diminue le « sérieux » des propos de l'enseignante sur ce concept mathématique, mais n'affecte pas le fait que l'on doit calculer correctement le produit de multiplications pour s'approcher de la victoire. De plus, il est tout à fait possible dans une classe de 5^{e} année d'être absorbé par le contexte ludique du jeu au point d'affecter ce qui est dit d'un concept [p. ex. : hasard]. Les élèves sont aussi dans une posture de joueurs par l'absence de réplique aux propos de l'enseignante. On remarquera qu'au moment des évènements, je n'interviens pas en entendant les propos de l'enseignante. Tout comme l'enseignante, je suis dans une posture de joueuse. Il faut garder en tête qu'il s'agissait de ma première présence en classe dans le cadre de la recherche. J'étais soucieuse de ne pas contredire l'enseignante ou mettre en question ses propos, surtout devant les élèves. Personne ne semble donc prendre en compte le concept de hasard dans ce jeu au cours de la partie.

Retenons que du point de vue de l'activité mathématique, on voit que durant le jeu, l'enseignante peut s'exprimer sur un concept mathématique en raison du matériel qui ne risque pas d'affecter le jeu. En effet, dans cette situation, les points de vue sur le concept de hasard ne sont pas impliqués directement dans la mécanique : les élèves, de même que l'enseignante [ou moi] pouvaient exprimer différentes conceptions du hasard [bonnes ou erronées] sans que cela les empêche de gagner le jeu. Il serait par contre possible pour l'enseignante d'adopter une posture pédagogique/didactique à propos du concept au moment où l'occasion se présenterait d'aborder les croyances à propos du hasard [il s'agit d'un thème important dans les travaux en didactique sur le sujet, voir par exemple (Martin *et al.*, 2019)].

***

Le hasard favorise la classe et l'enseignante contre moi. La première partie entre l'ensemble des élèves contre moi débute donc ensuite.

4.1.3 MOMENT 3 : autour de raisonnements pour choisir la case où placer son jeton

Au troisième coup de la partie, c'est au tour de l'enseignante de brasser les dés et elle obtient 4 et 12. Au moment de déposer un jeton sur le produit 48, l'enseignante fait remarquer aux élèves qu'il y a quatre cases 48 [voir figure 4.6 en rouge, orange, bleu et vert] en les pointant sur la planche de jeu. Il y a donc un choix à faire. Voyons plus en détail comment ceci prend forme :

Enseignante :	[brasse les dés] 4 x 12.
Élève 1 :	Bien là, c'est facile.
Élève 2 :	48.
Enseignante :	48, 48, 48. Je prends lequel ?
Élève 1 :	Au fond, non, non, non, non.
Enseignante :	48, 48, 48. Y a-t-il un autre 48 que je ne vois pas ? 48.
Élève 1 :	Non, non, là, lui.
Enseignante :	Lui ? C'est le mieux.
Élève 1 :	Oui.

Figure 4.5 Extrait de verbatim 5 de la séance du jeu *Trois pour moi* de 06:13 à 06:38

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132
12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144

Figure 4.6 La planche du jeu *Trois pour moi* avec en gris la case occupée par la classe, en noir la case occupée par la chercheuse et en couleur le choix à faire

Faire ce choix exige des élèves qu'ils raisonnent : il faut comparer les cases possibles en fonction de leur emplacement sur la planche de jeu et peut-être de la position de cases que l'on occupe [voir figure 4.6 en gris] ou que l'adversaire occupe [voir figure 4.6 en noir]. Les cases rouges et vertes situées en bordure offrent seulement cinq possibilités pour aligner trois jetons. La case bleue offre douze possibilités pour aligner trois jetons, ce qui s'avère être un choix très intéressant. La case orange offre quant à elle neuf possibilités puisque deux cases voisines pourraient également intéresser l'adversaire, soit le 24 en diagonal et le 42 en vertical. Dans ce cas-ci, on remarque qu'en choisissant la case centrale [voir figure 4.6 en orange], le raisonnement des élèves semble opter pour une case qui donne de bonnes chances de gagner tout en nuisant potentiellement à l'adversaire.

Cette discussion a lieu en cours de partie. L'enseignante est dans une posture de joueur lorsqu'elle indique qu'il y a un choix à faire entre quatre cases, sans toutefois expliquer les différents raisonnements entourant le choix d'une case par rapport à une autre. On remarque aussi que les élèves sont dans une posture de joueurs en faisant part de leur choix de case sans apporter de justification mathématique. Dans cette première partie, qui pour l'enseignante et moi visait surtout une appropriation des règles et de la mécanique, les élèves ne sont pas appelés à justifier ou même expliciter leurs raisonnements. Il aurait évidemment pu en être autrement, ce qui aurait amené les élèves à préciser leur analyse de la situation de jeu et les stratégies adoptées.

Cela dit, du point de vue de l'activité mathématique, on voit que l'enseignante peut exprimer certains raisonnements en lien avec la finalité du jeu, que ce soit pour se procurer un avantage et/ou pour nuire à l'adversaire. On remarque aussi que l'intervention de l'enseignante est spontanée ici aussi dans la mesure où nous n'en avions pas discuté *à priori*. Les raisonnements pourraient être plus interrogés par l'enseignante et les élèves pourraient davantage les expliquer, surtout qu'ils permettent de gagner.

***

La première partie se poursuit. À un moment donné, l'enseignante va recourir à la planche de jeu disposée comme une table de Pythagore afin de calculer le produit d'une multiplication. À un autre tour, les élèves ne seront pas tous en accord sur le choix de la case où placer leur jeton, ce qui générera certaines discussions. D'autres moments sont aussi intéressants en ce qui concerne les mêmes concepts, processus et raisonnements. Cette première partie se termine par la victoire des élèves de la classe.

Au cours de la deuxième partie de *Trois pour moi*, les élèves sont divisés en deux équipes [les trois tables de six élèves de droite contre les trois tables de six élèves de gauche], les deux chefs d'équipe étant l'enseignante [équipe de gauche avec les jetons verts] et moi [équipe de droite avec les jetons rouges]. Les élèves viennent à l'avant de la classe pour brasser les dés et déposer leur jeton.

4.1.4 MOMENT 4 : autour du concept de commutativité

15 minutes environ après le début de la partie, un élève qui se rend devant la classe pour aller brasser les dés et déposer le jeton au tableau demande alors à l'enseignante avant de jouer : « Comment est-ce que l'on sait quel dé est en premier ? ». Voici comment cela s'est déroulé :

Élève 1 :	[Pose une question à voix basse à l'enseignante à que l'on n'entend pas.]
Enseignante :	Je vais faire une pause parce que l'*Élève 1* a une bonne question puisque c'est en rapport avec quelque chose en mathématique. Comment on sait quel dé dire en premier, le jaune ou le vert ? Est-ce que ça change quelque chose ?
Élèves :	Non.
Enseignante :	Si je vous dis, si admettons je ne sais pas.
Chercheuse :	6 x 4.
Enseignante :	Le 6 est sur le vert ? Est-ce ça ?
Chercheuse :	Oui.
Enseignante :	Si je dis 6 x 4 ou 4 x 6, est-ce que ça donne la même chose ?
Élève 1 :	Ouais.
Enseignante :	Mais oui les deux ça donne…
Élèves :	24.
Enseignante :	Si je vous dis 3 x 2 ça fait combien ?
Élèves :	6.
Enseignante :	2 x 3 ça fait ?
Élèves :	6.
Enseignante :	C'est ce que l'on appelle la commutativité. C'est un mot complexe pour dire que dans une multiplication on peut mettre les nombres dans n'importe quel ordre et la réponse, le pro…
Élèves :	duit
Enseignante :	Produit va être pareil.
Élève 2 :	C'est la même chose pour les additions, pis les soustractions, non.
Enseignante :	Les soustractions, ça fonctionne-tu ?
Élève 2 :	Non, pis les divisions non plus.
Enseignante :	Oui, et les divisions non plus. Parce que si je fais 10 – 5 ou 5 – 10 le résultat est vraiment pas pareil.

Figure 4.7 Extrait de verbatim 6 de la séance du jeu *Trois pour moi* de 26:39 à 28:10

L'élève qui pose la question semble vouloir préciser une règle du jeu, ce qui amène à parler du concept mathématique au moment de lancer les dés dans le jeu. La question de l'élève rappelle qu'il est tout à fait possible que certains élèves, dans une classe de 5e année, se questionnent sur les concepts mathématiques sous-jacents à la mécanique d'un jeu. On note sur le plan du jeu qu'il n'y a en effet pas de priorité accordée aux dés même s'ils sont distinguables par leur couleur. On remarquera que cette question est soutenue par le fait que les dés sont de couleurs différentes, ce qui permet de distinguer les deux nombres, mais constitue ici un élément « accidentel » au sens où il n'est pas relié à la mécanique du jeu comme tel. C'est donc le matériel du jeu qui amène l'élève à se questionner sur la mécanique, qui débouche sur la discussion d'un concept mathématique.

L'enseignante met alors le jeu en pause pour faire un bref un rappel avec l'ensemble des élèves de la classe à propos du concept de commutativité [qu'elle dit avoir travaillé la semaine précédente], ce qui pourrait permettre d'en rappeler la signification, la plaçant alors dans une posture éducative plutôt que celle de maitre de jeu. On remarque que l'élève n'a pas besoin de comprendre le concept de commutativité pour gagner le jeu puisque dans les deux sens, le produit est le même pour l'enseignante. Pourtant, l'élève est alors dans une posture d'actant puisqu'il demande à l'enseignante une précision sur une règle du jeu.

On note donc que du point de vue de l'activité mathématique, on voit que durant le jeu l'enseignante peut avoir l'occasion de revenir sur un concept mathématique déjà abordé en classe afin de le consolider, bonifiant au passage l'intention didactique du jeu. L'intervention de l'enseignante est spontanée puisque nous n'avions pas discuté *à priori* de la commutativité comme concept mathématique lié à ce jeu. Cette discussion a lieu en raison du matériel [les dés], mais n'est pas essentielle pour que les élèves gagnent au jeu.

***

La deuxième partie, dirigée par l'enseignante, se termine par la victoire de l'équipe de gauche avec les jetons verts. Ensuite, l'enseignante et moi animons un retour sur le jeu où nous demandons aux élèves des suggestions d'améliorations et de modifications pour le jeu. Il serait possible et même intéressant de présenter une analyse de ces moments, mais pour des raisons d'espace je vais donc passer au jeu suivant. Finalement, l'enseignante informe les élèves qu'ils joueront la semaine prochaine avec la version papier lors des ateliers mathématiques.

4.2 Jeu 2 : Faisons la paire

Le jeu *Faisons la paire* est présenté à la classe à l'aide d'une image fixe de l'ensemble des cartes affichées au tableau. Comme nous allons le voir, les élèves sont mis à contribution pendant la présentation.

4.2.1 MOMENT 5 : autour du concept de propriétés d'un nombre

Au cours de la présentation du jeu, je demande aux élèves s'ils voient une paire de nombres parmi les cartes, ce à quoi un élève répond : « Oui, on pourrait prendre […] 2 [et] 4 ». Je n'ajoute rien puisque cela est correct du point de vue du concept de propriété d'un nombre et je raie alors les cartes 2 et 4 au tableau pour indiquer qu'elles font à présent partie d'une paire. J'enchaine alors en demandant aux élèves une autre paire de nombres, ce à quoi un élève me propose les nombres 2 et 1 en affirmant qu'ils sont tous les deux premiers. Comme 1 n'est pas un nombre premier, je rappelle aux élèves la définition de cette propriété d'un nombre. Les paires que les élèves forment lorsqu'ils jouent doivent être justes sur le plan des concepts mathématiques. Voici comment cela s'est déroulé :

Élève 1 :	On pourrait prendre des nombres pairs comme 2, 4, 6.
Chercheuse :	Ah je pourrais prendre 2 et 4 comme deux nombres pairs. Pis, j'ai le 2 ici et j'ai le 4, donc je pourrais avoir une paire ici. Bonne première suggestion. Ensuite.
Élève 2 :	Bien les nombres premiers.
Chercheuse :	Les nombres premiers. Est-ce que tu vois ici des nombres qui sont premiers dans mes cartes, sur mon tableau ?
Élève 2 :	2.
Chercheuse :	Le 2, c'est un nombre premier. Oui…
Élève 2 :	1, pis 1.
Chercheuse :	1 c'est un nombre premier ?
Élève :	[en chœur] Non.
Chercheuse :	Non, un nombre premier c'est un nombre plus grand que 1 qui a comme diviseur 1 et lui-même.
Élève 2 :	7.
Chercheuse :	7. Est-ce que le 7 est là ? Oui. OK, le 7 est là.
Élève 2 :	Le 2 et 7.
Chercheuse :	Donc avec le 2 et avec le 7 j'ai une paire de nombres premiers.

Figure 4.8 Extrait de verbatim 7 de la séance du jeu *Faisons la paire* de 08:58 à 09:39

Mon intervention sur le concept d'une propriété des nombres sort du cadre du jeu, étant plutôt axée sur les mathématiques. On peut penser qu'il existe encore possiblement chez des élèves de 5^{e} année certaines erreurs de conception par rapport aux propriétés des nombres, surtout que ces concepts n'avaient pas encore été abordés par l'enseignante depuis le début de l'année scolaire. Un peu plus tard dans la présentation, je fais de même avec les nombres carrés. Le jeu est donc ici l'occasion de revenir, même rapidement, sur des concepts ou propriétés mathématiques qui sont impliqués en faisant des apartés mathématiques.

Toujours dans la présentation du jeu, j'introduis ensuite aux élèves le concept de nombres triangulaires. À ma connaissance, les élèves n'avaient encore jamais vu les nombres triangulaires. Voici comment cela a pris forme :

Chercheuse :	Il y a des nombres que l'on appelle triangulaire. Oooh ! Ceux-là, ils vont valoir 4 points. Les nombres triangulaires, sur la feuille, ça nous permet de faire des triangles.
Élève 1 :	3 c'est un nombre triangulaire.
Chercheuse :	Pourquoi 3 ça serait un nombre triangulaire ?
[La chercheuse dessine trois points pour faire la démonstration]	
Élève 1 :	Parce que 3 c'est les 3 points d'un triangle.
Chercheuse :	Je vais voir si j'ai 3. Oui, Yeah !
Élève 2 :	Pis 6 c'en est un.
Chercheuse :	Attends, je vais voir ça.
[La chercheuse dessine trois points pour faire la démonstration]	
	1, 2, 3, 4, 5, 6. Est-ce que quand je les place ça fait un triangulaire ?
Élève 2 :	Oui.

Figure 4.9 Extrait de verbatim 8 de la séance du jeu *Faisons la paire* de 13:09 à 13:53

La présentation du jeu constitue un moment opportun pour revenir sur certains concepts mathématiques tels que les propriétés des nombres, et aussi pour en introduire de nouveaux. Une intervention avait été préparée pour l'introduction des nombres triangulaires, mais pas pour la révision des nombres premiers et carrés qui sont censés être connus des élèves. Au moment de ces interventions, l'enseignante se trouve dans une posture pédagogique. Quant aux élèves qui demandent de réexpliquer le concept de propriétés d'un nombre, ils sont dans une posture d'élève puisqu'ils posent une question qui est liée aux mathématiques et non au jeu. Évidemment, la compréhension du concept de propriété d'un nombre est importante puisque sa maitrise permet de jouer correctement, et éventuellement de gagner le jeu.

Du point de vue de l'activité mathématique, on voit que l'enseignante peut donc mettre le jeu sur pause pour revenir sur certaines notions et introduire un nouveau concept mathématique au moment de la présentation des règles de déroulement d'un jeu.

***

La présentation du jeu se poursuit autour de la clarification des types de nombre que les élèves peuvent joindre pour former des paires. Un moment intéressant se produit lors de l'explicitation de la manière de déterminer les propriétés d'un nombre.

4.2.2 MOMENT 6 : autour d'un processus pour déterminer les propriétés d'un nombre

Au cours de la présentation des règles de déroulement du jeu *Faisons la paire*, je dis aux élèves qu'ils peuvent faire des paires de cartes avec deux nombres carrés, ce qui vaut trois points : ils sont donc plus « payants » que les nombres pairs ou premiers. Un élève me demande alors : « C'est quoi déjà un nombre carré ? ». Il est possible qu'un élève de 5e année ne se rappelle plus la définition de ce concept mathématique. Comme cela avait été fait avec le concept de nombre premier, j'effectue un retour sur le concept de nombre carré. Toutefois, au lieu de me baser sur la définition comme cela avait été utilisé pour le concept de nombres premiers, je présente aux élèves un processus, celui d'arrangement spatial sur papier pointé. Ce processus mathématique permet aux élèves de visualiser les nombres. Voici comment cela s'est déroulé :

Élève 1 :	Les nombres carrés.
Chercheuse :	Est-ce que tu as un exemple ici de deux nombres carrés que tu vois sur mon écran ?
Élève 1 :	Euh, 4 et 1.
Chercheuse :	1 êtes-vous surs que c'est un nombre carré ?
Élève 1 :	Oui, c'est un nombre carré.
Chercheuse :	Oui, c'est un nombre carré. Donc 1 et 4. Un nombre carré ça me fait trois points.
Élève 2 :	Mais c'est quoi dont déjà un nombre carré ?
Chercheuse :	Là, tantôt j'avais 2 et j'avais 7. Donc les nombres carrés pour être capable d'expliquer aux autres si on est en face de nombres carrés, je vous ai fait une feuille c'est dans un plastique et vous pouvez écrire dessus avec des crayons effaçables à sec, pis j'en ai apporté avec des effaces au bout, c'est des pompons OK. Alors un nombre carré qu'est-ce que c'est ? C'est un nombre quand on relie les points OK on est capable de les placer en carré. Alors on avait 4 tantôt. Donc sur la feuille, si je regarde, par exemple. 1, 2, 3 et 4, je suis capable de faire un carré, donc je suis avec un nombre carré. OK, j'en ai déjà dessiné quelques-uns pour vous.
Élève 2 :	6, ce n'est pas un nombre carré.
Chercheuse :	6, on va l'essayer. 6, tu les places comment tes points pour faire un carré ?
Élève 2 :	Euh, ça, pis ça, pis un autre en bas. Bien, ça ne fait pas un carré.
Chercheuse :	Ça ne fait pas un carré, ça fait un rectangle. Donc, si tu veux vérifier, tu peux utiliser. En fait je t'encourage fortement à utiliser la feuille pour vérifier pis pour pouvoir expliquer pis là cette feuille-là elle sert aussi à une chose. Par exemple, tu me dis que moi je pense que 6 et 4 sont des nombres carrés, tu es convaincu de ça pis moi je ne suis pas d'accord, moi je vais te demander de faire la preuve, OK si vous pensez que quelqu'un dans l'équipe n'a pas une bonne réponse, vous pouvez lui demander de faire la preuve. C'est important d'avoir des traces de comment on peut les trouver. Il nous reste donc on a fait les nombres premiers, on a pensé aux nombres carrés.

Figure 4.10 Extrait de verbatim 9 de la séance du jeu *Faisons la paire* de 10:52 à 13:04

Le nouveau processus pour déterminer les propriétés d'un nombre vient s'ajouter au répertoire des élèves, ce qui envoie le message qu'il peut y avoir plus d'un processus mathématique pour une tâche. Les élèves se trouvent alors dans une posture d'élèves puisque les aspects mathématiques qui sont abordés à travers le jeu leur sont présentés pour la première fois. Dans l'extrait, j'adopte une posture pédagogique puisque j'explique aux élèves la façon de déterminer la propriété d'un nombre en sortant du cadre du jeu. L'intervention que j'effectue pour répondre à la question de l'élève sur les nombres carrés était préparée : j'ai simplement profité de l'occasion pour présenter les nombres carrés comme des arrangements spatiaux afin que les élèves utilisent ce mode de représentation comme processus pour déterminer les propriétés d'un nombre [ce qui n'avait jamais été fait dans cette classe à ma connaissance]. De manière implicite, les arrangements spatiaux doivent être « remplis », sinon 8 ou 4 pourraient être vus comme des nombres carrés. D'ailleurs, j'apporte une précision à l'élève quant à l'organisation des points pour que ceux-ci forment un carré et non un rectangle. Reste que pour les élèves, c'est l'occasion de découvrir un nouveau processus qu'ils pourront immédiatement mettre en œuvre dans le jeu.

On remarquera toutefois que ce nouveau processus, s'il est directement lié au matériel du jeu [la présence d'un papier pointé et de marqueurs], n'est pas indispensable durant le jeu. Il y a d'autres manières d'identifier les propriétés des nombres, et il n'est pas requis pour les élèves de justifier leurs paires de nombres carrés de cette manière… mais cela pourrait tout à fait être le cas dans une version un peu différente du jeu. On notera au passage que du point de vue de l'activité mathématique, c'est à nouveau au moment de mettre en route la classe et durant la présentation des règles du jeu que se fait l'introduction du nouveau processus.

***

La présentation du jeu *Faisons la paire* se termine peu après, avec quelques instructions concernant la manière de jouer la première partie : les élèves disposeront de vingt-cinq minutes pour faire le plus de points possible en ayant devant eux les cinquante cartes ouvertes. Les élèves sont divisés en six équipes [selon leur table de travail] où ils joueront entre eux. Une caméra est placée pour observer l'équipe *Mauve* et une autre pour l'équipe *Rouge*. Malheureusement, la caméra qui devait enregistrer l'équipe *Rouge* s'éteint après quelques secondes sans que je m'en rende compte et je ne peux donc pas analyser cette équipe. L'enseignante et moi circulons entre les différentes équipes tout au long de la partie.

4.2.3 MOMENT 7 : autour de raisonnements entourant les propriétés d'un nombre

Au début de la première partie du jeu *Faisons la paire*, les élèves de l'équipe *Mauve* cherchent à faire des paires de nombres triangulaires. L'enseignante qui était tout près leur dit alors « qu'ils ne sont pas obligés de faire une paire de nombres triangulaires ». L'enseignante propose à l'équipe *Mauve* de plutôt faire rapidement des paires de nombres carrés au lieu de chercher les « difficiles » nombres triangulaires [ce qui leur demande possiblement plus de temps étant donné que le concept est nouveau]. Il y a donc un choix à faire de la part des élèves. Voici comment cela a pris forme :

Élève 1 :	Un nombre triangulaire…
Enseignante :	Tu n'es pas obligé de prendre des triangulaires.
Élève 2	Mais c'est plus de points.
Enseignante :	Mais c'est plus difficile.
Élève 1 :	Bien non.
Enseignante :	Si vous en avez plein admettons des nombres carrés rapidement, c'est mieux que quelques triangulaires.
Élève 2 :	En fait c'est facile parce que…
Élève 1 :	Ouin, mais il faut avoir plus de points possible *Élève 2*.

Figure 4.11 Extrait de verbatim 10 de la Séance du jeu *Faisons la paire* de 24:48 à 25:10

Faire ce choix exige des élèves des raisonnements : ils comparent les types de paires en fonction du nombre de points qu'elles offrent. Il est intéressant de voir qu'ici, justement, l'équipe *Mauve* reste campée sur sa position et les élèves choisissent de chercher des nombres triangulaires. On peut penser que pour ces élèves, l'attrait immédiat rattaché au fait de réaliser le plus de points domine, car plus de points est ce qui leur permettrait d'être l'équipe gagnante. Si c'est le cas, on pourrait penser que la règle du jeu [avec l'enjeu de gagner] fonctionne bien par rapport à l'intention de faire travailler le nouveau concept [mais toutes les équipes n'ont pas adopté cette stratégie]. Cependant, on pourrait aussi y voir un effet de nouveauté [ou de contrat didactique]. En effet, s'ils se disent que le concept étant nouveau, on s'attend certainement à ce qu'ils l'utilisent, ou qu'il y ait simplement un intérêt ou une curiosité pour ces nouveaux nombres que les élèves ont envie d'explorer. On reste quand même avec l'impression que dans cet extrait, les élèves sont essentiellement dans une posture de joueurs voulant gagner en faisant des paires de nombres triangulaires, ce qui implique tout de même un certain raisonnement. L'enseignante aurait pu prendre avantage de cette situation pour discuter avec eux du fait que certaines paires donnent plus de points selon la manière dont on les catégorise. Par exemple, la paire 45-55 donne 4 points ou 1 point selon qu'on voit comme une paire de multiples de 5 ou de nombres triangulaires, mais elle n'a pas saisi cette opportunité [qui faisait pourtant partie des intentions didactiques, comme mentionné dans l'analyse *à priori*]. On voit tout de même que, du point de vue de l'activité mathématique, le jeu a représenté l'occasion pour les élèves de l'équipe *Mauve* de raisonner sur des situations de jeu en lien avec la mécanique du jeu par rapport à l'enjeu de gagner, et que ceci les a conduits à travailler avec le nouveau concept mathématique.

***

La première partie de *Faisons la paire* se termine par la victoire de l'équipe *Bleu foncé*, qui a fait 41 points. Ensuite, les élèves jouent à nouveau, mais avec seulement vingt-cinq cartes [soit la moitié] ouvertes sur la table, le reste constituant une pioche. Ils ne peuvent alors pas toujours faire des paires de nombres triangulaires par exemple, car ils doivent faire des paires avec les cartes qui sont ouvertes. Plusieurs épisodes fort intéressants sont observables durant ce second jeu, mais pour des raisons d'espace je m'arrêterai ici pour le moment. À la fin de cette deuxième partie, l'enseignante et moi faisons un retour sur celle-ci avec l'ensemble des élèves en comparant la première partie [avec jeu ouvert] à la deuxième [avec jeu fermé]. Sans vouloir nous excuser, nos interventions portent principalement sur le gagnant et également sur la règle qu'a ajoutée une équipe [qui n'était pas filmée] de « sauter » une carte lorsque l'on ne peut pas faire de paires.

4.3 Jeu 3 : *Otrio*

Comme prévu [voir au chapitre précédent], la présentation du jeu *Otrio* a été faite par l'enseignante deux semaines avant ma visite. Les élèves ont joué à quelques reprises et ont noté leurs stratégies sur une feuille mobile. La séance débute donc avec un retour sur le jeu *Otrio*. Les élèves dévoilent alors leurs différentes stratégies pour gagner. Des parties sont ensuite jouées avec quatre élèves choisis au hasard. Le reste du groupe est placé autour du plateau de jeu comme observateurs pendant que quatre élèves sont assis à une table ronde pour jouer.

4.3.1 MOMENT 8 : autour de raisonnements pour le choix de la case où placer une pièce

Durant la deuxième partie d'*Otrio*, je discute ici d'un moment où c'est au tour de *Vert* de jouer. *Vert* dépose une grande pièce sur la case 3 [voir figure 4.13]. Un élève du public affirme alors que *Vert* ne pourra pas gagner la partie puisqu'il n'a plus de grande pièce. Cet élève raisonne sur l'issue du jeu pour *Vert* [impossibilité de gagner] à partir d'une observation de la situation de jeu [les pièces déjà déposées et celles restantes, les coups permis, etc.]. Voici comment cela s'est déroulé :

Bleu:	C'est au tour de qui ?
Élève 2 :	*Vert* ne peut pas gagner parce qu'il n'a plus de gros.
Mauve :	C'est ça ?

Figure 4.12 Extrait de verbatim 11 de la séance du jeu *Otrio* de 24: 29 à 24:31

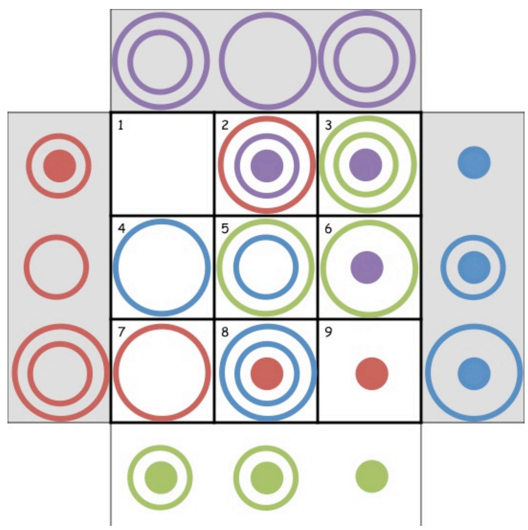


Figure 4.13 Raisonnement lors de la deuxième partie d'*Otrio*

Le raisonnement de l'élève semble reposer sur plusieurs observations. On constate d'une part que *Vert* ne peut pas gagner en plaçant trois pièces concentriques dans un même espace [la case 5 est occupée par une moyenne pièce bleue et les cases 3 et 6 par une petite pièce mauve]. Il est aussi impossible pour *Vert* d'aligner trois pièces en ordre croissant ou décroissant [il y a déjà une moyenne pièce mauve dans la case 2, une moyenne pièce bleue dans la case 5 et une petite pièce rouge dans la case 9]. Enfin, l'alignement de trois pièces de la même grandeur n'est pas possible non plus avec les grandes pièces [déjà toutes sur la planche]. Par contre, il pourrait aligner des pièces moyennes [cases 3-6-9] ou des petites pièces [cases 1-4-7]. Toutefois, on peut penser que ses adversaires ayant encore des petites pièces à jouer auront tôt fait de le bloquer.

On voit ici que la remarque de l'élève pourrait donc reposer sur une analyse assez poussée de la situation de jeu. Techniquement parlant, *Vert* n'a pas tout à fait perdu ses chances de gagner le jeu à ce moment, mais elles sont faibles [alors que le fait d'avoir placé sa grande pièce sur la case 1 par exemple lui aurait donné deux opportunités supplémentaires de gagner]. On ne peut savoir avec exactitude quels sont les raisonnements derrière le choix de *Vert* ou le commentaire de l'élève, car ils n'ont pas fait l'objet d'explicitations. Du point de vue de l'activité mathématique, on constate néanmoins que le jeu semble l'occasion pour les élèves du public de faire des déductions à propos de la partie qu'ils observent. En organisant la classe comme on l'a fait ici, il est donc possible que les élèves soient mathématiquement actifs même s'ils ne prennent pas directement part au jeu. Ils peuvent raisonner sur les situations de jeux et on pourrait s'attarder à ces raisonnements en les faisant expliciter, voire argumenter. Donner plus d'attention à ces raisonnements pourrait aussi permettre de mettre en lumière différentes manières qu'ont les élèves d'examiner un état de jeu et de raisonner [déductivement ou inductivement, ou de faire des conjectures], par exemple sur l'issue du jeu. Évidemment, ceci pourrait avoir un effet direct sur la suite de la partie en cours : si le groupe discute des manières dont un joueur pourrait gagner, ses adversaires sauront mieux comment agir.

Du point de vue de l'activité mathématique, les joueurs auraient peut-être alors parfois moins de raisonnements à faire [s'ils sont tous mis de l'avant par les spectateurs] que s'ils jouaient eux-mêmes, mais étaient davantage exposés à un ensemble de remarques [pertinentes ou non] et peut-être conduits à jouer de manière de plus en plus raisonnée. Ainsi, on peut penser qu'une discussion sur les conséquences du coup joué juste avant le moment discuté ici aurait peut-être conduit *Vert* à jouer autrement. Le coup de *Vert* ne permet pas clairement de bloquer un adversaire [ni, comme on vient de voir, de générer une possibilité de gagner]. Cette observation suggère donc fortement que le travail mathématique nécessaire à l'identification des possibilités de jeu qui confère un avantage au joueur ne va pas de soi pour certains élèves de ce groupe, à tout le moins. La complexité du jeu *Otrio*, contrairement au *Tic-Tac-Toe* par exemple, fait en sorte que plusieurs éléments doivent entrer en même temps dans les raisonnements des joueurs durant la partie, même quand ils n'ont plus de chance de gagner. En effet, les mouvements d'un joueur peuvent contribuer à une issue nulle, faisant en sorte qu'il ne perde pas la partie. Ainsi, une remarque telle que « *Vert* ne peut plus gagner » ne signale pas nécessairement la fin du travail mathématique de ce joueur, qui pourrait encore avoir à raisonner afin de provoquer si possible une partie sans gagnant.

D'autre part, j'ai déjà souligné la manière dont l'interruption du jeu pourrait avoir un effet sur la dimension ludique de l'activité. Si les raisonnements des élèves qui assistent à la partie sont mis de l'avant, on risque d'interrompre le flot du jeu, mais aussi de changer le rôle des joueurs et à la limite perdre complètement les éléments de plaisir, de spontanéité, d'inconnu qui caractérisent souvent les activités ludiques. Ainsi, l'enjeu de « gagner » la partie pourrait complètement céder la place au problème de savoir comment gagner le jeu[34]. Ce changement de posture n'est pas nécessairement mauvais du point de vue de l'activité mathématique et c'est ce qu'on trouve en fait dans les idées de Brousseau (1998) dont l'exemple de la *Course à vingt* est bien connu. En même temps, il est bon de noter qu'un jeu comme *Otrio* résiste à un certain point à une telle réorientation parce que, un peu comme le jeu d'échecs, les possibilités de jeu sont trop nombreuses, surtout qu'il est quasi impossible d'anticiper les coups successifs de trois adversaires. Ce n'est qu'à un certain point dans le jeu qu'on pourrait parvenir à faire une analyse complète, identifier l'ensemble des issues

---

34 On pourrait ici faire des nuances, car découvrir comment gagner *une partie* peut aussi contribuer au plaisir de jouer, tout comme l'absence de contrôle sur l'issue d'un jeu reposant entièrement sur le hasard pourrait vite en faire perdre l'intérêt.

possibles et par là mettre fin au jeu en quelque sorte [car il n’y a plus d’enjeu véritable]. Cela dit, le fragment analysé ici montre que du point de vue de l’activité mathématique, on voit que l’élève qui est observateur d’un autre élève qui joue peut faire des raisonnements, les exprimer, peut-être les justifier, alors que l’élève est observateur d’un autre qui joue. Dans le cadre de cette séance, nous avions prévu de faire expliciter les raisonnements par les élèves au cours du jeu. Cependant, l’explicitation des raisonnements était prévue, mais elle a été difficile à obtenir comme en témoigne l’exemple, les élèves étant réticents à les partager étant donné la nature ludique de l’activité.

***

La deuxième partie sera remportée par *Bleu*. Ensuite, trois autres parties seront jouées afin que tous les élèves aient une chance de m’en faire la démonstration. Puis, deux parties collectives avec la classe séparée en quatre groupes dont les chefs d’équipes ont été choisis par l’enseignante sont jouées. Les moments mathématiques au cours des cinq parties portent tous sur le raisonnement et c’est pour cela que je n’en présente pas d’autres. De plus, les parties sont très silencieuses étant donné que les élèves ne veulent pas dévoiler leurs stratégies à leurs adversaires. Même les deux parties collectives [une idée qui m’est venue en cours de séance] n’ont pas permis aux élèves d’expliquer leur raisonnement ni même de discuter autant que je l’aurais voulu pour qu’une analyse plus fine soit faite. Enfin, il n’y a pas de retour prévu, en partie parce qu’une discussion sur les stratégies avait déjà été faite au début de la séance. Les élèves avaient alors présenté leur stratégie pour commencer la partie : choix de la pièce et emplacement pour éventuellement gagner.

4.4 Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*

La présentation du jeu *Casse-tête de fractions* est très succincte. L'enseignante et moi expliquons aux élèves qu'ils ont dans une enveloppe les pièces de trois casse-têtes qu'ils doivent reconstituer sans que leur soient mentionnées les « formes » qu'ils doivent obtenir. Les élèves sont placés en six équipes de quatre élèves, une par table de travail. Une caméra est placée pour observer l'équipe *Rose* et une autre pour l'équipe *Mauve*. Malheureusement, la carte mémoire sur laquelle se trouve l'enregistrement de l'équipe *Mauve* a eu un problème technique et je ne peux donc pas analyser cette équipe. L'enseignante et moi circulons entre les différentes équipes tout au long de la partie. En distribuant les enveloppes aux équipes, l'enseignante rappelle à voix haute qu'un entier en fraction « c'est un tout ».

4.4.1 MOMENT 9 : Autour du concept de proportionnalité

Au début de la partie, l'équipe *Rose* manipule les différentes pièces de casse-tête. À un moment donné, un élève assemble la pièce $\frac{2}{3}$ provenant du casse-tête hexagonal avec la pièce $\frac{1}{3}$ provenant du casse-tête triangulaire [voir figure 4.15]. Un autre élève lui répond que ça ne va pas ensemble. Voici commence cela s'est déroulé :

Élève 1 :	Je suis sûr que ça va là, voilà !
Élève 2 :	Hum, non.

Figure 4.14 Extrait de verbatim 12 de la séance du jeu *Casse-tête de fractions* de 06:36 à 06:40

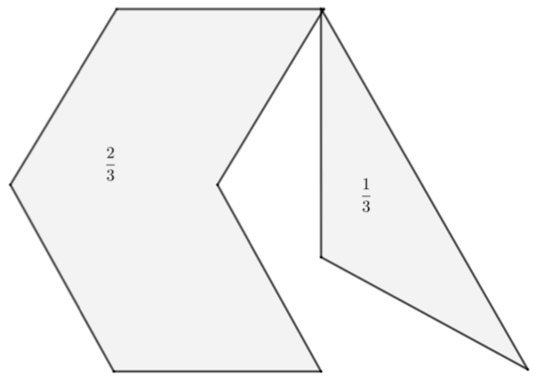


Figure 4.15 Un casse-tête formant un entier, mais pas avec les bonnes pièces

Il est possible qu'un élève de 5^{e} année ne pense pas au concept de proportionnalité de la pièce par rapport au tout, surtout que cela n'a [volontairement] pas été mentionné dans la présentation du jeu et qu'il se fie plutôt à l'apparence. Il y a trois pièces $\frac{1}{3}$ dans l'enveloppe, mais elles ne sont pas échangeables d'un casse-tête à l'autre, car elles ne sont pas relatives au même tout. Dans le jeu, il ne suffit pas d'additionner les pièces pour former un entier/tout, mais il faut que les pièces du casse-tête soient proportionnelles pour aller ensemble. Cela est important pour qu'un casse-tête soit considéré comme étant correctement assemblé. La discussion se fait entre les élèves et comme cet élément mathématique a seulement été observé lors du visionnement des enregistrements vidéo après coup, il n'y a pas eu d'intervention ni de retour. Dans l'exemple examiné ici, les élèves s'aperçoivent que le casse-tête n'est pas complet au sens où il ne permet pas de créer une forme régulière, en semblant s'appuyer sur l'apparence, et ils ont poursuivi leurs recherches.

Dans cette discussion entre les élèves, ils semblent être dans une posture d'actants puisqu'ils semblent essentiellement en train de jouer en essayant de joindre les différentes pièces de casse-tête. L'enseignante et moi qui circulons dans la classe sommes en quelque sorte maitres de jeu durant cet épisode, occupées à assurer le bon fonctionnement des différentes équipes. Si nous avions saisi l'occasion pour discuter avec les élèves du concept de proportionnalité, nous aurions alors une posture pédagogique. Il s'agit évidemment d'un enjeu important : j'y reviens dans le chapitre suivant. Mais notons tout de même que ce moment montre que du point de vue de l'activité mathématique, on pourrait enrichir mathématiquement les observations des élèves au cours de la partie. Le concept mathématique de proportionnalité aurait pu être mentionné en présentation du jeu, mais il était intéressant de laisser les élèves se rendre compte de ça pendant qu'ils jouent. Ce choix didactique présente néanmoins un risque : tous les élèves ne le dégageront pas nécessairement par eux-mêmes, et il n'est pas certain non plus que l'enseignant sera en mesure de saisir l'opportunité de le faire.

4.4.2 MOMENT 10 : Autour du concept d'entier/tout d'une fraction

Le jeu se poursuit et les élèves me demandent quelques minutes plus tard si leur casse-tête forme un tout [voir figure 4.17]. L'équipe croit avoir achevé le casse-tête étant donné la forme obtenue, alors qu'il est incomplet lorsque l'on additionne les fractions et que les pièces n'appartiennent pas au même tout étant donné leur paire. Les élèves semblent alors avoir procédé par organisation spatiale. À ce moment, je réponds aux élèves en leur relançant une question portant sur l'entier/tout. Je n'interviens pas plus étant donné que l'équipe vient à peine de commencer à manipuler les pièces de casse-têtes et je ne leur dis pas non plus que certaines pièces appartiennent à un autre casse-tête. Voici comment cela a pris forme :

Élève 1 :	[Lève la main pour poser une question. À l'arrivée de la chercheuse, il pointe le casse-tête.]
Élève 2 :	On là ?
Chercheuse :	OK, est-ce que ça fait un tout ?
Élève 1 :	Ah, c'est vrai il faut que ça fasse un entier !

Figure 4.16 Extrait de verbatim 13 de la séance du jeu *Casse-tête de fractions* de 08:57 à 09:03

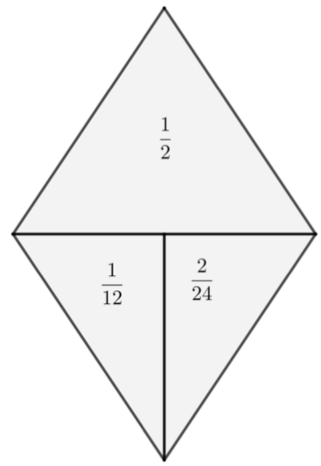


Figure 4.17 Un premier casse-tête assemblé par l'équipe *Rose*

Pour la présentation des règles du jeu *Casse-tête de fractions*, il avait été convenu avec l'enseignante de ne pas expliquer les concepts mathématiques présents dans le jeu. Néanmoins, au moment de remettre les enveloppes aux équipes, l'enseignante a mis les élèves sur une piste du concept de tout en rappelant qu'un entier en fraction « c'est un tout ». Le concept d'entier/tout d'une fraction est important dans le jeu, car en plus d'user de processus pour déterminer les fractions équivalentes, après avoir additionné les fractions, il faut déterminer si les pièces que forme le casse-tête donnent un entier pour qu'il soit terminé. Malgré ce « rappel », il est possible que les élèves n'aient pas compris qu'un casse-tête terminé devait représenter un tout dont la valeur est 1. Évidemment, il ne s'agit pas d'une condition suffisante : ajouter une ou plusieurs pièces à l'assemblage de la figure 4.17 n'aurait pas été suffi à réussir le casse-tête, mais l'intervention permet d'attirer l'attention des élèves sur au moins un aspect mathématique pertinent à leur travail, et de les relancer.

Alors que je m'attendais à ce que les élèves soient dans une posture d'apprenants cherchant la meilleure façon de réaliser un casse-tête, dans ce court échange en cours de partie avec l'équipe *Rose*, les élèves sont dans une posture d'actants puisqu'ils cherchent à vérifier auprès de moi s'ils ont « réussi » leur casse-tête. Je suis alors dans une posture de maitre de jeu en leur indiquant que non. Je ne suis pas dans une posture plus mathématique puisque je n'explique pas pourquoi leur casse-tête n'est pas un entier et je ne questionne pas non plus les élèves sur leur conception d'un tout. Néanmoins, on voit ici que du point de vue de l'activité mathématique, on peut inviter les élèves en cours de partie à mobiliser certains concepts mathématiques [ici le concept du tout], comme envisagé dans l'analyse *à priori*. Le concept d'entier/tout est essentiel pour gagner à ce jeu, car sinon les casse-têtes sont soit incomplets ou supérieurs à un entier.

***

La partie de l'équipe *Rose* se poursuit, et bientôt ils trouvent leur premier casse-tête en forme d'hexagone. D'ailleurs, toutes les équipes trouveront comme premier casse-tête l'hexagone. Pour y parvenir, les élèves ont utilisé différents processus et raisonnements dont les moments suivants donnent des exemples. Les élèves vont en effet continuer de travailler à partir d'un nouvel indice, donné à toute la classe : des deux casse-têtes qu'il reste à former, un est en forme de triangle et l'autre en forme de rectangle.

4.4.3 MOMENT 11 : autour de processus pour additionner des fractions

Plus tard, durant la partie de *Casse-tête de fractions* de l'équipe *Rose*, un élève demande à nouveau à l'enseignante de vérifier leur casse-tête [voir figure 4.19]. C'est l'occasion pour l'enseignante de discuter avec les élèves d'un processus pour additionner des fractions. Voici comment cela a pris forme :

Enseignante :	Est-ce que ça donne un entier ?
Élève 1 :	Ouais.
[L'élève 1 fait le tour du rectangle avec son doigt.]	
Enseignante :	Comment on fait pour savoir que c'est un entier ? Est-ce que c'est un entier ? La question est, est-ce que c'est un entier ? Comment est-ce que l'on fait pour le trouver ?
Élève 1 :	6 x 2 ça donne 12.
Enseignante :	OK.
Élève 2 :	$\frac{1}{6}$ c'est équivalent à $\frac{1}{4}$
Enseignante :	Admettons, ça serait quoi votre dénominateur commun.
Élève 2 :	$\frac{1}{24}$
Enseignante :	C'est quoi ça, c'est ton dénominateur commun ?
Élève 1 :	Non attend c'est 24.
Enseignante :	24 c'est ton dénominateur commun. Pour avoir un entier, un entier c'est combien de 24^{e} ? Vous êtes tous capables de répondre à cette question-là. Un entier c'est combien de 24^{e} ? Je vais séparer ma tarte en 24^{e}. Il y a 24 parties dans mon tout. 24. Donc j'aurais dans un entier, j'ai besoin de $\frac{24}{24}$. On va vérifier si c'est ça que vous avez. Qu'est-ce qu'il faut que je fasse à $\frac{1}{6}$ pour l'avoir en 24^{e} ?
Élève 1 :	Fois 4.
Enseignante :	Fois 4, donc ça me fait combien ?
Élève 1 :	4.
Enseignante :	Donc $\frac{4}{24}$, $\frac{1}{12}$ c'est combien ?
Élève 1 :	Fois 2.
Enseignante :	Donc ça fait $\frac{2}{24}$ ici. Donc là ici on avait dit 4 + 2 ça fait ?
Élève 2 :	6.
Enseignante :	Plus 2 ça fait ?
Élève 3 :	8.
Enseignante :	Est-ce que l'on est à un entier ? On a dit que l'on avait besoin de 24 et là vous avez juste 8. Ça ne veut pas dire que vous n'êtes pas bien parti parce qu'effectivement ça fonctionne bien ensemble.

Figure 4.18 Extrait de verbatim 14 de la Séance du jeu *Casse-tête des fractions* de 20:06 à 22:28

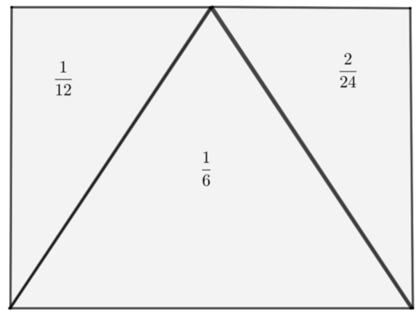


Figure 4.19 Le 2e casse-tête de l'équipe *Rose*

Pour vérifier le casse-tête de l'équipe *Rose,* l'enseignante semble additionner les fractions et obtient $\frac{8}{24}$, ce qui n'est pas un entier. Il est possible que l'équipe *Rose* ait vérifié si le casse-tête était un entier en se fiant seulement à l'apparence. L'enseignante demande aux élèves si le résultat est un entier, ce à quoi un élève répond oui en faisant le tour du casse-tête avec son doigt. L'enseignante demande alors aux élèves comment ils l'ont déterminé, et les élèves 1 et 2 débutent une explication qui semble faire appel aux fractions équivalentes. Cependant, elle les dirige rapidement vers le concept de fraction équivalente et rappelle aux élèves une manière d'additionner des fractions. Il est possible qu'un tel rappel s'avère nécessaire auprès des élèves de 5e année, d'autant plus que les processus d'addition de fractions n'ont délibérément pas fait l'objet d'un rappel lors de la présentation des règles de déroulement du jeu. Rappelons que cette omission des processus mathématiques avait pour but de leur laisser découvrir ce qu'ils pourraient mettre en œuvre pour réussir le casse-tête.

Dans cette interaction, l'enseignante est dans une posture éducative puisqu'elle sort du contexte du jeu pour revenir sur un processus d'additionner des fractions, mais elle le fait en référence directe aux pièces du casse-tête. Quant aux élèves, ils sont dans une posture d'élèves dans la mesure où ils révisent un processus mathématique qu'ils pourront appliquer par la suite dans le jeu. Or, il s'agit d'un processus relativement nouveau pour les élèves : le contexte du casse-tête leur donne l'occasion d'en découvrir l'une des « utilités » comme expliqué dans l'analyse *à priori* [l'enseignante y voit une manière d'aborder autrement cet aspect mathématique qu'elle commence à enseigner]. Du point de vue de l'activité mathématique, on voit que durant le jeu les élèves ont l'occasion de découvrir à travers la mécanique du jeu que certains processus mathématiques peuvent être mis en œuvre pour gagner. Cet élément mathématique se retrouve intentionnellement dans ce jeu.

***

L'équipe *Rose* poursuit avec ses tentatives de réaliser les deux casse-têtes qu'il lui reste à faire. À un moment donné, comme plusieurs équipes semblent éprouver de la difficulté à progresser, un autre indice est donné aux élèves : on leur indique deux pièces qui font partie du même casse-tête. Les membres de l'équipe *Rose*, tout comme d'autres, utilisent très peu le processus d'addition de fractions et demandent à l'enseignante ou moi de vérifier leur casse-tête. Nous circulons donc entre chaque équipe et tentons d'intervenir auprès de chaque équipe sans que notre temps soit trop accaparé.

4.4.4 MOMENT 12 : Autour de la déduction que la somme des fractions sur les pièces restantes sera 1

L'équipe *Rose* vient de terminer un deuxième casse-tête, celui de forme rectangulaire. Avec les trois pièces restantes, les élèves forment rapidement le triangle recherché pour le troisième casse-tête. Ils semblent procéder par déduction étant donné la rapidité [3 secondes] avec laquelle ils ont assemblé le dernier casse-tête. Les élèves demandent encore une fois à l'enseignante qui n'avait pas encore eu le temps de s'éloigner d'eux s'ils ont bien formé le casse-tête triangulaire [voir figure 4.21]. Voici comment cela s'est déroulé :

Élève 1 :	[Lève la main pour attirer l'attention de l'enseignante]
Enseignante :	[S'approche de l'équipe *Rose*]
Élève 1 :	Est-ce qu'on l'a eu ?
Enseignante :	Euh. [Elle prend un certain temps pour vérifier le casse-tête dans sa tête] Oui.
Élève 1 :	[Prend les trois pièces restantes et les place en triangle]
Élève 2 :	Ça marche ?

Figure 4.20 Extrait de verbatim 15 de la séance du jeu *Casse-tête de fractions* de 26:29 à 27:19

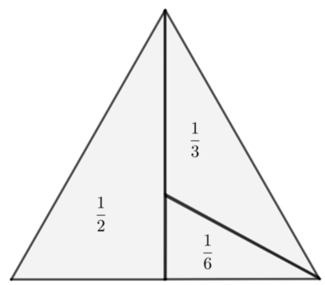


Figure 4.21 Le 3^{e} casse-tête de l'équipe *Rose*

Il est possible que l'équipe *Rose* n'ait pas additionné les fractions pour vérifier s'ils obtiennent un entier, mais qu'ils se doutent quand même d'avoir obtenu le troisième casse-tête étant donné l'absence de pièce restante dans l'enveloppe et puisqu'ils ont déjà effectué les deux autres casse-têtes correctement. Au moment où l'enseignant leur confirme que le deuxième casse-tête est bon, il ne leur restait donc plus qu'à assembler les trois pièces restantes pour que cela forme un triangle, ce qui leur a pris à peine trois secondes. D'ailleurs, l'enseignante n'avait même pas encore eu le temps de se diriger vers une autre équipe. Les élèves de l'équipe *Rose* sont alors dans une posture d'actants voulant terminer le jeu rapidement et ainsi gagner puisqu'ils seraient la première équipe à avoir achevé les trois casse-têtes, bien qu'il n'y ait pas de compétition à l'échelle de la classe. D'ailleurs, l'équipe *Rose* cache depuis le début du jeu avec l'enveloppe les autres casse-têtes qui ont été terminés au fur et à mesure afin que les équipes environnantes ne les voient pas. En procédant par raisonnement déductif, plutôt qu'en additionnant les fractions, l'équipe *Rose* profite de la présence de l'enseignante pour faire vérifier immédiatement leur troisième et dernier casse-tête.

Quant à l'enseignante, elle semble remarquer que les élèves n'ont pas vérifié leur casse-tête en procédant à l'addition des fractions. Toutefois, au lieu de questionner les élèves sur ce raisonnement mathématique, elle reprend avec eux le processus d'addition de fractions et le processus pour déterminer l'équivalence d'une fraction qui avait été envisagée *à priori*. Voici comment cela s'est déroulé :

Élève 1 :	[Lève la main pour attirer l'attention de l'enseignante]
Enseignante :	[S'approche de l'équipe *Rose*]
Élève 1 :	Est-ce qu'on l'a eu ?
Enseignante :	Euh. Oui.
Élève 1 :	[Prend les trois pièces restantes et les place en triangle]
Élève 2 :	Ça marche ?
Enseignante :	3 fois combien est égal à 24 ?
Élève 3 :	9.
Enseignante :	8 ou 9 ? 3 fois combien est égal à 24 ?
Élève 3 :	8.
Enseignante :	3 X 8 égale à 24. $\frac{1}{3}$ c'est combien de 24^{e} ?
Élève 1 :	8.
Enseignante :	Attends, si on fait 2, 3, 4, 8 plus 8.
Élève 1 :	16.
Enseignante :	Plus 8.
Élève 1 :	24.
Élève 3 :	Ça marche.
Enseignante :	Ça est-ce que ça fonctionne ?
Élève 2 :	Ouais, ouais.
Élève 2 :	Attends.
Enseignante :	Donc $\frac{1}{6}$ c'est la moitié de $\frac{1}{3}$,
Élève 3 :	Ça, c'est nombre dénominateur commun.
Enseignante :	OK, 6 c'est le dénominateur commun. Si on essayait de tous les mettre en sixième ? $\frac{1}{2}$ c'est combien de sixièmes ?
Élève 4 :	3.
Enseignante :	$\frac{1}{2}$ c'est $\frac{3}{6}$? vous êtes d'accord ?
Élève 1 :	Ouais.
Enseignante :	Oui, $\frac{1}{2}$ c'est $\frac{3}{6}$. Donc là on a 3, 4. $\frac{1}{3}$ c'est combien de sixièmes ?
Élève 2 :	2.
Enseignante :	Exact.

Figure 4.22 Extrait de verbatim 16 de la séance du jeu *Casse-tête de fractions* de 26:29 à 29:21

L'enseignante est dans une posture pédagogique et semble d'une certaine manière évaluer le recours au processus pour additionner des fractions et au processus pour déterminer l'équivalence d'une fraction qui est son intention pédagogique et qui avait été présenté *à priori*. Sans vouloir critiquer l'intervention de l'enseignante, elle ne semble pas remarquer le raisonnement mathématique et en discuter avec les élèves comme elle aurait aussi pu le faire dans une posture pédagogique. À sa défense, la déduction que la somme des fractions sur les pièces restantes sera 1 n'avait pas été identifiée dans l'analyse *à priori* lorsqu'il restait juste un casse-tête à faire.

Du point de vue de l'activité mathématique, on voit que durant le jeu, les élèves peuvent employer un raisonnement qui n'avait pas été envisagé *à priori* et qui pourrait leur permettre de « gagner » en effectuant le plus rapidement possible les trois casse-têtes. Cela est en partie dû au matériel du jeu et la correction au fur et à mesure par l'enseignante et moi qui faisons en sorte qu'une fois les deux premiers casse-têtes achevés et approuvés, on peut avoir recours à la déduction pour déterminer la somme des pièces plutôt qu'un processus d'addition de fractions. D'ailleurs, il est fort probable que s'il y avait eu des pièces restantes qui n'appartenaient à aucun casse-tête dans l'enveloppe, nous n'aurions pas observé ce raisonnement mathématique. L'emploi d'un raisonnement mathématique comme celui-ci durant un jeu par les élèves peut passer complètement inaperçu aux yeux de l'enseignante qui avait plutôt préparé ses interventions sur les processus.

***

La partie se termine puisque l'équipe *Rose* a terminé ses trois casse-têtes. La séance de jeu est arrêtée lorsque toutes les équipes ont effectué leurs trois casse-têtes. Le retour sur le jeu se fait presque exclusivement sur l'apparence des trois casse-têtes et non de la vérification mathématique par un processus d'addition ou du raisonnement par déduction.

4.5 Jeu 5 : *Supers mineurs*

Le jeu *Supers mineurs* demande aux élèves de faire des opérations sur les entiers et des échanges, le but étant d'accumuler une certaine série de pierres. Il est présenté aux élèves à l'aide d'une simulation, c'est-à-dire qu'une caméra transmet en direct sur le tableau blanc interactif le plateau de jeu qui se trouve sur la table en avant de la classe avec laquelle je joue.

4.5.1 MOMENT 13 : Autour du concept de chaine opérations

Au cours de la simulation, je brasse les dés et j'obtiens un 6 et un 8. Il faudra donc former une chaine d'opérations dont le résultat est 68 ou 86. Je pige ensuite [au hasard] les six cartes 2, 3, 4, 5, 9, 12 qui serviront dans la chaine d'opérations. Un élève me suggère de faire $9 \times 9 + 5 = 86$. Je fais remarquer qu'il y a seulement un 9, il n'est donc pas possible d'utiliser cette chaine d'opérations. Un élève propose d'utiliser le 4 et le 5 pour remplacer un des 9 et d'utiliser le 2 et le 3 pour remplacer le 5, ce qui ferait alors une nouvelle chaine d'opérations [encore plus longue] avec le même résultat : $(4 + 5) \times 9 + 2 + 3 = 86$. En lien avec l'enjeu, penser en matière de chaine d'opérations et recourir à beaucoup de cartes pour atteindre le total des dés permet de déposer sur la fiche-défi plus de pierres, ce qui mène éventuellement à terminer le jeu plus rapidement. Voici comment cela s'est déroulé :

Chercheuse :	Donc vous voyez, j'ai pigé 6 cartes. J'ai le 12, le 3, le 4, le 2, le 5 et le 9. OK, une fois que j'ai pigé mes 6 cartes, parce qu'il faut que l'on ramasse les pierres, donc pour ça il faut réussir le défi OK, donc je vais brasser mes dés. Ce sont des dés à 10 faces, OK si je les place ici, mais vous ne le voyez peut-être pas très bien, mais j'ai un 8 et un 6. Avec 8 et 6 quels sont les deux nombres que l'on peut faire ? Donc 86 et 68. L'objectif c'est qu'avec les cartes que j'ai pigées ici, je vais faire soit 86 ou 68 en faisant différentes opérations mathématiques comme des additions, des multiplications, des soustractions ou des divisions. Vous pouvez même imaginer des parenthèses, bref, le choix est vraiment infini. Alors, si je regarde les cartes qui sont là. Avec le 12, le 3, le 4, le 2 le 5 et le 9, est-ce que je suis capable de faire soit 86 ou 68 ? Hummmm. Y a-t-il quelqu'un qui a une première proposition peut-être ? Oui.
Élève 1 :	8 x 6.
Chercheuse :	Faut chercher, donc 8 x 6 ça va faire 86 ?
Élève 1 :	Non, 8 x 6 ça fait 48.
Chercheuse :	Ce n'est pas encore assez. Qu'est-ce qui va donner 86 ?
Élève 2 :	Ah, faut OK ouin ?
Chercheuse :	Oui.
Élève 3 :	Eh bien 9 x 9 ça donne 81, + 5 ça donne 86.
Chercheuse :	OK.
Enseignante :	Mais là, attends, il faut avoir toutes les cartes ?
Chercheuse :	Il faut avoir toutes les cartes. Donc ici j'ai en premier le 9.
Élève 2 :	Ah.
Chercheuse :	9 x 9 c'est ça avec les cartes qui restent, les 5 autres, est ce que je suis capable de faire un autre 9.
Élève 3 :	Non.
Élève 2 :	Euh…
Élève 4 :	Oui, 5 + 4.
Chercheuse :	Donc là, donc je suis à 9 x 9 = 81.
Élève 4 :	+3, +2.
Chercheuse :	+ 3, + 2. Donc 9 x 9, 81 + 3 + 2 ça fait 86.

Figure 4.23 Extrait de verbatim 17 de la séance du jeu *Supers mineurs* de 02:58 à 05:11

Le concept de chaine d'opérations est essentiel à la mécanique de ce jeu puisqu'en y recourant, on dépose des cartes permettant d'accumuler des pierres et éventuellement de remplir la fiche-défi. Le jeu a été choisi avec l'enseignante en partie en raison de la présence de ce concept, tel qu'expliqué dans l'analyse *à priori*. Dans le jeu, les élèves doivent donc faire des chaines d'opérations qui prennent le plus de cartes possible. S'ils n'ont pas la carte dont ils ont besoin, ils peuvent peut-être effectuer une opération à partir de celles qu'ils ont pour la générer. Contrairement à ce qu'on a vu dans avec *Casse-tête fractions*, le concept de chaine d'opérations est présenté clairement dès le début de la séance de jeu. Au moment de le faire, on voit avec cet extrait que je suis surtout dans une posture de maitre de jeu, puisque j'explique la mécanique avec les dés et les cartes. Quant aux élèves, ils sont dans une posture d'actants puisqu'ils cherchent à comprendre le fonctionnement du jeu en me posant des questions. Cela dit, on voit bien que des élèves mettent d'ores et déjà à profit leurs connaissances du concept mathématique de chaine d'opérations, qui a déjà été abordé à différentes occasions par l'enseignante au cours d'activités antérieures au jeu. La présentation des règles et de la mécanique d'un jeu qui s'appuie fortement sur un concept peut donc constituer l'occasion pour les élèves de montrer ce qu'ils en connaissent. L'interaction aurait pu être l'occasion de revenir plus à fond sur le concept, de demander aux élèves pourquoi les chaines sont équivalentes ou comment ils font pour trouver des équivalences, mais nous avions en tête de terminer rapidement la présentation du jeu.

4.5.2 MOMENT 14 : autour des concepts de groupements et d'échange

Un autre aspect du jeu qui demande à être expliqué concerne la manière dont on doit déposer le nombre de pierres correspondant au nombre de cartes utilisées. Dans l'exemple fait lors de la présentation, la chaine d'opérations prend cinq cartes et le joueur peut donc déposer cinq pierres bleues [voir figure 4.25 en A]. Cependant, des échanges peuvent aussi être faits : on peut échanger un groupement de deux pierres bleues pour une pierre rouge. Si on le fait deux fois, il reste alors une pierre bleue, et on peut ensuite échanger deux pierres rouges pour une pierre verte [voir figure 4.25 en B]. Voici comment l'explication de ceci a pris forme :

Chercheuse :	Le but c'est de remplir la carte. Alors je vais vous montrer cinq pierres bleues sur ma carte, qu'est-ce que ça fait. Je mets une première pierre ici. Les pierres bleues sont les plus petites avec lesquelles au début, on commence. Et c'est quand même fragile. 1, 2, 3, 4, je n'ai plus de place pour mettre mon autre pierre.
Élève :	Bien oui, il y en a plein.
Chercheuse :	Bien non, regarde ce n'est pas la même forme. Donc on a des pierres sur nos cartes, on a des pierres qui sont rondes, on a des pierres triangulaires puis on a des pierres rectangulaires. Et on a une légende qui nous explique les circonstances pour faire des échanges. Parce que quand on commence on ramasse des pierres bleues. C'est ça qu'il y a partout et on peut aller euh, faire des échanges. Alors…
Élève :	Avec d'autres personnes.
Chercheuse :	Bien plutôt avec ton sac de pierres. OK. Donc ce que la légende me dit ici, c'est qu'avec, vous ne le voyez pas très bien, mais avec deux pierres bleues j'ai le droit d'avoir une pierre rouge. Donc je vais faire un échange. J'en avais cinq en, vous vous rappelez ? J'en ai une ici que je n'ai pas encore été capable de placer. Alors je vais échanger mes pierres bleues pour une pierre rouge. Alors j'ai réussi à occuper deux places rouges et une place bleue.
Élève:	Mais c'est parce que…
Chercheuse :	Ouais.
Élève :	Est-ce que les rouges sont plus payantes que les bleues ?
Enseignante :	Ouais.
Chercheuse :	Oui et plus payantes que les rouges se trouvent la pierre verte. En, donc ça prend 2 pierres rouges pour obtenir une pierre verte. Et puis, si vous faites plusieurs défis cet après-midi avec nous. C'est pour ça que je suis là quand même longtemps. On a des pierres orange que l'on peut aller obtenir. C'est un beau diamant que l'on obtenir comme cela.

Figure 4.24 Extrait de verbatim 18 de la séance du jeu *Supers mineurs* de 06:27 à 08:20

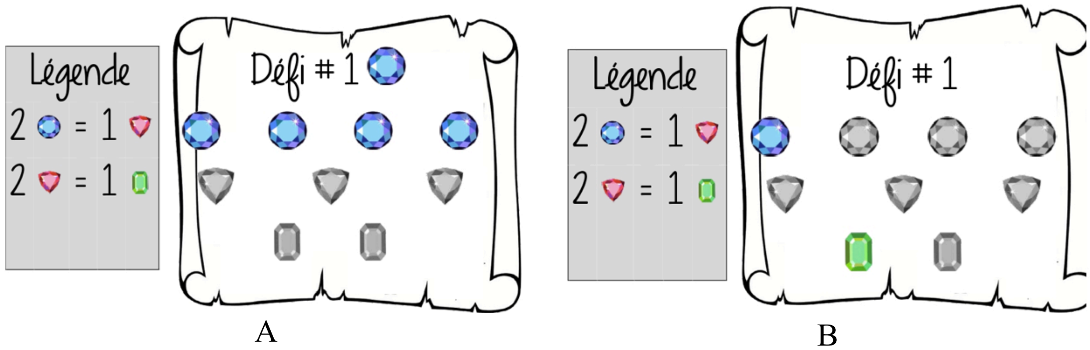


Figure 4.25 Échange de pierres au courant de la partie simulée

Les groupements de pierres selon la légende, et les échanges à faire font partie de la mécanique du jeu pour gagner. Le nombre limité de pierres de chaque joueur doit forcer les échanges, par ailleurs nécessaires pour remplir la fiche-défi. Comme prévu dans l'analyse *à priori*, on voit ici que le concept mathématique de groupement et d'échange est abordé à travers la mécanique du jeu [les pierres ont des valeurs différentes], et sera éventuellement renforcé par le choix fait sur le plan du matériel. Toutefois, il faut un certain temps pour expliquer cette mécanique assez complexe. Dans cette interaction, je suis dans une posture de maitre de jeu puisque j'explique la mécanique entourant le dépôt des pierres sur les cartes du jeu, alors que les élèves sont dans une posture d'actants, puisque leurs questions portent essentiellement sur la mécanique du jeu. Implicitement, le principe d'échange impliqué ici est connu des élèves dans la mesure où il est très présent dans notre système de numération, par exemple au moment de faire des additions et des soustractions [retenus et emprunts]. Encore une fois, on aurait pu prendre un moment pour expliciter ceci avec les élèves, et adopter une posture plus didactique, mais ça n'a pas été le cas.

4.5.3 MOMENT 15 : autour du concept de propriété des opérations

Afin de m'assurer d'une bonne compréhension du jeu de la part des élèves, je continue la présentation avec une deuxième simulation. Les dés donnent alors 0 et 2 [il faudra que la chaine donne 02 ou 20], et les cartes pigées sont : 1, 1, 2, 3, 11 et 12.

Un élève propose $12 + 11 - 2 - 1 = 20$. Cette proposition est bonne et est un bon exemple du concept de chaine d'opérations. Toutefois, un élève propose d'utiliser une carte de plus en multipliant le tout par 1. Cet élève semble s'appuyer sur le fait que 1 est un élément neutre dans la multiplication :

Élève :	Mais genre tantôt tu avais fait quelque chose, mais tu fais juste ajouter x 1.
Chercheuse :	Oui c'est une idée pourquoi est-ce que tu rajoutes x 1 parce que tantôt on avait 12 + 11 – 3 pis on pourrait faire fois 1.
Élève :	Parce que ça garde le même chiffre.
Chercheuse :	Parce que ça garde le même chiffre.
Enseignante :	Ouais.
Chercheuse :	OK, donc c'est une autre idée, mais là on a trouvé une solution qui mettait les 6 cartes donc c'est encore meilleur. Mais, mais garde cette stratégie-là en tête parce que c'est fort probable que vous allez vous en servir. Parce que x 1 des fois ça nous permet de nous dépanner.

Figure 4.26 Extrait de verbatim 19 de la séance du jeu *Supers mineurs* de 16:36 à 17:07

Le concept de propriété des opérations ne fait pas à proprement partie de la mécanique du jeu; toutefois, son emploi pourrait permettre à l'élève de déposer plus de cartes et donc de terminer plus rapidement son défi. Le concept d'élément neutre et d'autres propriétés des opérations font partie du programme de 5e année et ont déjà été abordés avec l'enseignante. On voit donc que même si l'enseignante et moi sommes toujours dans une posture de maitres de jeu et que les élèves semblent surtout dans une posture d'actants, un travail mathématique fort intéressant est à l'œuvre. Sans même suspendre la présentation du jeu pour faire une parenthèse mathématique [par exemple sur les propriétés des opérations], le jeu représente l'occasion d'utiliser des concepts mathématiques. Ceci est fait en lien direct avec la mécanique du jeu [et l'enjeu]. On notera par ailleurs que le concept de propriété des opérations n'avait pas été identifié dans l'analyse *à priori*, et aucune intervention n'a été planifiée en ce sens. Le jeu est donc aussi l'occasion pour les élèves de mettre en scène des concepts mathématiques pertinents au jeu et qui auraient pu être échappés par l'enseignant au moment de sa préparation.

Une fois la présentation terminée, l'enseignante et moi remettons aux élèves un sac contenant les pierres et les cartes de même que la carte du premier défi. Les élèves utilisent leur calculatrice. Les caméras sont alors tournées vers deux tables. L'enseignante et moi circulons entre les tables pour répondre aux questions des élèves. Nous échangeons aussi les cartes défi chaque fois qu'ils en ont terminé une.

4.5.4 MOMENT 16 : autour des processus pour calculer une opération

Au cours de la partie, les élèves peuvent utiliser la calculatrice, mais ne sont pas obligés de le faire. Voici comment un élève qui n'a pas recours à la calculatrice prend beaucoup de temps à calculer une chaine d'opérations et semble même se décourager au jeu :

Élève 1 :	[Il reçoit le matériel du jeu et s'installe pour commencer. Il dispose six cartes devant lui : 3, 3, 4, 4, 8 et 9. Il lance ensuite les dés obtenant un 5 et un 6.]
… 3 minutes plus tard…	
Élève 1 :	Ah ! Ça marche mon affaire ?
Élève 2 :	C'est quoi que tu dois faire ?
Élève 1 :	56 ou 65. Oh, c'est trop compliqué.
Élève 2 :	OK.
Élève 1 :	[Regardant sur la fiche-défi de l'élève 2 qui a déjà déposé une pierre verte sur sa fiche-défi] Sérieux ?
Élève 2 :	Bien, j'en avais six bleues donc.
Élève 1 :	Mais c'est trois rouges pour une verte ?
Élève 2 :	J'avais 6 bleues, ça fait 3 rouges et donc 1 verte.
Élève 1 :	[Pousse un soupir en regardant les autres élèves autour de lui qui ont tous déposé des pierres et qui utilisent d'ailleurs leur calculatrice.]
… 1 minute plus tard…	
Élève 1 :	[En regardant l'élève 3]. Bien là !
Élève 3 :	Moi il me reste juste une verte à faire. [Regardant l'élève 1 qui n'a toujours pas déposé de pierre sur sa fiche-défi.]
Élève 1 :	[Il poursuit en regardant les cartes. Il en déplace de côté par moment. Il se frotte le front en faisant les calculs mentalement. Il compte aussi sur ses doigts. Il ne prend pas sa calculatrice qui est juste devant lui.] Ah non, 54 !
… 4 minutes plus tard…	
Élève 1 :	[Il prend sa calculatrice. On ne voit pas ce qu'il inscrit et on n'entend pas non plus les chaines d'opérations] Je ne peux pas !
… 1 minute plus tard…	
Élève 1 :	Moi je n'en ai fini aucun, je ne comprends pas.
Élève 2 :	Moi j'ai fini.
Enseignante :	[Elle remet à l'élève 2 remet la fiche-défi suivante.]
… 5 minutes plus tard…	
Élève 1 :	[Parviens à faire sa chaine d'opérations et ainsi à déposer ses premières pierres sur sa fiche-défi.]

Figure 4.27 Extrait de verbatim 20 de la séance du jeu *Supers mineurs* de 23 :00 à 39 :00

Au cours de la présentation des règles du jeu *Supers mineurs*, j'ai expliqué aux élèves qu'ils pourraient calculer leur chaine d'opérations en utilisant la calculatrice comme processus, sans en faire une obligatoire. J'aurais pu demander aux élèves de procéder par calcul mental ou par écrit, mais l'intention didactique étant de trouver différentes chaines d'opérations et de faire des groupements, il semblait que les élèves seraient « actifs » mathématiquement même s'ils utilisent la calculatrice comme processus. Il apparait lourd pour des élèves de 5^{e} année d'appliquer le concept de chaine d'opérations, d'échanges et en plus de calculer chacune de leurs hypothèses avec un autre processus que la calculatrice. L'élève 1 nous en fait ici la démonstration, ça lui prend environ seize minutes déposer la première pierre sur sa fiche-défi alors que l'élève 2 juste à côté de lui a le temps de remplir sa fiche-défi au complet. Il est possible que les élèves commettent des erreurs avec le processus de calcul mental ou de calcul écrit [et avec la calculatrice aussi], ce qui ralentirait le rythme du jeu rendant l'activité mathématique moins ludique. C'est d'ailleurs ce que l'on voit puisque l'élève 2 avait déjà déposé des pierres après à peine trois minutes, et on a observé les premiers signes d'impatience de l'élève 1 qui n'en a pas encore déposé. Le processus mathématique qui avait été identifié *à priori* permet bel et bien d'avoir un certain rythme au cours du jeu, chaque carte défi prenant en moyenne une vingtaine de minutes à effectuer, ce qui permet de conserver le côté ludique pour les élèves. L'élève 2 a réalisé cinq chaines d'opérations différentes en ayant recours à la calculatrice comme processus de calcul alors que pendant le même laps de temps, l'élève 1 en calcule une seule.

Le recours au processus de la calculatrice à l'intérieur de la mécanique du jeu permet à l'élève d'alléger les tâches qui le mèneraient à remplir une fiche-défi. Il y a parfois plusieurs essais à faire pour trouver la chaine d'opérations qui permet d'utiliser le plus de cartes [donc de déposer plusieurs pierres]. Le processus de la calculatrice permet de rapidement vérifier les différentes propositions. Du point de vue de l'activité mathématique, on voit que durant le jeu, l'enseignante peut proposer l'usage d'un processus mathématique pour éviter que le jeu n'en soit plus un.

***

Les élèves remplissent donc leur fiche-défi individuellement. Étant donné que la simulation a pris pas moins de 30 minutes, la séance de jeu se poursuit après la récréation. Compte tenu de la nature individuelle du jeu, les moments mathématiques sont assez semblables. De plus, puisque la caméra filme six élèves en même temps, il manque des informations pour procéder à une analyse approfondie. Une fois que les élèves ont relevé le 4^{e} défi, ils remplissent le questionnaire de retour. Il n'y a pas de retour collectif pour ce jeu. Par contre, avant la fin de la séance, un retour est effectué sur l'ensemble des séances de jeux pour cette recherche.

4.6 Analyse *à postériori* des aspects mathématiques

En lien direct avec les questions de recherche qui animent cette thèse, la section qui précède permet d'avoir une bonne idée de ce qui peut se passer mathématiquement quand des élèves jouent à des jeux mathématiques en classe du primaire. Il ne s'agit évidemment que d'un survol [entre autres en raison des contraintes d'espace qui empêchent de présenter un récit plus détaillé], mais qui permet de brosser un portrait relativement diversifié en matière de possibilités. Ce portrait est aussi l'occasion, comme envisagé dans le chapitre précédent, de générer des questions et des idées. Certaines ont déjà été formulées au cours des récits qui précèdent. Dans le chapitre suivant, une lecture transversale me conduira à en formuler de nouvelles. Toutefois, avant de clore ce chapitre, je crois intéressant de faire le point, du moins rapidement, sur les aspects mathématiques qui ont été effectivement observés durant l'expérimentation des cinq jeux. Il ne s'agit pas ici d'effectuer une analyse fine de comparaisons avec l'analyse *à priori* [travail fort intéressant, mais qui demanderait des précautions méthodologiques et plus d'espace qu'il est possible d'en prendre ici], mais simplement *d'ajouter* aux possibles qui avaient été identifiés et, au passage, de souligner quelques pistes éventuelles pour des recherches futures qui iraient dans cette direction. Il ne faut donc pas voir les tableaux synthèses proposés comme une version corrigée, finale ou définitive des possibilités mathématiques des jeux, mais plutôt comme une version enrichie de l'analyse *à priori* de telles possibilités mathématiques.

4.6.1 Aspects mathématiques *à postériori* du jeu 1 : *Trois pour moi*

Au cours du jeu *Trois pour moi*, j'ai vu l'occasion d'un certain travail sur les probabilités à travers le lancer des dés : un évènement aléatoire qui pourrait être l'occasion de discuter faire avancer les élèves sur leurs compréhensions et leur « conceptions » à ce niveau. J'avais aussi noté, en réponse à une question d'élève, une amorce de discussion autour de la commutativité de la multiplication [A x B = B x A] en lien avec l'ordre de lecture des deux dés. Il est aussi intéressant de relever que les élèves ont proposé et fait appel à des processus mathématiques [pour calculer le produit des multiplications] plutôt que ce qui avait été envisagé : utiliser une technique basée sur les doigts, recourir à la calculatrice, utiliser la table de Pythagore formant la planche de jeu, et compter par bonds. Il a aussi été question de la propriété de l'élément neutre de la multiplication. Enfin, j'ai aussi réalisé que le jeu offre également l'occasion de travailler le raisonnement en raison des différentes possibilités liées aux possibilités d'obtenir différents produits. En effet, le produit « 24 » par exemple peut être obtenu de six façons différentes et il se trouve donc plusieurs fois dans la table de jeu. Le produit « 25 », quant à lui, ne s'obtient que d'une seule façon, soit 5 x 5. Ces observations sur la fréquence s'ajoutent à celles que j'avais envisagées concernant le choix d'une case. De plus, selon les cases occupées ou non, ou en fonction des chances d'obtenir les produits voisins, on doit donc tenter de choisir le mieux possible la case où placer son jeton. Il peut s'avérer judicieux de déposer son jeton « près » d'un autre qui nous appartient afin d'éventuellement en aligner trois pour gagner. Dans d'autres circonstances, il peut aussi être plus sensé de déposer son jeton près de celui d'un adversaire afin de le bloquer. Le tableau suivant présente une synthèse des aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Trois pour moi* [voir tableau 4.1 avec en gris ce qui avait été identifié *à priori].*

Tableau 4.1 Aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Trois pour moi*

Concepts	• Hasard • Commutativité
Processus	• Calculer le produit d'une multiplication o En recourant au répertoire mémorisé o En calculant mentalement o En ayant recours à une technique basée sur les doigts o En ayant recours à la table de Pythagore o En faisant des bonds de 5 o En ayant recours à la calculatrice
Raisonnements	• Choisir la case où placer son jeton

4.6.2 Les aspects mathématiques *à postériori* du jeu 2 : *Faisons la paire*

L'expérimentation du jeu *Faisons la paire* avec ce groupe d'élèves n'a pas conduit à l'identification de concepts mathématiques qui n'avaient pas été envisagés *à priori*, mais a montré qu'il faut parfois s'attendre à revenir plus en détail que prévu sur certains. En effet, l'enseignante et moi n'avions pas envisagé de discuter en détail du concept de nombre premier et de nombre carré [autour du cas du nombre 1]. Comme pour le jeu 1, j'ai aussi observé l'apparition de processus non envisagés *à priori* : ici, certains élèves ont écrit des tables pour retrouver les facteurs d'un nombre plutôt que d'utiliser le processus d'arrangement spatial. Il pourrait même être possible d'approfondir le processus d'arrangement spatial pour déterminer la propriété d'un nombre afin de connaître le type de structuration spatial de l'élève (Battista, 2008). Enfin, l'expérimentation fait réaliser l'importance des raisonnements mathématiques que doivent employer les élèves en cours de partie. Je n'avais pas noté des raisonnements en lien avec certaines stratégies : chercher à faire des paires de nombres triangulaires qui valent plus de points même si c'est plus long à trouver versus chercher à faire des paires faciles, mais valant moins de points. Un autre défi particulier lié au jeu consiste à raisonner au moment de former des paires, puisque certains nombres peuvent appartenir à différentes paires dont certaines valent plus de points [1 et 36 valent quatre points comme paire de nombres triangulaires, mais trois points comme paire de nombres carrés]. Il s'agit là d'aspects auxquels peu d'attention avait été portée *à priori*, et qui s'ajoutent donc au tableau des possibilités mathématiques identifiées autour de ce jeu [voir tableau 4.2 avec en gris ce qui avait été identifié *à priori*].

Tableau 4.2 Aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Faisons la paire*

Concepts	• Propriété des nombres
	  ○ Nombre premier
	  ○ Nombre carré
	  ○ Nombre triangulaire

Processus	• Déterminer les propriétés d'un nombre
	  ○ En recourant à la définition
	  ○ En réalisant un arrangement spatial
	  ○ En dressant la liste des tables de multiplication

Raisonnements	• Choisir les propriétés d'un nombre

4.6.3 Les aspects mathématiques *à postériori* du jeu 3 : *Otrio*

Le jeu *Otrio* a été sélectionné afin de voir ce que l'on pourrait dire à propos des raisonnements mathématiques dans le cas d'un jeu où il y a peu [ou pas] de concepts mathématiques identifiables. La réalisation du jeu en classe n'a pas conduit à l'identification de concept qui aurait échappé à l'analyse *à priori*, et du point de vue des raisonnements, il n'y a pas non plus de nouveauté marquée. Une des difficultés que je constate ici concerne le fait que les élèves ont été peu bavards à propos des motifs de leurs actions dans le jeu, et qu'il est difficile d'inférer des raisonnements seulement en regardant les actions posées par les joueurs. On sent cependant que les conduites des élèves seraient intéressantes à analyser plus finement afin d'apporter des nuances à propos des raisonnements qu'ils déploient. Un outil conceptuel plus précis et un design différent seraient par contre probablement nécessaires. Il s'agit là en tout cas d'une piste intéressante à explorer, mais qui semble aussi difficile qu'elle s'annonçait au départ : l'expérimentation confirme donc, pour ainsi dire, cette intuition. Voici néanmoins une synthèse de ce que j'ai pu identifier en matière de potentiel mathématique pour *Otrio* [voir tableau 4.3 avec en gris ce qui avait été identifié *à priori*].

Tableau 4.3 Aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Otrio*

Raisonnements	• Choisir la case où placer son jeton

4.6.4 Les aspects mathématiques *à postériori* du jeu 4 : *Casse-têtes de fractions*

Le jeu suivant a aussi été l'occasion de voir que certains éléments mathématiques impliqués dans le jeu peuvent demander plus d'attention que ce qui avait été prévu. Ainsi, l'enseignante et moi-même avons été surprises de devoir réexpliquer plusieurs fois aux élèves les processus d'addition de fractions et les processus pour trouver des fractions équivalentes ou pour vérifier l'équivalence entre deux fractions. Du point de vue des raisonnements, on a vu le cas d'une équipe qui a formé son dernier casse-tête « par défaut », ayant validé les deux premiers. Il s'agit d'un raisonnement sur les pièces qui est assez évident [s'il reste ces pièces-là, alors elles forment un tout et doivent pouvoir s'assembler puisqu'il faut avoir trois casse-têtes complets et rien de plus], mais ceci m'avait échappé. Les élèves ont eu davantage recours en cours de jeu à l'organisation par pièce qu'anticipé. Le tableau suivant présente une synthèse des aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Casse-tête de fractions* [voir tableau 4.4 avec en gris ce qui avait été identifié *à priori].*

Tableau 4.4 Aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Casse-tête de fractions*

Concepts	• Proportionnalité • Entier/tout d'une fraction
Processus	• Agencer des pièces [sens spatial] • Additionner des fractions [incluant le processus d'équivalence de fraction si nécessaire]
Raisonnements	• Déduction que la somme des fractions sur les pièces restantes sera 1

4.6.5 Les aspects mathématiques *à postériori* du jeu 5 : *Supers mineurs*

Le cinquième jeu a réservé peu de surprise quant aux aspects mathématiques avec le concept de chaine d'opérations ainsi que celui de groupements et d'échanges. Toutefois, le concept de propriété des opérations n'avait pas été envisagé *à priori.* En réalisant sa chaine d'opérations, l'élève a avantage à multiplier par 1 pour déposer une pierre de plus sur la fiche-défi sans changer le résultat de la chaine d'opérations [propriété de l'élément neutre dans la multiplication]. De la même façon, certains élèves ont eu recours au 0 comme élément neutre dans l'addition et d'autres au 0 comme élément absorbant de la multiplication, ce qui leur permettait alors de déposer souvent plusieurs pierres d'un seul coup. Quant au processus de calculer la chaine d'opérations avec la calculatrice, certains élèves y ont eu peu recours, bien que cela leur ait été fortement recommandé. Cela a fait en sorte qu'ils prenaient beaucoup plus de temps à calculer une opération et donc à remplir une fiche-défi. En raison de ce choix fait par l'élève, les mathématiques semblaient tellement présentes au cours de la partie en raison des nombreux calculs mentaux à faire alors que le côté ludique semblait disparaitre qu'on n'avait plus l'impression d'être dans un jeu. Il s'agit là d'aspects qui s'ajoutent donc au tableau des possibilités mathématiques identifiées autour de ce jeu [voir tableau 4.5 avec en gris ce qui avait été identifié *à priori*].

Tableau 4.5 Aspects mathématiques envisageables autour du jeu *Supers mineurs*

Concepts	• Chaine d'opérations
	• Groupements et échanges
	• Propriétés des opérations
	    o 1 comme élément neutre de la multiplication
	    o 0 comme élément neutre de l'addition
	    o 0 comme élément absorbant de la multiplication

Processus	• Calculer une opération
	    o En ayant recours à la calculatrice et au calcul mental
	    o En ayant recours exclusivement au calcul mental

4.7 La synthèse des concepts, les processus et les raisonnements mathématiques qui apparaissent pendant que les élèves jouent à des jeux mathématiques en classe du primaire

Dans le cadre conceptuel [voir chapitre 2], j'ai présenté, à l'aide de réanalyses, les aspects mathématiques [concepts, processus et raisonnements mathématiques] qui pourraient être observés durant une séance de jeu en classe du primaire. La clé d'analyse préliminaire [voir Annexe B] a été utilisée pour le traitement des données recueillies. Avec les aspects mathématiques observés, voici ci-dessous la clé d'analyse qui pourrait servir à une éventuelle recherche. Dans l'esprit de la recherche exploratoire, il faut envisager un point « varia », car, que l'on reprenne les mêmes jeux ou qu'on les change, l'activité mathématique des élèves peut être différente.

Tableau 4.6 Aspects mathématiques envisageables lors d'une séance de jeu

Concepts	• Définitions ○ Hasard [Jeu 1 : *Trois pour moi*] ○ Commutativité [Jeu 1 : *Trois pour moi*] ○ Proportionnalité [Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] ○ Entier/tout d'une fraction [Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] ○ Chaine d'opérations [Jeu 5 : *Supers mineurs*] ○ Groupements et échanges [Jeu 5 : *Supers mineurs*] • Propriétés ○ Propriétés des nombres [Jeu 2 : *Faisons la paire*] ○ Propriétés des opérations [Jeu 5 : *Supers mineurs*]

Processus	• Calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1 : *Trois pour moi*] • Déterminer les propriétés d'un nombre [Jeu 2 : *Faisons la paire*] • Additionner des fractions [incluant le processus d'équivalence de fraction si nécessaire] [Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*] • Calculer une opération [Jeu 5 : *Supers mineurs*]

Raisonnements	• Choisir la case où placer son jeton [Jeu 1 : *Trois pour moi*] • Choisir les propriétés d'un nombre [Jeu 2 : *Faisons la paire*] • Choisir la case où placer son jeton [Jeu 3 : *Otrio*] • Déduction que la somme des fractions sur les pièces restantes sera 1 [Jeu 4 : *Casse-tête de fractions*]

CHAPITRE V

DISCUSSION ET PISTES DE RECHERCHES POTENTIELLES

Dans le chapitre précédent, j'ai analysé l'activité mathématique durant cinq séances de jeux en faisant ressortir de manière illustrative les concepts, les processus et les raisonnements qui font la richesse de cet environnement. Dans ce chapitre, je discute de ce qui s'est passé mathématiquement du point de vue des séances de jeu, des différents éléments dans la classe ainsi que des caractéristiques formelles du jeu. J'en profite par ailleurs pour faire le point sur les variations entre les différents jeux sur le plan des modalités. En effet, si le chapitre 3 présente une brève analyse *à priori* de chaque jeu, les différents choix qui ont été faits n'ont pas été discutés du point de vue de la variété des possibilités et de l'effet possible de ces choix. L'expérimentation ayant permis de façon globale de mettre en œuvre à peu près tout ce qui avait été envisagé, il est donc intéressant ici de souligner et commenter au moins brièvement cette diversité. On pourrait évidemment aller beaucoup plus loin et explorer en détail, à la lumière des expériences, le design et les modalités de chaque jeu : vu sa portée, cette recherche exploratoire vise plus modestement à identifier des pistes de questionnement en ce sens à travers le premier éclairage que ceci fournit sur la question de savoir ce qui se passe mathématiquement quand des élèves jouent à un jeu mathématique en classe au primaire.

5.1 Les aspects mathématiques durant une séance de jeu en classe

Au cours des cinq séances de jeux, plusieurs aspects mathématiques ont été relevés. En plus d'ajouter des concepts, processus et raisonnements à ce qui avait été présenté dans le cadre conceptuel [chapitre 2] et dans l'analyse *à priori* [chapitre 3], j'explique comment ces aspects mathématiques apparaissent durant les séances de jeu en classe.

5.1.1 Le bilan du point de vue des concepts mathématiques

Dans les cinq séances de jeux, on a vu que plusieurs concepts pouvaient être abordés : hasard et commutativité de la multiplication [*Trois pour moi*], propriété d'un nombre [*Faisons la paire*], tout et proportionnalité en fraction [*Casse-tête de fractions*] ainsi que propriété des opérations, les chaines d'opérations ainsi que le groupement et les échanges [*Supers mineurs*]. Il ne semble pas y avoir de concepts [autres que des notions de type alignement selon la couleur ou la taille] dans le jeu *Otrio* en raison des caractéristiques formelles du jeu qui font l'objet d'une analyse au chapitre 3. L'abondance de concepts mathématiques relevés dans seulement quatre jeux illustre la richesse des mathématiques lorsque l'on joue en classe. On peut donc se demander s'il est possible de couvrir tous les concepts du *Programme de formation de l'école québécoise* en jouant.

Par ailleurs, il est intéressant de distinguer comment différents aspects mathématiques apparaissent au cours d'une séance. Le tableau qui suit montre les huit concepts mathématiques observés en fonction de la manière dont ils sont abordés par l'enseignante, l'élève et dans le jeu. On remarque que les concepts mathématiques ont été abordés de quatre façons différentes par l'enseignante, de quatre façons différentes par l'élève et de trois façons différentes par le jeu.

La manière dont les élèves rencontrent les concepts est très variée. Les concepts mathématiques peuvent par exemple être réexpliqués aux élèves [*Trois pour moi,* *Faisons la paire*], introduits aux élèves [*Faisons la paire*], simplement mentionnés au passage *[Trois pour moi, Supers mineurs*] par l'enseignante ou laissés à découvrir par les élèves [*Casse-tête de fractions*]. Une réflexion serait intéressante à mener en regard du fait que des élèves pourraient avoir des compréhensions erronées de certains concepts mathématiques qui ne sont pas essentiels au jeu. Quelle importance y accorder ? Quand et comment intervenir sur ces éléments ? Sur quelles bases prendre de telles décisions ?

On remarque aussi que l'enseignante peut ne pas être consciente en jouant de la présence d'un concept mathématique [*Trois pour moi*], intervenir spontanément [*Trois pour moi*], avoir préparé des interventions pour les élèves quant au concept mathématique [*Faisons la paire, Supers mineurs*] ou vouloir laisser chercher les élèves quant à un concept mathématique [*Casse-tête de fractions*]. Le recours à des jeux mathématiques comporte une partie de spontanéité dans laquelle il faut se montrer alerte aux éléments mathématiques, afin de garder l'équilibre entre le côté ludique et le côté mathématique du jeu. Devant la diversité de manières dont l'enseignante intervient par rapport aux concepts mathématiques, on peut se demander dans quelle mesure ou de quelle manière les interventions [ou non-intervention] de l'enseignante doivent être préparées, en particulier lorsque la mobilisation de ces concepts mathématiques est nécessaire au jeu.

Remarquons aussi que les concepts mathématiques ont été utiles dans les jeux *Faisons la paire, Casse-têtes de fractions* et *Supers mineurs,* car leur mobilisation adéquate permettait de gagner [ou terminer] le jeu. Bien que présents dans *Trois pour moi,* les concepts mathématiques n'étaient pas essentiels à la mécanique du jeu ni pour gagner. Les concepts mathématiques peuvent donc se trouver à l'intérieur du jeu, mais leur implication dans la dimension ludique n'est pas toujours de la même importance. En lien avec le jeu, on peut se questionner sur la place à accorder aux concepts qui se présentent aux élèves à travers le matériel ou le déroulement du jeu, mais qui ne sont pas essentiels au fait de gagner le jeu. Comment introduire un concept qui ne permet pas de gagner sans enlever le côté ludique du jeu ? Et plus généralement, comment animer des discussions mathématiques permettant de consolider la compréhension de certains concepts sans trop affecter le jeu ?

Tableau 5.1 : Concepts mathématiques en fonction des interventions de l'enseignante, des interventions des élèves et des caractéristiques formelles du jeu

	Enseignante				**Élève**				**Jeu**		
	Absence de prise en compte	Intervention spontanée	Intervention préparée	Non-intervention préparée	Mentionner	Réexpliquer	Introduire	Laisser à découvrir	À travers le matériel	Permet de gagner	Essentiels au déroulement
Hasard [Moment 2/*Trois pour moi]*	■				■				■		
Commutativité de la multiplication [Moment 4/*Trois pour moi*]		■				■			■		
Propriétés d'un nombre [Moment 5/*Faisons la paire]*			■			■	■			■	
Proportionnalité d'une fraction [Moment 09/*Casse-tête de fractions*]				■				■		■	
Entier/tout d'une fraction [Moment 10/*Casse-tête de fractions*]				■				■		■	
Chaine d'opérations [Moment 13/*Supers Mineurs*]			■		■						■
Groupements et échanges [Moment 14/*Supers Mineurs*]			■		■						■
Propriétés des opérations [Moment 15/*Supers Mineurs*]			■		■						■

5.1.2 Le bilan du point de vue des processus mathématiques

On rencontre des processus mathématiques dans quatre des cinq séances de jeux : calculer le produit d'une multiplication [*Trois pour moi*], déterminer la propriété d'un nombre [*Faisons la paire*], additionner des fractions [*Casse-tête de fractions*] ainsi que calculer une chaine d'opérations [*Supers mineurs*]. Dans le jeu *Otrio*, il ne semble pas y avoir de processus mathématiques en raison des caractéristiques formelles du jeu qui font l'objet d'une analyse au chapitre 3. Tout comme pour les concepts mathématiques, la grande majorité des séances de jeux ont constitué l'occasion d'aborder des processus mathématiques puisqu'ils guidaient l'enseignante et moi dans le choix des jeux, et on peut ici aussi se demander dans quelle mesure il serait possible de couvrir tous les processus du *Programme de formation de l'école québécoise* en jouant.

Dans le tableau synthèse suivant, je présente quatre processus mathématiques relevés dans les jeux en fonction de la manière dont l'enseignante et les élèves sont intervenus en plus des caractéristiques formelles du jeu [voir tableau 5.2]. On remarque que les processus mathématiques ont été abordés par l'enseignante et les élèves de façon similaire à ce qui a été présenté pour les concepts mathématiques, que l'on trouve au tableau 5.1.

On observe que lorsque l'on joue à un jeu, les processus mathématiques sont parfois mentionnés aux élèves lorsqu'ils sont déjà connus [*Trois pour moi* et *Supers mineurs*], ou ont été réexpliqués lorsqu'ils avaient été récemment enseignés [*Casse-tête de fractions*] et même introduits aux élèves pour la première fois [*Faisons la paire*]. Les connaissances antérieures des élèves différaient donc beaucoup d'un jeu à l'autre alors que leur mobilisation était soit essentielle au déroulement ou permettait de gagner. Les élèves ont eu besoin de beaucoup plus d'interventions en cours de partie pour additionner des fractions [*Casse-têtes de fractions*] que pour calculer le produit d'une multiplication [*Trois pour moi*]; ils auraient même surement pu y jouer sans l'intervention de l'enseignante. Dans quelle mesure peut-on laisser découvrir un processus mathématique aux élèves lorsque sa mobilisation est nécessaire pour gagner le jeu ? Sur quelles bases doit-on choisir d'utiliser un jeu plutôt qu'un autre dans une classe ?

Les occasions d'aborder les processus mathématiques sont parfois préparées par l'enseignante [*Faisons la paire* et *Supers mineurs*], parfois émergente [*Trois pour moi*] et même parfois préparées pour une non-intervention afin que les élèves les découvrent et que le rappel se fasse en jouant [*Casse-tête de fractions*]. Les différentes façons d'aborder les processus mathématiques avaient été pour la plupart choisies *à priori* par l'enseignante selon ses intentions pédagogiques pour être faites durant la présentation des jeux [*Faisons la paire, Casse-têtes de fractions et Supers mineurs*]. Quelle importance doit-on accorder à la préparation d'interventions portant sur les processus mathématiques ? Quand et comment intervenir sur ces processus ? Sur quelles bases prendre de telles décisions ?

Dans les jeux, les processus mathématiques servent, entre autres, à nous faire progresser vers la victoire. Par exemple, avec le jeu *Trois pour moi,* le fait d'appliquer un processus mathématique que l'on maitrise permet d'éviter de sauter son tour, et donc d'augmenter ses chances de gagner. Ensuite, avec le jeu *Faisons la paire*, le fait d'appliquer un processus mathématique permet de former les paires qui valent le plus de points augmentant les chances de gagner. Par la suite, lors du jeu *Casse-tête de fractions*, les processus mathématiques sont nécessaires pour gagner, mais ils font aussi partie de la mécanique du jeu. Quant au jeu *Supers mineurs*, le fait d'appliquer un processus mathématique est aussi lié à la mécanique du jeu puisque le jeu ne repose pas seulement sur la réponse obtenue. La place prépondérante qu'occupent les processus mathématiques dans les jeux démontre que les mathématiques ne sont pas simplement ajoutés pour des fins scolaires, mais qu'ils sont parties prenantes du jeu. Ces jeux ne pourraient se faire sans les processus mathématiques. Cela dit, le tableau nous fait voir que nous n'avons pas eu de processus associé au matériel du jeu directement. Il serait intéressant de se pencher plus à fond sur cette question afin de comprendre pourquoi, et comment il pourrait en être autrement [si la chose est possible]. Dans le jeu *Trois pour moi*, la calculatrice a été refusée comme processus pour calculer le produit d'une multiplication, alors qu'elle était autorisée dans *Supers mineurs*. On pourrait aussi s'intéresser à pourquoi et comment la calculatrice peut être refusée lorsque par exemple son utilisation comme processus permet de gagner un jeu ou acceptée lorsqu'elle fait simplement partie du déroulement du jeu.

Tableau 5.2 : Processus mathématiques en fonction des interventions de l'enseignante, des interventions élèves et des caractéristiques formelles du jeu

	Enseignante			**Élèves**			**Jeu**		
	Intervention spontanée	Intervention préparée	Non-intervention préparée	Mentionner	Introduire	Réexpliquer	À travers le matériel	Permets de gagner	Essentiels au déroulement
Calculer le produit d'une multiplication [Moment 1/*Trois pour moi*]	■			■				■	
Déterminer la propriété d'un nombre [Moment 6/*Faisons la paire*]		■			■			■	
Additionner des fractions [*Moment 11/Casse-têtes de fractions*]			■			■		■	
Calculer une opération [*Moment 16/Supers mineurs]*		■		■					■

5.1.3 Le bilan du point de vue des raisonnements mathématiques

Comme prévu par l'analyse *à priori,* on observe de façon marquée des raisonnements mathématiques dans quatre des cinq jeux : pour choisir la case où placer son jeton [*Trois pour moi*], pour choisir la propriété d'un nombre [*Faisons la paire*], pour choisir la case où placer une pièce [*Otrio*] et pour déduire que la somme des fractions est de 1 [*Casse-têtes de factions*]. Bien que ce ne soit pas tous les jeux qui comportaient des raisonnements mathématiques, leur présence a apporté un plus non négligeable puisqu'il sera possible de jouer plusieurs fois au même jeu dans une classe afin de développer des stratégies. On peut donc se demander s'il ne devrait pas y avoir du raisonnement dans tous les jeux pour qu'ils soient considérés comme « mathématiques ».

Dans ce tableau synthèse suivant figurent les quatre raisonnements mathématiques observés dans les jeux en fonction de la manière dont ils sont abordés par l'enseignante dans ses interventions, l'élève dans ses explications et les caractéristiques formelles d'un jeu ci-dessous [voir tableau 5.3]. On remarque que l'enseignante intervient toujours de la même façon, que les élèves expriment les raisonnements de trois façons différentes et que les raisonnements servent toujours à gagner.

Du point de vue des interventions, on remarque donc que les raisonnements mathématiques ont été présents, mais peu ou pas mis en lumière durant les séances. Par exemple, j'ai noté que l'enseignante n'explique pas de stratégies aux élèves et leur demande très peu de justifier leurs choix dans le jeu *Trois pour moi*, d'où le fait qu'ils sont peu expliqués. Dans le jeu *Faisons la paire*, les élèves ont offert un premier raisonnement en réponse à la réflexion de l'enseignante, mais ils changeront de choix lorsqu'on leur fait l'annonce que la partie achève partageant, mais sans aller en profondeur. Avec les raisonnements mathématiques, jouer dans une classe devient l'occasion d'aborder un aspect mathématique qui est peut-être souvent moins abordé dans les interventions de l'enseignante puisqu'elle questionne peu ou pas les élèves. Le partage de stratégies au moment des retours se fait tellement naturellement qu'il apparait tout à fait possible de mettre plus en lumière les raisonnements mathématiques lorsque l'on joue. De quelle manière est-ce que l'enseignante pourrait préparer des interventions pour dévoiler les raisonnements mathématiques des élèves en cours de partie ? Quand et comment l'enseignante pourrait-elle expliquer plus en détail aux élèves les raisonnements mathématiques ?

Le côté ludique du jeu donne une couleur spéciale aux raisonnements, qui mériteraient une plus grande attention. Dans *Otrio*, les élèves refusent de dévoiler leurs raisonnements en cours de partie pour ne pas fournir d'indices à leurs adversaires. On note toutefois que ce ne sont pas juste les élèves qui jouent qui raisonnent, mais également le public qui partage à l'occasion des raisonnements à la fin d'une partie. Cette difficulté n'a pas été observée dans *Trois pour moi*, par exemple. Il serait donc pertinent de se pencher plus en profondeur sur ce qui a pu contribuer à ces situations, et réfléchir aux modalités favorisant l'expression des raisonnements. Cette expression est surtout importante pour évaluer ce qui se passerait mathématiquement, et s'avérerait essentielle du point de l'enseignement, si on voulait pouvoir aider les élèves, enrichir leur répertoire, nuancer leur compréhension, etc. Cela dit, on voit bien par leurs comportements durant le jeu que les élèves raisonnent effectivement, que ces raisonnements soient explicités ou non. Il y aurait donc une distinction à établir et préciser entre le jeu comme occasion de raisonner et le jeu comme occasion d'exprimer et discuter des raisonnements. Un changement de posture est sans doute à prévoir [et qui explique sans doute en partie la résistance notée à propos *d'Otrio* : les élèves restent avant tout des joueurs quand ils refusent de dévoiler leur jeu], j'y reviendrai brièvement à la section 5.2.4 et 5.2.5.

Enfin, du point de vue du jeu, on remarque avec le tableau synthèse que les raisonnements mathématiques servent dans le cadre du jeu à progresser vers la victoire. En effet, le choix d'une case pour déposer son jeton doit se faire judicieusement dans le jeu *Trois pour moi* et *Otrio*, car certaines circonstances peuvent demander de bloquer l'adversaire [ce qui permet de conserver l'opportunité de gagner] ou de « jouer pour soi » [permettant de s'approcher de la victoire]. Dans le jeu *Faisons la paire*, les raisonnements mathématiques servent à gagner le plus de points possible en optant pour une option de rapidité ou pour moins de coups, mais plus payants en matière de points. De quelle manière pourrait-on faire prendre conscience aux élèves qu'il y a des raisonnements à faire dans un jeu ? Comment est-ce que l'enseignante pourrait animer une discussion sur les différents raisonnements utilisés par les élèves dans les séances de jeu en classe ?

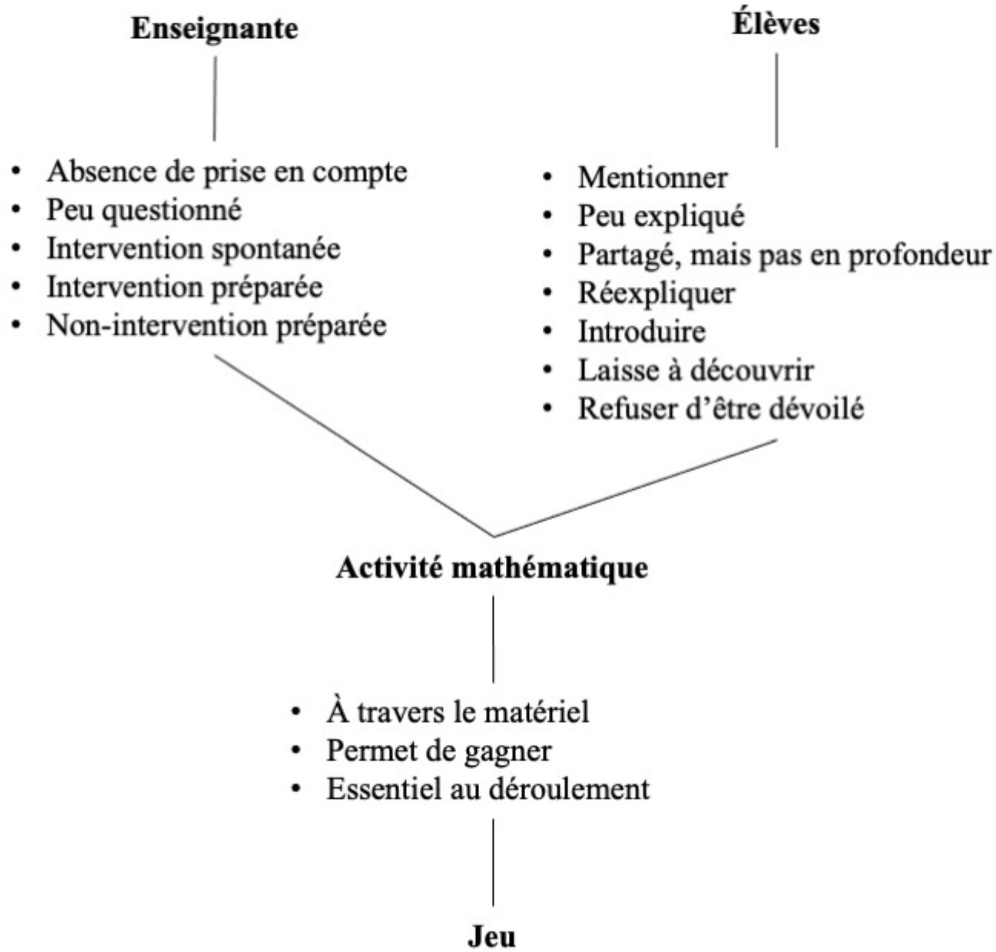
Tableau 5.3 Les raisonnements mathématiques en fonction des interventions de l'enseignante, des interventions élèves et des caractéristiques formelles du jeu

	Enseignante	Élèves			Jeu
	Peu ou pas questionné par l' enseignante	Peu expliqué par les élèves	Partagé, mais pas en profondeur	Refuser d' être dévoilé	Permet de gagner
Choisir la case où placer son jeton [Moment 3/*Trois pour moi*]	■	■			■
Choisir la propriété d'un nombre [Moment 7/*Faisons la paire*]	■		■		■
Choisir la case où placer son jeton [Moment 8/*Otrio*]	■			■	■
Déduire que la somme des fractions sur les pièces restantes sera 1 [Moment 12/*Casse-tête de fractions*]	■	■			■

5.2 La synthèse de l'activité mathématique selon les caractéristiques formelles et des éléments d'une séance de jeu en classe du primaire

En somme, l'enseignante, les élèves de même que le jeu en soi ont généré une activité mathématique durant la séance de jeu en classe du primaire. Représentées dans un schéma ci-dessous, toutes ces différences pourraient faire l'objet d'éventuelles recherches. Des questions potentielles ont d'ailleurs été présentées dans les sections précédentes. De plus, de futures recherches permettraient de raffiner la catégorisation qui peut encore être bonifiée.

Figure 5.1 Apparition de l'activité mathématique en fonction des jeux, des élèves et de l'enseignante



5.3 Les éléments d'une séance de jeu en classe

Au cours des cinq séances de jeux, l'activité mathématique semble liée à des éléments d'une séance de jeu, qui sont présentés dans le cadre conceptuel [chapitre 2]. Dans cette section, je reviens sur la présentation, le déroulement des parties, le retour, de même que les différentes postures de l'enseignante et des élèves.

5.3.1 L’activité mathématique selon la forme de présentation d’un jeu

La présentation d’un jeu peut se faire de façon très variée tout en permettant de déclencher de l’activité mathématique. Dans les travaux de Marinova (2016), on retrouvait les éléments à inclure dans la présentation, mais pas les différentes modalités possibles qui ont été utilisées dans cette étude. Dans le cas de *Trois pour moi*, une courte vidéo [3 minutes] a été conçue afin de présenter les règles, et une courte discussion [3 minutes] suivant le visionnement a constitué l’occasion d’expliciter plusieurs processus pour calculer le produit d’une multiplication [p. ex. : doigts, table de Pythagore, répertoire mémorisé, etc.] et d’évoquer brièvement la présence de raisonnements à faire durant le jeu.

Avec *Faisons la paire*, une image fixe était présentée au tableau lors de la présentation des règles, accompagnée d’une démonstration [10 minutes] dont le but était de revenir sur différents concepts de propriétés d’un nombre [facteurs de, nombres premiers, nombres carrés et nombres triangulaires] et processus pour déterminer la propriété d’un nombre [p. ex. : l’identification par arrangement spatial, etc.]. De façon un peu similaire, la séance de jeu avec *Supers mineurs* a débuté par une présentation des règles accompagnée d’une simulation [environ 20 minutes] qui a représenté l’occasion de revenir sur différents concepts [propriétés des opérations, chaine d’opérations et groupement] et processus [calcul d’une chaine d’opérations].

Les *Casse-têtes de fractions* ont fait l’objet d’une très courte présentation [3 minutes] dans laquelle on a souligné l’enjeu [assembler les pièces de manière à former 3 casse-têtes dont la forme est familière] sans y faire mention explicitement de concepts [tout/entier d’une fraction, proportionnalité] ni de processus mathématiques [calculer l’équivalence d’une fraction, additionner des fractions]. Bien que ce type de présentation puisse sembler inadéquat, il permet en fait de voir si l’élève arrive à mobiliser des concepts et processus mathématiques qu’il a déjà vus sans dire ceux dont il a réellement besoin. L’importance d’avoir des arrangements dont la somme des écritures fractionnaires sur chaque pièce donne une unité a conduit à évoquer le concept de tout, mais sans élaborer davantage ni discuter de processus [fractions équivalentes et addition de fractions] ou de raisonnements.

Quant à *Otrio*, je n'ai pas observé l'introduction du jeu en tant que telle [le matériel avait été remis à l'enseignante, accompagné des règles écrites ne faisant aucune référence à des concepts, des processus ou des raisonnements]. Par contre, j'ai démarré la séance de jeu en demandant aux élèves de partager leurs stratégies qu'ils avaient notées dans un cahier. Je reviens sur ce moment précis du jeu dans une sous-section ultérieure.

Dans le tableau 5.4 ci-dessous, on voit que les concepts, les raisonnements et les processus n'ont pas pris la même place dans les différentes présentations. Par exemple, il n'y a pas d'engagement véritable sur des concepts [multiplication, hasard] avec la présentation vidéo suivie d'une courte discussion [utilisée pour *Trois pour moi*]; il n'y avait pas d'attention accordée aux raisonnements [entourant les propriétés d'un nombre] avec l'image fixe et la courte démonstration [pour *Faisons la paire*]; et il n'y avait pas d'attention portée aux processus [addition de fractions, équivalence entre des fractions] avec la très courte présentation [lors du jeu *Casse-tête de fractions*].

Ces différences semblent cependant moins liées à la forme de présentation qu'au jeu lui-même et aux intentions didactiques. Cela dit, on remarque que la simulation [pour *Supers mineurs*] semble constituer un moyen intéressant de faire place à une activité mathématique plus importante puisque tous les éléments liés à l'activité mathématique de ce jeu ont été vus dès le début de la séance. Ceci implique par contre de consacrer plus de temps à l'introduction et de se montrer attentif dans le cas de certains jeux à ne pas en dire trop aux élèves. Avec le jeu *Casse-tête de fractions* par exemple [introduit par une très courte présentation], il ne semble pas simple d'imaginer une simulation qui soit utile et intéressante sans toutefois affecter fortement le travail laissé aux élèves. Quant aux concepts et processus mathématiques, ils semblent indissociables lors de la présentation alors que le raisonnement apparait plus indépendant. Quelles formes de présentation favoriseraient-elles l'évocation des raisonnements mathématiques ? Dans quelle mesure peut-on faire plus ou moins mention d'aspects mathématiques durant la présentation d'un jeu sans affecter le côté ludique ou mathématique ?

Dans le cadre de cette recherche, tous les jeux ont évidemment fait l'objet d'une analyse préalable et même d'une certaine « préexpérimentation » dans la mesure où j'ai moi-même joué aux jeux au moment de les choisir ou de les concevoir [voir section 3.4.1, 3.5.1, 3.6.1, 3.7.1 et 3.8.1]. Cependant, une attention particulière n'avait pas été portée aux enjeux de la mise en route [outre le choix d'une modalité afin d'introduire les éléments permettant aux élèves de jouer]. À la lumière de cette analyse, on peut conclure qu'il serait intéressant d'avoir une réflexion plus poussée sur la phase d'introduction. Quels sont le potentiel et les enjeux de la mise en œuvre d'un jeu donné du point de vue de l'activité mathématique des élèves ?

Tableau 5.4 L'activité mathématique selon les formes de présentation des jeux

	Présentation vidéo et courte discussion	Image fixe et courte démonstration	Simulation	Très courte présentation
• Aborder le concept de chaine d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■	
• Aborder sur le concept de groupement et d'échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■	
• Revenir sur le concept de propriétés d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■		
• Ne pas faire mention explicitement des concepts [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■
• Expliciter les processus pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■			
• Revenir sur des processus pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire]*		■		
• Revenir sur le processus pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■	
• Ne pas faire mention explicitement du processus pour additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■
• Évoquer la présence de raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu1/ *Trois pour moi*]	■			

5.3.2 L'activité mathématique selon les façons de jouer un jeu

La présence ou non d'une activité mathématique ne dépend pas d'une manière unique de jouer des parties. Dans le cadre conceptuel [voir chapitre 2], aucune modalité de jeu pour une séance en classe n'a été présentée. *Trois pour moi* a été joué collectivement avec toute la classe contre moi. Cela a permis à l'enseignante de faire des démonstrations de l'utilisation de processus à mobiliser [calculer le produit d'une multiplication en se repérant sur la planche de jeu disposée comme la table de Pythagore] à mobiliser en cours de jeu. On peut également remarquer que les conceptualisations des joueurs [à propos du hasard par exemple] sont facilement communiquées en raison du contexte collectif. Au cours de la deuxième partie, la séparation de la classe en deux équipes permet à l'enseignante de mettre le jeu sur pause afin de rappeler aux élèves certains processus [calculer les produits des multiplications par des bonds de cinq] ou de questionner les élèves sur un concept mathématique [probabilité]. Les parties des jeux *Faisons la paire* et *Casse-tête des fractions* sont jouées en équipe de quatre. Cela a aussi permis de voir l'activité mathématique des élèves et les interventions ponctuelles de la part de l'enseignante et de moi-même étant donné que nous circulions dans la classe entre les équipes pour répondre à leurs questions.

Pour la première moitié de la séance du jeu *Otrio,* des élèves ont joué individuellement devant le groupe afin d'illustrer comment ils s'y prenaient. Il a cependant été plus difficile d'observer les raisonnements des élèves puisque les joueurs refusaient de dévoiler leur raisonnement, car cela pouvait aider leurs adversaires. L'aspect ludique de l'activité était tellement fort que les élèves hésitaient à partager leurs raisonnements sur le choix où placer une pièce. Malgré cela, quelques raisonnements ont émané des élèves assistants à la partie et lorsque la partie se terminait. Dans la deuxième moitié de la séance, les parties ont été jouées en formant des équipes de quatre afin de rendre plus accessibles les raisonnements des élèves qui discutaient à voix basse en cours de partie. Les adversaires ne pouvant plus entendre les raisonnements, les élèves les partageaient alors volontiers.

La difficulté à *observer* l'activité mathématique des élèves s'est aussi manifestée dans la séance du jeu *Supers mineurs* dont la formule individuelle [il n'y avait pas d'adversaire : les élèves jouaient pour ainsi dire « contre le jeu »] rend peu naturelle l'explicitation du travail mathématique en cours. Il a fallu poser des questions et d'une certaine manière interrompre ici et là la partie d'un élève pour observer son activité mathématique. Cependant, ce que me disaient les élèves lors de ces interruptions suggère fortement qu'une activité mathématique [p. ex. : procédure pour calculer une chaine d'opérations, concept de groupements et d'échanges], souvent « mentale », avait bel et bien lieu pour eux au cours de ces parties en solitaire.

Dans le tableau 5.5 ci-dessous, on voit que les concepts, les raisonnements et les processus n'ont pas pris la même place dans les différentes parties selon si elles étaient jouées collectivement, en équipe de 4 ou individuellement. Les interactions des parties jouées collectivement mettent plus en lumière l'activité mathématique. Cela ne veut pas dire qu'en jouant individuellement, l'élève n'en fait pas, mais simplement que c'est moins visible lorsque l'on procède uniquement par observation.

Tableau 5.5 L'activité mathématique selon les façons de jouer

	Collectivement	Équipe de 4	Individuellement
• Communication des conceptualisations à propos du hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Questionner les élèves sur le concept de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Communication des conceptualisations à propos des propriétés des nombres [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■	
• Communication des conceptualisations à propos du concept de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Communication des conceptualisations à propos du concept d'entier/tout d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Communication peu naturelle des conceptualisations à propos des chaines d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Communication peu naturelle des conceptualisations à propos des groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Communication peu naturelle des conceptualisations à propos des propriétés des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Explicitation et rappel de processus à mobiliser pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Explicitation des processus pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■	
• Explicitation des processus pour additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Explicitation peu naturelle des processus pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Refus dévoiler raisonnement et émanation de raisonnement du public pour choisir où placer son jeton [Jeu 3/*Otrio*]			■
• Émanation de raisonnement pour déduire que la somme sera 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Partage à l'occasion des raisonnements pour choisir où placer son jeton [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Partage volontaire de raisonnements pour choisir la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■	

Je crois qu'il est important d'insister brièvement sur cette question de l'observation de l'activité mathématique des élèves par rapport à sa présence en classe. Les façons de jouer une partie ne permettent pas aussi facilement d'accéder à l'activité mathématique des élèves. Lors de la conception des jeux, ce qui inclut parfois le choix de certaines modalités [par exemple en ajoutant un matériel avec lequel les joueurs peuvent ou même doivent laisser une trace de leur travail mathématique], cette question de la visibilité était souvent présente. Une partie essentielle des choix que j'ai faits alors étaient en lien avec mes objectifs de recherche : souhaitant observer ce qui se passe mathématiquement lorsque les élèves jouent en classe, j'ai souhaité [et adopté] des moyens de rendre visible l'activité mathématique en cours. *À postériori*, je réalise cependant que ces différentes façons de jouer peuvent être se révéler très importantes du point de vue l'enseignement, ou de l'enseignante. Certaines organisations rendent plus facile de faire parler les élèves de concepts, de raisonnements ou de processus, informant ainsi l'enseignante à propos de l'activité mathématique *en cours*, durant le jeu lui-même. Ceci peut permettre d'intervenir de différentes manières, que ce soit sur le jeu lui-même [par exemple en modifiant les règles], sur la modalité [y compris les pédagogiques telles que l'organisation de la classe] ou du point de vue mathématique [par exemple en clarifiant un concept, en ciblant des processus et ainsi de suite]. En même temps, cette possibilité souvent présente de ne pas voir l'activité mathématique en cours [ou en échapper une grande partie] semble liée à l'activité de jouer en classe : c'est une question qui se pose beaucoup moins dans le cadre d'activités de résolution de problèmes ou d'exercisation par exemple.

La décision de jouer selon une modalité ou une autre est au choix de l'enseignante. Cependant, une attention fine n'avait pas été portée aux différentes modalités du point de vue de l'enseignement, outre peut-être le choix de varier les moyens employés d'un jeu à l'autre afin d'explorer une variété de possibilités et d'éviter les redondances. À la lumière de cette étude, on peut conclure qu'il serait intéressant de s'adonner à une réflexion plus poussée sur ceci en lien avec les façons de jouer une partie. Comment pourrait-on amener les élèves à partager plus leurs concepts, processus et raisonnements lorsqu'ils jouent individuellement ? Comment est partagée l’activité mathématique lorsque l’on joue collectivement ou en équipe ? Comment pourrait-on varier les modalités pour un même jeu pour changer la nature des interactions ?

5.3.3 L’activité mathématique lors des retours sur les parties jouées

Suivant un modèle d’organisation des activités de la classe assez classique, les séances de jeu ont été grossièrement partagées en trois temps : la mise en route [généralement par une présentation du jeu], le déroulement des parties et le « retour », en fin de séance, sur ce qui a été fait. Comme pour les mises en route et l’organisation des parties, ces retours ont pris des formes variées. Dans les travaux de Marinova (2016) présentés dans le cadre conceptuel [voir chapitre 2], on y souligne l’importance de faire un retour sur le jeu sans préciser les modalités. Les jeux *Trois pour moi*, *Faisons la paire* et *Casse-tête* de fractions ont fait l’objet de retour collectif avec la classe. L’enseignante pouvait alors questionner les élèves sur les concepts, processus et raisonnements. Dans le cas de *Otrio*, une sorte de retour collectif a eu lieu en début de séance [à propos de ce qui avait eu lieu un autre jour] et il était davantage organisé de sorte que ce soient les élèves qui animent la discussion [avec l’enseignante et moi] et partagent ainsi leurs raisonnements. Le jeu *Supers mineurs* a fait l’objet d’un retour par un questionnaire papier. Cela avait été choisi en lien avec l’aspect individuel du jeu, afin que les élèves puissent faire le retour au moment qui leur conviendrait. Par contre, comme expliqué au chapitre 4, il n’a pas fait l’objet d’analyse puisque le devis méthodologique ne comportait pas les outils nécessaires pour la faire.

Dans le tableau 5.6 ci-dessous, on voit que les concepts, les processus et les raisonnements ne sont pas ressortis lors des retours collectifs sauf pour le questionnaire de *Supers mineurs*. L’enseignante et moi avons accordé peu d’importance à l’activité mathématique et le côté ludique semble prédominer lors des retours collectifs.

Tableau 5.6 L'activité mathématique selon les retours des jeux

	Collectivement	Individuellement
• Questionner sur le concept de chaine d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]		
• Questionner sur le concept de groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]		
• Ne pas faire mention du concept de hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]		
• Ne pas faire mention du concept de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]		
• Ne pas faire mention du concept de propriétés d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		
• Ne pas faire mention du concept de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		
• Ne pas faire mention du concept d'entier/tout d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		
• Ne pas faire mention du concept de propriétés des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]		
• Questionner sur les processus pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]		
• Ne pas questionner sur les processus pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]		
• Ne pas questionner sur les processus pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		
• Ne pas questionner sur les processus pour additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		
• Partager des raisonnements pour choisir où placer son jeton [Jeu 3/*Otrio*]		
• Ne pas questionner sur des raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 1/*Trois pour moi*]		
• Ne pas questionner sur des raisonnements pour choisir la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		
• Ne pas questionner sur des raisonnements pour trouver que la somme sera de 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		

En lien avec la question de la visibilité de l'activité mathématique, on peut voir dans les moments de retour l'occasion pour la classe entière d'expliciter les concepts, les processus et les raisonnements apparus durant le jeu. L'activité mathématique est alors visible pour l'enseignante, mais aussi pour les élèves. Qui plus est, la préparation des moments de retour peut aussi conduire les élèves à faire eux-mêmes ressortir ce qui [selon eux] s'est produit mathématiquement durant les parties et à les faire expliquer, exemplifier, justifier, voire généraliser certaines actions ou observations. À travers ce processus se révèle le potentiel pour la phase de « retour » d'être non seulement un moment pour identifier le travail mathématique accompli, mais aussi l'occasion de garder les élèves mathématiquement actifs. Il y a là une problématique qu'il serait intéressant d'étudier, à la fois du point de vue des manières de confirmer, poursuivre, maintenir, ouvrir, étendre, etc., l'activité mathématique au moment du retour d'un jeu et sous l'angle de ce que les élèves eux-mêmes présentent comme faisant partie de ce qui, pour eux, constitue l'activité mathématique ayant lieu quand on joue à un jeu mathématique en classe du primaire. De quelle manière pourrait-on faire un retour afin de mettre davantage en lumière l'activité mathématique des jeux ? De quelle manière peut-on tenir compte de l'activité mathématique observée pendant que les élèves jouent afin de faire un retour avec eux après la partie ? Ce sont des questions qu'on a étudiées du point de vue de l'institutionnalisation (Brousseau, 1998) et il pourrait être pertinent de voir comment ces études pourraient s'appliquer aux différentes façons d'effectuer un retour sur un jeu mathématique en classe qu'on voit ici.

5.3.4 L'activité mathématique selon les postures de l'enseignante

Mes observations sur les joueurs touchent évidemment les postures que peut prendre l'enseignante par rapport à un jeu. Dans le cadre conceptuel, j'ai parlé des travaux de Marinova (2016) et De Grandmont (1995), qui identifient l'enseignante comme potentiel déclencheur d'activité mathématique. En ce sens, on a vu au chapitre 4 que l'intention didactique de l'enseignante peut être propice à une activité mathématique particulière. Mais cela ne nous aide pas à apprécier finement les différentes postures que l'enseignante peut adopter dans une séance de jeu et les liens particuliers à établir entre ces postures et l'activité mathématique de la classe.

Dans le tableau 5.7 ci-dessous, on peut remarquer sur la question des postures que lorsque l'enseignante est joueuse ou maitre de jeu, le jeu semble prédominer, alors qu'une posture pédagogique ou éducative lui permet de sortir du jeu pour donner une place plus centrale aux mathématiques elles-mêmes.

Ainsi, on a vu que l'enseignante peut être une joueuse, mais cette joueuse n'est pas tout à fait comme les autres. En jouant, elle met en œuvre des concepts, des processus et des raisonnements comme tous les autres joueurs, mais avec des soucis et des moyens particuliers pour attirer l'attention des élèves sur son activité mathématique. En même temps, il n'est pas impossible qu'elle se laisse emporter par le côté ludique. Je pense, par exemple, aux propos de l'enseignante sur le hasard lors de la partie collective de *Trois pour moi* alors qu'elle joue avec les élèves contre moi [elle suggère de souffler sur les dés pour avoir plus de chance d'obtenir les nombres souhaités].

L'enseignante peut également adopter une posture de maitre de jeu. Quand elle explique les règles de chacun des jeux, on a vu qu'elle peut mettre de l'avant ou travailler avec les élèves des concepts, processus et raisonnements mathématiques. Par exemple, l'enseignante m'a rapporté avoir échangé avec les élèves des éléments mathématiques lors de la présentation initiale du jeu *Otrio* [je n'étais pas présente]. Comme être maitre de jeu c'est aussi être arbitre à l'occasion, l'enseignante intervient sur le travail mathématique des élèves afin de les valider ou les corriger. Lors de la partie de l'équipe *Rouge* au cours de *Faisons la paire*, on la voit dire aux élèves qu'ils n'appliquent pas bien le concept de nombre premier.

Ensuite, l'enseignante adopte une posture pédagogique, quand elle sort du jeu pour faire des rappels ou des apartés sur des aspects mathématiques. Sa posture par rapport à l'activité mathématique est alors très claire et [on peut penser] pas si différente de ce qu'elle serait en dehors du contexte de jeu. Par exemple, dans le jeu *Trois pour moi*, l'enseignante prend un moment pour rappeler aux élèves certains concepts et processus qu'ils connaissent. Elle fera de même au cours du jeu *Faisons la paire*, allant même jusqu'à mettre temporairement le jeu sur pause afin d'expliquer aux élèves un concept [facteur d'un nombre].

On reconnait aussi une posture éducative et des liens envers l'activité mathématique quand l'enseignante choisit de ne pas intervenir [elle laisse les élèves découvrir les processus et concepts à mobiliser dans *Casse-tête de fractions*] ou qu'elle décide par exemple de ne pas appliquer une règle du jeu afin de favoriser le partage de processus ou de raisonnement [par exemple lors du jeu *Trois pour moi*, elle laisse les élèves refaire leurs calculs jusqu'à ce qu'ils trouvent la bonne réponse au lieu de les pénaliser en leur faisant perdre leur tour].

Plusieurs questions peuvent être soulevées ici. Comment l'enseignante navigue-t-elle entre ces postures et comment l'activité mathématique se joue-t-elle dans cette navigation ? Comment les élèves perçoivent-ils les actions de l'enseignante dans ces différentes postures et cela pourrait-il avoir des effets sur leur activité mathématique ? Comment la tension possible entre le côté ludique et le côté pédagogique du jeu peut-elle affecter l'activité mathématique selon les postures de l'enseignante ? On pourrait désengager les élèves en les sortant trop du jeu et ainsi mettre fin à une activité mathématique riche par désir de la rendre plus thématique. Ce sont des questions qui semblent particulièrement pertinentes par rapport à ce qui se produit lorsqu'on joue à un jeu mathématique en classe au primaire. La dévolution (Brousseau, 1998) a déjà étudié certaines de ces questions et il pourrait être pertinent de voir comment ces études pourraient s'appliquer aux différentes façons d'effectuer un retour sur un jeu mathématique en classe qu'on voit ici.

Tableau 5.7 L'activité mathématique selon les postures de l'enseignante

	Joueuse	Maitre de jeu	Pédagogique	Éducatif
• Mettre en œuvre le concept de chaine d'opérations avec soucis et moyen particulier pour attirer l'attention des élèves [Jeu 5/*Supers mineurs*]	■			
• Se laisser emporter par le côté ludique à propos du concept de hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■			
• Mettre de l'avant ou travailler avec les élèves des concepts de groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■		
• Valider ou corriger un concept de propriétés d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■		
• Sortir du jeu pour faire des rappels de concepts de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]			■	
• Mettre temporairement le jeu sur pause pour expliquer un concept de propriétés des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■	
• Laisser découvrir les concepts de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■
• Laisser découvrir les concepts d'entier/tout d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■
• Mettre en œuvre des processus pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]	■			
• Mettre de l'avant ou travailler avec les élèves des processus pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■		
• Sortir du jeu pour faire des rappels de processus pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■		
• Laisser découvrir les processus pour additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■
• Ne pas appliquer une règle pour favoriser le partage de processus pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]				■
• Mettre en œuvre des raisonnements pour choisir la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]	■			
• Mettre de l'avant ou travailler avec les élèves des raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 3/*Otrio*]		■		
• Ne pas mettre de l'avant un raisonnement pour déduire que la somme sera 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■		
• Ne pas appliquer une règle pour favoriser le partage de raisonnements pour choisir la case où placer son jeton en attirant l'attention des élèves [Jeu 1/*Trois pour moi*]				■

5.3.5 L'activité mathématique selon les postures des élèves

En plus de toucher l'enseignante, les différentes observations sur les joueurs peuvent toucher évidemment les postures que peut prendre l'élève par rapport à un jeu. Dans le cadre conceptuel [voir chapitre 2], j'ai présenté les travaux de Brousseau (2002) qui identifient l'élève comme un potentiel déclencheur d'activité mathématique. Au chapitre 4, on a vu que certains concepts mathématiques nouveaux ou certains processus mathématiques connus des élèves peuvent s'avérer propices à une activité mathématique particulière. Cependant, on n'est pas en mesure d'apprécier finement les différentes postures que l'élève peut prendre par rapport à un jeu ainsi que les liens particuliers à établir entre ces rôles et l'activité mathématique de la classe.

Dans le tableau 5.8 ci-dessous, on peut remarquer que peu importe la posture que l'élève prend, on peut voir de l'activité mathématique. Mais, comme c'était le cas pour les différentes postures de l'enseignante, on observe du côté des postures d'apprenant et d'élève une plus grande place aux mathématiques que dans la posture de joueur et d'actant, où il semble y avoir une prédominance du côté ludique.

Ainsi, on a vu à la section précédente que l'enseignante peut être une joueuse qui se laisse emporter par le côté ludique. C'est également une posture que peuvent tenir les élèves alors qu'ils mettent plus ou moins en œuvre des concepts, des processus et des raisonnements mathématiques, étant principalement à la recherche de plaisir. Je pense par exemple au retour du jeu *Faisons la paire,* lorsque l'enseignante s'aperçoit [au moment de ramasser les feuilles de pointage] qu'une équipe n'a pas appliqué correctement les concepts de propriétés des nombres [on retrouve seulement des paires valant deux points pour des nombres premiers sans que les deux nombres formant la paire soient des nombres premiers].

Ensuite, les élèves peuvent avoir une posture d'actants lorsqu'ils posent des questions sur des règles de déroulement du jeu qui implique également une certaine activité mathématique. Bien que les élèves demandent des explications sur le jeu, on peut y retrouver de manière sous-jacente une demande de précision sur des concepts, des processus et des raisonnements. Par exemple, au cours de la présentation du jeu *Faisons la paire*, on explique aux élèves qu'ils peuvent faire des paires de deux cartes de nombres premiers, ce qui donne deux points. Un élève demande alors de préciser ce qu'est un nombre premier. En étant actant, on remarque que l'interaction de l'élève porte sur le jeu [faire des paires d'une valeur de deux points] comme dans la posture de joueur [mais qu'il semble y avoir une certaine activité mathématique].

Les élèves endossent aussi des postures où l'activité mathématique est plus à l'avant-plan comme celle d'apprenant. Par exemple, ils peuvent questionner l'enseignante sur un nouveau processus, par exemple un arrangement spatial des nombres triangulaires dans le jeu *Faisons la paire*. Ce processus était, à ma connaissance, nouveau pour les élèves et son ajout au répertoire des élèves avait pour but de les aider à faire plus de points, mais aussi évidemment à développer une bonne conceptualisation des nombres géométriques. D'ailleurs, les équipes y ont pour la grande majorité recouru au cours de la partie comme si ce nouveau processus augmenterait leur chance de gagner. D'autres processus leur étaient tout aussi accessibles [tels que le répertoire mémorisé], mais peut-être sont-ils un peu moins fiables pour des élèves de cinquième année.

Les concepts, les processus et les raisonnements peuvent devenir la préoccupation des élèves qui adoptent une posture d'« élève ». Les élèves peuvent alors chercher auprès de l'enseignante l'élément mathématique qui leur manque pour jouer au jeu. Par exemple, dans le jeu *Casse-tête de fractions*, les élèves vérifiaient auprès de l'enseignante et moi leur addition de fractions pour former les casse-têtes. Ils avaient déjà vu ce processus avec l'enseignante avant la séance de jeu, mais c'était quand même récent et essentiel de pouvoir additionner les différentes pièces de casse-tête pour terminer le jeu. La vérification des différentes solutions des élèves passait au début par l'enseignante et moi, qui leur avons alors expliqué, au fur et à mesure, le processus d'addition de fractions pour qu'ils le fassent éventuellement eux-mêmes.

À partir de cette analyse transversale, plusieurs questions semblables à celles de l'enseignante peuvent être soulevées. Comment naviguent les élèves entre ces postures et comment l'activité mathématique se joue-t-elle dans cette navigation ? Comment l'enseignante perçoit-elle les actions de ces différentes postures d'élèves et cela pourrait-il avoir des effets sur l'activité mathématique ? Comment la tension possible entre le côté ludique et le côté pédagogique du jeu peut-elle affecter l'activité mathématique des élèves ? Comment peut-on faire changer de posture un élève qui serait joueur pour qu'il soit actant à la recherche des concepts, des processus et des raisonnements mathématiques pour gagner ? Par exemple, risque-t-on de désengager les élèves en leur proposant des concepts nouveaux et ainsi mettre fin à une activité ludique par désir de la rendre plus mathématique ? Ce sont des questions qui semblent particulièrement pertinentes par rapport à ce qui se produit lorsqu'on joue à un jeu mathématique au primaire.

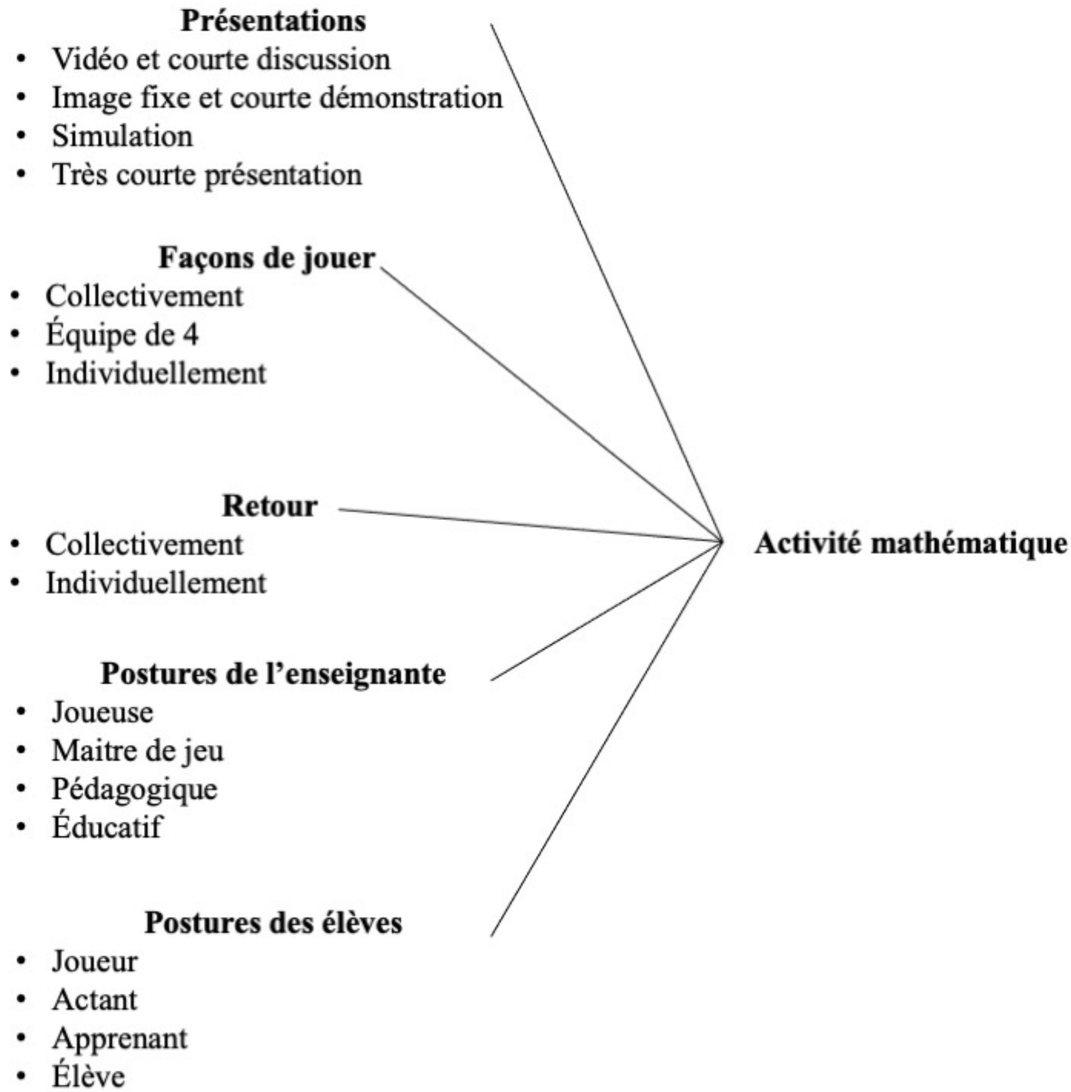
Tableau 5.8 L'activité mathématique selon les postures des élèves

	Joueur	Actant	Apprenant	« Élève »
• Mise en œuvre plus ou moins des concepts de hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■			
• Demande de précision sur des concepts de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]		■		
• Demande de précision sur le concept de propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■		
• Discute avec les autres élèves du concept d'entier/tout d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]			■	
• Demande à l'enseignante pour le concept de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■
• Aucune mention du concept de chaine d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]	■			
• Aucune mention du concept de groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]	■			
• Demande de précision sur des concepts de propriétés des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■		
• Mise en œuvre plus ou moins des processus pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]	■			
• Demande de précision sur des processus pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]		■		
• Questionner les autres élèves sur le processus d'additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]			■	
• Vérifier auprès de l'enseignante un processus de chaine d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]				■
• Mise en œuvre plus ou moins des raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■			
• Mise en œuvre plus ou moins de raisonnement pour choisir la propriété d'un nombre • [Jeu 2/*Faisons la paire*]	■			
• Mise en œuvre d'un raisonnement pour choisir la case où placer son jeton • [Jeu 3/*Otrio*]		■		
• Demande de précision sur des raisonnements de déduction que la somme sera 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■		

5.3.6 La synthèse de l'activité mathématique selon les éléments de la séance en classe du primaire

En somme, les différentes modalités de présentations, de façon de jouer et de retour ont permis d'expliquer l'apparition de l'activité mathématique. Schématisés ci-dessous, certains éléments [présentation, façons de jouer et retour] sont plus détaillés que ce qui avait été présenté dans le cadre conceptuel [voir chapitre 2]. Quant aux postures de l'enseignante et des élèves, elles ont toutes étés observées, changeant parfois en cours de partie et pourraient faire l'objet ultérieurement de recherches plus approfondies.

Figure 5.2 Apparition de l'activité mathématique en fonction des éléments d'une séance de jeu en classe



5.4 Les caractéristiques formelles d'un jeu

Au cours des cinq séances de jeux, l'activité mathématique semble aussi liée aux caractéristiques formelles d'un jeu qui ont fait l'objet d'une présentation dans le cadre conceptuel [chapitre 2]. Dans cette section, je reviens sur les règles d'un jeu, le matériel d'un jeu et les adversaires lorsque l'on joue.

5.4.1 L'activité mathématique en lien avec les règles d'un jeu

Les règles des jeux ont été présentées dans le cadre conceptuel à partir entre autres des travaux de Marinova (2016), pour qu'elles puissent être des déclencheurs d'activité mathématique. On a déjà vu au chapitre 4 que les règles elles-mêmes peuvent être propices à l'activité mathématique.

On voit qu'il existe différentes règles dans un jeu qui ont écho dans l'activité mathématique des élèves dans le tableau 5.9 ci-dessous. Les règles ne sont pas simplement en place du point de vue ludique, mais aussi parce que l'on est en train de faire des mathématiques.

Par exemple, on a vu que les règles d'un jeu peuvent directement ou plus subtilement appeler les élèves à utiliser un concept mathématique. Dans le jeu *Casse-têtes de fractions*, les joueurs doivent tenir compte [et donc travailler avec] des fractions inscrites sur les pièces [même si on a vu que dans les faits, les élèves peuvent, un moment au moins, vouloir assembler les casse-têtes sans prendre en considération les fractions]. Dans le jeu *Trois pour moi*, quelque chose de plus subtil apparait. Dans les règles de démarrage, les joueurs doivent brasser les dés et c'est celui qui obtient la plus grande valeur qui commence. Derrière cette règle se cache pour ainsi dire le concept mathématique de comparaison de nombres qui n'avait pas été identifié dans l'analyse *à priori*. On notera aussi que la règle et donc le concept mathématique n'interviennent qu'à ce moment-là dans le jeu : le concept n'a pas à être mobilisé à nouveau. C'est aussi le cas par exemple avec la règle de victoire du jeu *Faisons la paire*, qui amène les élèves à mobiliser des concepts et des processus mathématiques au moment de faire l'addition des points et la comparaison des totaux pour déterminer l'équipe gagnante. Ces apparitions ponctuelles sont bien différentes de ce qui se passe à propos de la multiplication dans *Trois pour moi*, où la règle veut que les joueurs choisissent à chaque tour une case présentant le produit des dés tirés [une règle différente aurait pu faire appel à l'addition, à la comparaison, à d'autres propriétés, ou même ne pas faire du tout appel à un concept mathématique].

Dans le même jeu, on a vu que les règles peuvent aussi avoir pour fonction de limiter le travail mathématique [l'interdiction de la calculatrice implique de mettre de côté le travail mathématique à l'aide de la technologie] ou de forcer à statuer sur la valeur mathématique d'un énoncé [ajout d'une règle de sanction : commettre une erreur de calcul implique de passer son tour]. Dans le contexte de la classe, nous avons souvent vu bouger les règles préétablies. Une règle a pu être ajoutée ou précisée par l'enseignante ou moi, ou transformée par les élèves au moment où ils jouent. Ces transformations peuvent être fortement liées au travail mathématique. Par exemple, lors du jeu *Faisons la paire,* des élèves se sont sentis bloqués et ont décidé alors de faire des paires de multiples plutôt que de facteurs. Une autre équipe a choisi de se donner des points pour une paire même si les élèves ne parvenaient pas à trouver la carte portant le second nombre calculé [entre autres en raison d'une erreur de calcul]. Naturellement, cet aspect du respect des règles préoccupe l'enseignante. Par exemple, au cours de la présentation du jeu *Super mineurs*, on demande explicitement aux élèves de respecter les règles, les parties se jouant de telle sorte qu'il n'est pas possible de vérifier que chacune des chaines d'opérations produites par chacun des élèves [dans ce jeu individuel] a été réalisée à partir des nombres obtenus et donne le résultat attendu.

La question du respect des règles en lien avec le travail mathématique peut aussi être prise en charge par les élèves de manière assez spontanée. Au début du jeu *Trois pour moi*, certains élèves se plaignent de la règle de sanction qui leur semble injuste du fait que moi, leur adversaire, je ne risque pas de me tromper en calculant les produits [des élèves disent que je « triche »]. Un peu plus tard, certains élèves semblent vouloir utiliser la règle à des fins stratégiques, me proposant de poser comme résultat de la multiplication des dés obtenus un produit erroné [ce qui me ferait passer mon tour]. Ce faisant, ils déploient donc une activité mathématique assez intéressante : ils doivent eux-mêmes trouver le produit, puis choisir un nombre différent, mais qui peut tout de même sembler « raisonnable ». Une autre manière dont les élèves ont assuré le respect des règles est visible dans le jeu *Casse-têtes de fractions*, alors que les élèves cachent les casse-têtes qu'ils ont effectués afin que les autres équipes ne les voient pas. On sent qu'ils veulent éviter qu'une autre équipe termine le jeu sans suivre la règle qui demande un travail mathématique sur les fractions afin de trouver les pièces à assembler.

Il serait intéressant d'explorer de manière plus systématique les différentes sortes de règles pouvant régir un jeu, les différentes manières dont elles peuvent impliquer une certaine activité mathématique et les façons dont leur respect ou non-respect peut être pris en charge. Quelle importance doit-on accorder aux règles de sanctions en cas d'erreurs mathématiques ? Comment peut-on modifier les règles pour tenir compte du fait que les élèves pourraient être bloqués mathématiquement ? Comment pourrait-on modifier un jeu individuel afin de vérifier le travail des élèves ?

Tableau 5.9 L'activité mathématique selon les règles des jeux

	Règles démarrage	Règles déroulement	Règle sanction	Règle victoire	Non-respect règles
• Appeler les élèves à utiliser le concept de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■				
• Mobilisation du concept de hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■				
• Appeler les élèves à utiliser le concept de propriétés des nombres [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■			
• Appeler les élèves à utiliser le concept de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■	
• Appeler les élèves à utiliser le concept d'entier/tout d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]				■	
• Appeler les élèves à utiliser le concept de chaine d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■			
• Appeler les élèves à utiliser le concept de groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■			
• Mobilisation du concept de propriétés des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■			
• Mobilisation du processus pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]				■	
• Mobilisation du processus pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]				■	
• Limiter le travail mathématique par un processus pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]		■			
• Forcer à statuer sur la validité mathématique à travers le processus d'addition de fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]			■		
• Mobilisation de raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 1/*Trois pour moi*]				■	
• Mobilisation de raisonnements pour choisir la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■			
• Mobilisation de raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 3/*Otrio*]		■			
• Mobilisation de raisonnements pour déduire que la somme sera 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■			

5.4.2 L'activité mathématique du point de vue du matériel d'un jeu

Le matériel d'un jeu peut également être fortement lié à l'activité mathématique et on peut distinguer des évènements où celui-ci a été planifié et d'autres où l'activité mathématique ayant pris place en s'appuyant sur le matériel n'était pas vraiment prévue. D'ailleurs, on trouve une courte explication dans le cadre conceptuel. Dans le jeu *Trois pour moi* par exemple, un élève questionne l'enseignante sur la façon de poser la multiplication à partir des dés [faut-il faire 3×2 ou 2×3 ?]. L'enseignante prend alors l'opportunité, non planifiée, d'aborder le concept de commutativité de la multiplication. La couleur différente des dés semble avoir « accidentellement » soutenu l'apparition de la question [en distinguant clairement les deux dés] et donc de l'explication du concept [qui n'était pas nécessaire au jeu]. C'est aussi dans *Trois pour moi* que les élèves font un lien entre la planche de jeu et la table de Pythagore présentée sur une affiche accrochée dans la classe. On pourrait aussi changer les dés selon les concepts attendus, par exemple 0 à 9 ou 1 à 10 plutôt que 1 à 12. Cela offre de la flexibilité pour l'enseignante pour complexifier ou simplifier un jeu.

Ces occasions d'activités mathématiques offertes de manière un peu inattendue par le matériel peuvent être contrastées avec la façon dont certains éléments sont très spécifiquement choisis pour favoriser une certaine activité mathématique. On pense naturellement au jeu *Casse-tête de fractions*, où les pièces ont été découpées de sorte qu'elles correspondent à des fractions bien choisies par rapport au travail attendu [$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ et non $\frac{27}{78}$] et nommées [une pièce porte l'écriture $\frac{1}{12}$ et une autre, superposable, est nommée $\frac{2}{24}$ et ainsi de suite]. Or, c'est aussi le cas dans le jeu *Faisons la paire*, où les cinquante cartes ont été choisies pour permettre de travailler les concepts de nombres triangulaires, carrés et premiers : les nombres ont été choisis pour que les élèves utilisent principalement ces concepts plutôt que de faire des paires de nombres facteurs de 2, par exemple. Le matériel comprenait aussi une feuille de papier pointée visant à soutenir la représentation des nombres sous forme d'arrangement spatial.

Le jeu *Supers mineurs* offre à lui seul des exemples assez variés de la manière dont le matériel peut jouer un rôle par rapport à l'activité mathématique souhaitée. On y trouve une carte « Joker » afin que les élèves soient aussi en position de *choisir* une valeur utile au moment de créer leur chaine d'opérations. Le matériel de ce jeu comprenait également une calculatrice afin que les élèves puissent l'intégrer à leur processus de calcul des chaines d'opérations. La possibilité de varier le matériel pour changer un peu le travail mathématique nécessaire a aussi été mentionnée par un élève [qui a proposé des cartes portant des symboles des opérations ou des parenthèses]

Une attention doit être portée au matériel en fonction de ce que l'on veut faire comme activité mathématique comme on peut le voir au tableau 5.10 ci-dessous et il est important de souligner comment celui-ci, un peu comme les règles, peut être facilement changé dans le but d'encourager une activité mathématique différente. On pourrait concevoir une version du jeu *Trois pour moi* avec une planche portant des nombres différents [plus grand que 100 ou 1000 par exemple], ou en changeant les dés pour des dés à 10 faces. On pourrait changer les nombres du jeu *Faisons la paire* pour des figures géométriques dont on voudrait travailler d'autres propriétés et ainsi de suite.

Il pourrait être intéressant de chercher à mieux comprendre les limites de ces changements [si elles existent !] et de trouver des moyens d'exploiter ces possibilités, étant donné que les couts ou les défis de fabrication du matériel sont très variables. On peut se demander comment les changements apportés au matériel comme les dés dans *Trois pour moi* ou les cartes dans *Faisons la paire* pourraient changer l'activité mathématique.

Tableau 5.10 L'activité mathématique selon le matériel du jeu

	Dés	Plateau de jeu	Cartes	Papier pointé	Casse-têtes
• Aborder un concept mathématique non planifié du hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■				
• Aborder un concept mathématique non planifié de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■				
• Aborder un concept attendu de propriété des nombres [Jeu 2/*Faisons la paire*]			■		
• Aborder un concept attendu de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]					■
• Aborder un concept attendu d'entier/tout [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]					■
• Aborder un concept attendu de chaine d'opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■		
• Aborder un concept attendu de groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■		
• Aborder un concept mathématique non planifié de propriétés des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■		
• Soutenir un processus de calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]		■			
• Soutenir un processus de déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]				■	
• Soutenir un processus d'additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]					■
• Ajout de matériel pour faciliter un processus de calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■		
• Raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 1/*Trois pour moi*]		■			
• Raisonnements pour choisir la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]			■		
• Raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 3/*Otrio*]		■			
• Raisonnements pour déduire que la somme sera 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]					■

5.4.3 L'activité mathématique par rapport à la présence d'autres joueurs

Les cinq jeux expérimentés dans cette recherche m'ont permis de voir comment différents types « d'adversaires » peuvent contribuer à mettre en place différentes activités mathématiques. Ce point avait été brièvement présenté comme les joueurs dans le cadre conceptuel [voir chapitre 2]. Tout d'abord, dans *Trois pour moi*, les adversaires de la première partie sont d'une part toute la classe et moi de l'autre côté, alors que dans la deuxième partie nous avons opposé deux moitiés de classe. Lorsque je suis l'adversaire, on a vu que les élèves participent même quand c'est mon tour de jouer en proposant des réponses aux produits que je dois calculer. C'est beaucoup moins fréquent dans la deuxième partie lorsque les adversaires sont d'autres élèves.

Dans le jeu *Faisons la paire*, la présence d'adversaires sous la forme d'autres équipes cherchant à obtenir plus de points semble à un moment avoir produit son effet. Quand l'enseignante a rendu évident [jouant en quelque sorte sur les règles] qu'il fallait faire le plus de points possible le plus rapidement possible afin de gagner, plusieurs équipes ont modifié leurs stratégies par exemple en choisissant de faire rapidement plusieurs paires « faciles », mais moins payantes [d'autres équipes choisissent au contraire de chercher des paires donnant plus de points]. Ceci est lié à la présence d'autres équipes contre qui chaque équipe joue indirectement. Il n'y a pas d'échanges entre les équipes, mais le rappel de l'enseignante montre que la présence d'un adversaire peut avoir un effet dans le sens où les élèves vont chercher à être plus efficaces mathématiquement [même si cette efficacité n'est pas vue de la même manière par tous].

Pour le jeu *Casse-tête de fractions,* la classe était également divisée en six équipes. Toutefois, l'aspect compétitif par lequel les autres apparaissent comme des adversaires était moins présent et on n'a pas de traces d'un effet qu'on pourrait facilement lier à la présence d'autres équipes à part, comme mentionné plus haut, le fait que des élèves ont cherché à cacher leur solution. Ceci est quand même significatif dans la mesure où contrairement à ce qui pourrait se passer lors d'un jeu collaboratif [où les autres joueurs ne sont pas des adversaires, mais des partenaires], les élèves ici n'ont précisément pas cherché à partager leurs solutions [observations, raisonnements] en cours de jeu, un partage qui aurait pu avoir un effet sur l'activité mathématique d'autres élèves de la classe [et même constituer une forme d'activité mathématique en soi]. Notons, par ailleurs, que pour ces trois premiers jeux, un aspect collaboratif était bel et bien présent et qu'on a vu avoir un tel effet sur l'activité mathématique de la classe : les élèves jouaient *en équipe* et ils pouvaient donc communiquer entre eux leurs raisonnements, leur compréhension des concepts, leurs procédures et ainsi de suite.

Les deux autres jeux avaient une structure différente du point de vue des adversaires. Avec *Otrio*, nous avons des équipes de quatre élèves qui jouent individuellement l'un contre l'autre. Dans cette situation, comme nous l'avons mentionné plus haut, la divulgation d'une observation ou d'un raisonnement pourrait avantager les adversaires et les élèves ne veulent donc pas partager leurs raisonnements. La présence d'adversaires sans la présence de collaborateurs rend difficile l'observation de l'activité mathématique. C'est lors du retour, au moment où les élèves ne sont plus directement adversaires les uns des autres, que les raisonnements ont été partagés. Notons, par contre, qu'il pourrait être raisonnable à certains moments que des élèves refusent même de partager leurs stratégies en dehors des parties, préférant ne pas donner aux autres des moyens de les battre. Jouer à un jeu mathématique en classe de telle sorte que les élèves communiquent ce qu'ils font, comment et pourquoi, peut donc demander d'adopter une posture particulière par rapport au jeu [si on compare, par exemple, avec la manière dont jouent les joueurs de cartes ou les joueurs d'échecs professionnels jouent]. Quant au jeu *Supers mineurs*, il se jouait seul avec comme adversaire la planche de jeu, ce qui nous ramène davantage à la question du matériel. Cependant, nous avons vu certains élèves discuter entre eux de concepts et processus durant la partie [et l'enseignante et moi sommes intervenues à l'occasion pour aider les élèves]. Ici, l'aspect non compétitif, voire collaboratif [il ne s'agissait pas, par exemple, de terminer le plus de cartes le plus rapidement possible] avec d'autres joueurs a permis une certaine circulation du travail mathématique, mais cette circulation n’a pas été particulièrement encouragée comme cela aurait pu être le cas en donnant à chacun un rôle positif par rapport aux autres joueurs.

On voit donc dans le tableau 5.11 ci-dessous des variations parfois prononcées du point de vue de l’activité mathématique en lien avec les relations entre les joueurs. Il reste qu’il est souvent difficile avec les jeux de faire partager les raisonnements, même sans la présence d’adversaire : jouer et parler de comment on joue sont deux choses. Parler du jeu demande aussi parfois de sortir de son rôle de joueur et de sa relation aux autres en tant que joueur surtout si, par exemple, on veut faire des apartés mathématiques en cours de jeu. Le côté ludique peut s’accompagner d’un investissement dans les rôles créés par le jeu et ces rôles ne sont pas nécessairement ceux d’élève, ou ce qu’on pourrait attendre d’apprenants en mathématique. Il vaut quand même la peine de souligner que la formule collective, où le groupe a joué contre la chercheuse, a permis d’observer une activité mathématique riche, variée et semble peut-être plus facilement permettre de faire des apartés mathématiques [on devine qu’il est plus difficile d’interrompre six parties se déroulant en parallèle et d’avoir l’attention de tous les élèves, que de mettre en pause une partie à laquelle tout le groupe est déjà attentif].

Du point de vue des jeux développés et expérimentés dans cette recherche, je souligne aussi la possibilité de faire des modifications importantes du point de vue des joueurs. On pourrait certainement apprendre beaucoup sur cette question en expérimentant un même jeu dont seuls les rôles auraient été modifiés. On peut donc se demander comment jouer collectivement à un jeu au lieu d’en équipe pourrait changer l’activité mathématique des élèves. De quelle manière pourrait-on observer s’il y a plus d’émergences d’activité mathématique lorsque l’on joue en équipe ? Comment est-ce que l’activité mathématique d’un jeu joué collectivement changerait-elle si l’on joue en équipe ou individuellement ? Comment peut-on modifier un jeu qui se joue individuellement pour mettre plus en lumière l'activité mathématique des élèves ?

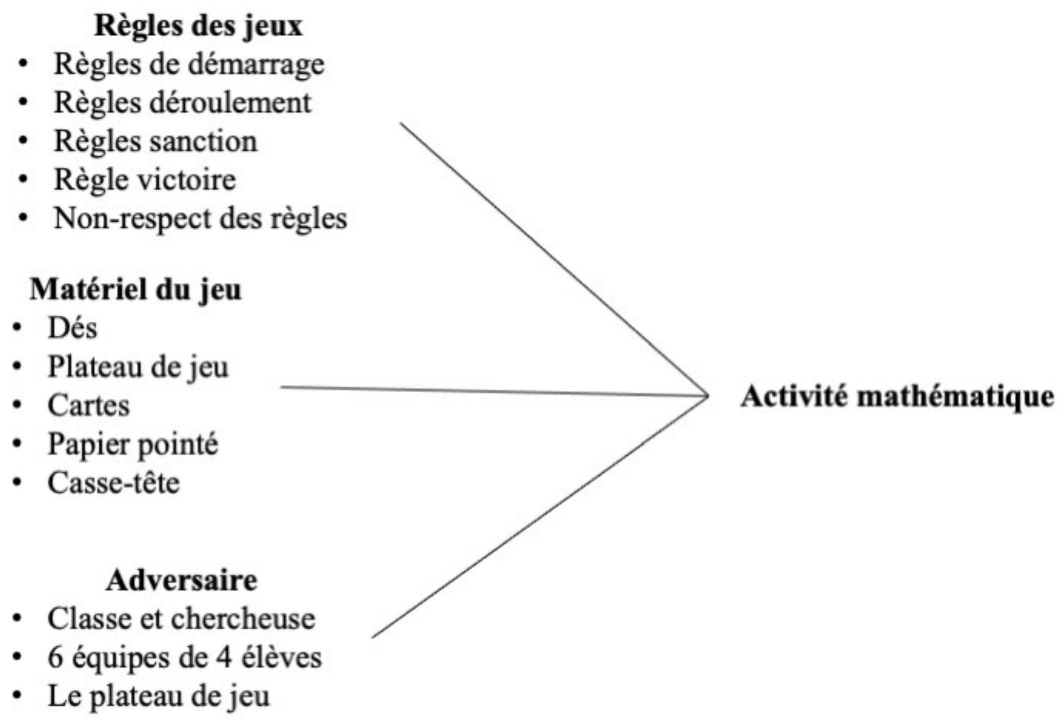
Tableau 5.11 L'activité mathématique selon l'adversaire

	Classe et chercheuse	6 équipes de 4 élèves	Le plateau de jeu
• Communiquer leur compréhension du concept de propriétés d'un nombre [Jeu 2/ *Faisons la paire*]		■	
• Absence de discussion du concept de hasard [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Discussion autour du concept de commutativité de la multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Discussion entre élèves sur le concept de proportionnalité d'une fraction [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Discussion entre élèves sur le concept d'entier/tout [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Discussion avec d'autres élèves du concept de chaine d'opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Discussion avec d'autres élèves du concept de groupements et échanges [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Communiquer leur compréhension du concept de propriété des opérations [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Participe même quand ce n'est pas leur tour au processus pour calculer le produit d'une multiplication [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Communiquer leurs procédures pour déterminer la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■	
• Communiquer leurs procédures pour additionner des fractions [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Discuter avec d'autres élèves de procédures pour calculer une opération [Jeu 5/*Supers mineurs*]			■
• Modifier sa stratégie pour gagner en choisissant la propriété d'un nombre [Jeu 2/*Faisons la paire*]		■	
• Communiquer leurs raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 1/*Trois pour moi*]	■		
• Absence de partage de raisonnement pour déduire que la somme sera de 1 [Jeu 4/*Casse-tête de fractions*]		■	
• Ne veulent pas partager raisonnements pour choisir la case où placer son jeton [Jeu 3/*Otrio*]			■

5.5 La synthèse de l'activité mathématique selon les caractéristiques formelles des jeux

En somme, les caractéristiques formelles identifiées préliminairement au chapitre 2 ont pu être raffinées avec les analyses comme illustré ci-dessous. Ainsi, on retrouve différentes règles de jeux, plus de détail également sur le matériel et les types d'adversaires qui ont influencé l'activité mathématique durant les séances de jeux. Ces catégories ne sont pas fixes, mais peuvent constituer un point de départ pour les prochaines recherches sur les jeux mathématiques.

Figure 5.3 Apparition de l'activité mathématique en fonction des caractéristiques formelles du jeu



5.6 La richesse de jouer à des jeux mathématiques en classe

Dans cette section, je discute au regard de l'expérimentation de la richesse mathématique observée à travers les cinq séances de jeux dans une classe de 5^{e} année.

Les premières images qui nous parviennent en tête lorsque l'on pense à la richesse sont celles qui représentent la richesse matérielle. La richesse matérielle représente une forme de richesse qui est visible (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, 2012). On remarque dans l'analyse *à priori* [voir chapitre 3] que les jeux appellent les élèves à mobiliser plusieurs concepts [propriétés d'un nombre, tout d'une fraction, proportionnalité d'une fraction, chaine d'opérations, groupements], des processus [calculer le produit d'une multiplication, déterminer la propriété d'un nombre, calculer l'équivalence d'une fraction, additionner des fractions, calculer une opération] et des raisonnements [choisir la case où placer son jeton, choisir la propriété d'un nombre, choisir la case où placer sa pièce], ce qui les rend riches sur le plan de l'activité mathématique. En plus, la richesse matérielle peut se retrouver dans le matériel des jeux comme les nombres sur des cartes, les plateaux de jeux et les dés. Par exemple, une simple carte « Joker » peut engendrer plusieurs discussions différentes touchant l'activité mathématique.

Ensuite, il ne faut pas juste penser à la richesse en matière de signes. En outre, si l'iceberg comporte une partie émergée visible et une autre partie immergée invisible, il en est de même pour la richesse, qui a une partie visible et une partie invisible (Castel, 2017). Les séances de jeux comprenaient ainsi des éléments qui étaient invisibles et qui ont été mis en lumière dans l'analyse *à postériori* [voir chapitre 4] comme les concepts de hasard, de commutativité de la multiplication et de propriétés des opérations. La communication mathématique pourrait aussi surement être un signe de richesse, mais qui est encore invisible puisqu'elle n'a pas fait l'objet d'une analyse dans cette étude doctorale.

Qui pense richesse pense aussi souvent à l'abondance ou la profusion (Castel, 2017). Il y a certainement abondance d'activité mathématique lorsque l'on joue, permettant de se sentir satisfait. Pour ce qui est de l'abondance, chaque jeu comporte plusieurs aspects de l'activité mathématique: concepts, processus et raisonnements [*Trois pour moi, Faisons la paire*], concepts et processus [*Casse-têtes de fractions, Super mineurs*]. Ensuite, il y a aussi abondance dans la façon de présenter les jeux [présentation vidéo, image fixe au tableau, feuille de règles, très courte présentation et simulation], d'y jouer [collectivement, équipe de 4, individuellement] et même d'en faire un retour [collectif, individuel]. L'enseignante peut aussi prendre différentes postures [joueur, maitre de jeu, pédagogique et éducatif], ce qui l'a amenée à intervenir de différentes façons à propos des aspects mathématiques [absence de prise en compte, intervention spontanée, intervention préparée et intervention non préparée]. Les élèves aussi ont adopté différentes postures en jouant [joueur, actant, apprenant, élève], ce qui teintait aussi leurs interventions [mentionner un aspect mathématique, demander de réexpliquer un aspect mathématique, être introduit pour la première fois à un concept mathématique, refuser de parler des raisonnements]. Enfin, les aspects mathématiques ont principalement été amenés puisque leurs mobilisations adéquates permettent de gagner, mais cela n'a pas empêché de discuter des aspects mathématiques à travers le matériel d'un jeu ou dans le déroulement de sa mécanique. En somme, il y a beaucoup d'activité mathématique lorsque l'on joue en classe de différentes façons. De plus, un autre signe d'abondance est que dans le chapitre 5, plusieurs questions et pistes de réflexion sont présentées et regroupées dans l'annexe Q.

De plus, la richesse peut évoquer l'épanouissement (Castel, 2017). La sensation de plénitude est un sentiment de bienêtre où il n'y a pas d'espace pour le manque ni pour l'excès. On peut alors se demander s'il est possible d'avoir la bonne « dose » de mathématique lorsque l'on joue à un jeu en classe. En jouant aux jeux mathématiques, j'ai perçu une tension entre le ludique et les mathématiques. Par moment, le ludique dominait et on se laissait emporter par le jeu [p. ex., concept de hasard] et à un autre, le côté mathématique était dominant alors que le jeu était mis sur pause [p. ex., concept de commutativité]. Cette alternance entre le plaisir et les mathématiques démontre l'épanouissement possible des élèves et constitue la richesse de ce qu'ils font lorsqu'ils jouent à des jeux mathématiques. Les élèves étaient heureux de me voir en classe [bien que cet enthousiasme pût être influencé par le fait qu'ils participaient à un projet de recherche] et certains ont même affirmé qu'ils aimaient prendre part à cette recherche puisqu'ils ne faisaient pas de mathématique cette journée-là. Ils n'en étaient donc pas vraiment conscients alors que dans l'action, les mathématiques étaient sans aucun doute présentes.

Une autre richesse qui est permise par les jeux réside dans la flexibilité qu'elle offre aux élèves. Comme souligné dans le *Référentiel d'intervention en mathématiques* (2019b), les élèves connaissent plusieurs façons d'effectuer une tâche. En jouant, les élèves ont pu recourir aux processus de leurs choix, pas toujours les plus efficients, et ils ont même changé par moment en cours de partie. Les élèves n'ont pas été appelés à inventer de nouvelles procédures, mais ils en ont parfois proposé.

Enfin, lorsqu'il est question de richesse, on peut penser à l'hétérogénéité. Il s'agirait d'avoir différents sens pour que ce soit complet (Zen, 2017). Ascher (1998) affirme que des adversaires différents peuvent produire des réponses différentes, ce qui démontre l'hétérogénéité possible des jeux. Les coups et les réponses de l'adversaire qui tente activement de faire échouer les plans interviendront pour créer de nouvelles situations. Et c'est pour cette raison qu'on joue et on rejoue. Ce dernier point s'avère décisif quand il s'agit de comprendre ce qui soutient l'intérêt durant un jeu et démontre la richesse de jouer lors de séance de mathématique au primaire.

CONCLUSION

Un résumé de la recherche

Les jeux mathématiques ont attiré mon attention alors que j'étais enseignante au primaire, ayant remarqué qu'ils semblaient constituer un moyen intéressant de faire des mathématiques avec mes élèves. J'ai découvert que le jeu mathématique est reconnu comme matériel pédagogique au primaire dans les différents programmes scolaires canadiens et qu'ils encouragent, dans une certaine mesure, les jeux mathématiques comme approche pédagogique. Un bref regard historique sur le jeu m'a aidée à comprendre que ceci n'est pas si étonnant vu les relations qu'ont entretenues le jeu et l'éducation à travers le temps. Au 20^{e} siècle, les travaux des divers psychologues ont souligné l'importance du jeu dans le développement cognitif des enfants (p. ex., Piaget, 1966; Vygotsky, 1978; Winnicott, 1971). En lien avec ces écrits, plusieurs chercheurs ont montré des apports sur l'apprentissage des élèves (p. ex., Freinet, 1956; Groos, 1908; Raabe, 1979; Rajotte, 2009). Quant aux jeux mathématiques en particulier, quelques recherches ont montré leur potentiel pour motiver les élèves en mathématiques et augmenter les interactions entre les élèves (p. ex., Bortuzzo et Poirier, 2002; Gough, 1994; Peltier, 2000). D'autres chercheurs (p. ex., Brousseau, 1986; Cabot Thibault, 2013; Caissie, 2007; Dumais, 2005; Juteau, 2007; Tourigny, 2004) ont aussi montré que les jeux mathématiques peuvent être utilisés lors de l'enseignement des mathématiques pour développer certains savoirs mathématiques précis. Différents travaux suggèrent aussi que les jeux mathématiques pourraient même améliorer la réussite des élèves en mathématique (Mousolides et

Sriraman, 2014). Toutefois, peu d'études se sont penchées sur ce qui se fait *durant* le travail des jeux mathématiques en classe lorsque les élèves sont dans l'action du jeu. Que se passe-t-il mathématiquement pendant que les élèves jouent à un jeu mathématique en classe du primaire ?

Pour commencer à répondre à cette question, j'ai commencé au chapitre 2 à développer une conceptualisation basée sur l'identification de certaines caractéristiques formelles qui permet de reconnaitre en quoi une situation est associée au jeu, par exemple : la présence de règles, d'une mécanique, d'une finalité, de joueurs et d'un côté fictif à travers divers travaux (p. ex., Abt, 1987; Avedon et Sutton-Smith, 1971; Brougère, 2005; Brousseau, 1986; Costikyan, 1994; Crawford, 1984; Parlett, 1999). J'ai par la suite tenté de préciser ce qui caractérise le fait de jouer à un jeu dans une *classe du primaire,* par exemple : les différents moments (Marinova, 2016), la posture de l'enseignante (De Grandmont, 1997; Marinova, 2016) et celle des élèves (Brousseau, 2002). Enfin, un exercice semblable m'a paru nécessaire afin de comprendre ce que l'adjectif « mathématique » pouvait recouvrir quand on parle de jouer à un jeu *mathématique* dans une classe du primaire. Pour y parvenir, j'ai réalisé une revue de travaux en didactique des mathématiques (Caissie, 2007; Dumais, 2005; Juteau, 2007; Tourigny, 2004) montrant des élèves en train de jouer, identifiant encore une fois des caractéristiques nous permettant de reconnaitre la nature mathématique de l'activité en cours : par exemple, la présence de concepts, de processus et de raisonnements mathématiques. Ces clarifications conceptuelles m'ont conduite à reprendre mes questions autour de deux objectifs ainsi formulés : en tenant compte des caractéristiques formelles du jeu et des éléments d'une séance de jeu en classe, observer et expliquer les concepts, les processus et les raisonnements mathématiques qui apparaissent pendant que les élèves jouent à des jeux mathématiques en classe du primaire et dégager de manière précise des pistes et des questions de recherche sur l'activité mathématique en lien avec les caractéristiques formelles du jeu et les éléments d'une séance de jeu en classe.

Pour atteindre ces objectifs, en raison notamment du peu de recherches touchant directement ce qui se passe en classe quand des élèves jouent à un jeu mathématique, j'ai choisi de réaliser une recherche exploratoire telle qu'expliquée au chapitre 3. Ce choix avait pour but d'obtenir une compréhension préliminaire et descriptive d'une situation en vue de préciser certaines problématiques, d'émettre des hypothèses et d'évaluer la pertinence d'études plus systémiques par exemple (Stebbins, 2001). Le critère de scientificité est la générativité de pistes et de questions de recherches (Proulx, 2015). Suivant cette approche, j'ai préparé cinq séances de jeux mathématiques en classe [environ 60 minutes chacune] avec une enseignante du primaire [dans une classe de cinquième année], que j'ai filmées. J'ai développé trois des cinq jeux mathématiques en fonction de la planification de l'enseignante tout en variant certaines caractéristiques des jeux mathématiques [p. ex. : concepts et processus mathématiques, format de la présentation du jeu, déroulement des parties]. En plus d'avoir conçu certains des jeux, j'ai participé en classe à leur mise en route, à des interventions en cours de partie ainsi qu'à l'animation lors des retours. Pour analyser les données recueillies, j'ai adapté le devis méthodologique à la recherche exploratoire. Mon approche, d'inspiration phénoménologique, a pris la forme suivante : je suis partie des enregistrements vidéo pour identifier une première liste de moments où l'activité mathématique semblait particulièrement visible. J'ai ensuite revu et décrit ces moments, sélectionnant progressivement ceux qui me permettaient de nuancer l'activité mathématique observée [concept, processus, raisonnement, etc.] tout en étant différente quant à la séance [moments, posture de l'enseignante, posture des élèves] ou des caractéristiques du jeu [règles, matériel, finalité]. Un travail itératif d'écriture analytique de ces moments dans un narratif présentant chaque séance est présenté au chapitre 4. On y voit une première réponse appuyée par les données à la question de savoir ce qui se passe mathématiquement quand on fait des jeux mathématiques en classe au primaire. Une analyse *à postériori* permet de souligner les aspects mathématiques qui n'avaient pas été anticipés.

Au chapitre 5, une brève discussion est menée sous forme de relecture transversale des données présentées au chapitre précédent, regroupant sous quelques thématiques importantes du point de vue des aspects mathématiques, de la réalisation des séances de jeux en classe, des observations rassemblant ou contrastant les séances entre elles. Toujours en lien avec la recherche exploratoire, ces analyses avaient pour but non pas de couvrir exhaustivement ce que les données permettraient de dire à propos ce qui se passe mathématiquement quand on joue à un jeu mathématique en classe du primaire, mais plutôt d'offrir une première série de pistes et de questions de recherches [voir annexe Q] pour ainsi dire l'intérêt de pousser davantage la recherche sur le sujet et de soulever des questions pouvant orienter ces travaux futurs. La richesse de l'activité mathématique qui peut se mettre en place est également soulignée.

Les principaux résultats de la recherche

Les objectifs de cette recherche étaient d'observer et expliquer les aspects mathématiques qui apparaissent pendant que les élèves jouent en classe et de dégager des pistes et des questions de recherches. De ce point de vue, j'ai montré que le jeu en classe du primaire peut représenter l'occasion de travailler de nombreux concepts et des processus relevant de plusieurs branches des mathématiques : sens du nombre, sens des opérations, fractions et probabilités. Les séances de jeux avaient été conçues pour cibler les aspects mathématiques que l'enseignante voulait travailler et donc n'importe quel contenu pourrait être abordé de manière ludique. On a vu que ces concepts et ces processus apparaissent en lien avec différentes composantes de l'activité intimement liées au fait de jouer à un jeu en classe. Ainsi, on confirme par exemple que les raisonnements mathématiques sont surtout présents pour appuyer les stratégies des joueurs. Les concepts, les processus et les raisonnements interviennent souvent en lien avec le but de gagner, mais il arrive aussi qu'ils soient simplement liés au fonctionnement de la mécanique du jeu, par exemple. On a aussi noté que certains concepts mathématiques sont présents sans être partie intégrante du jeu, ce qui a néanmoins créé des occasions de les aborder.

Il est aussi intéressant de noter qu'à travers ces variations [par. ex. : concept de propriété des opérations lié à la mécanique du jeu, processus pour calculer le produit d'une multiplication lié à la finalité du jeu], une grande variété de manières d'impliquer des idées mathématiques s'offre à nous. Par exemple, j'ai souligné comment le jeu en classe a pu constituer l'occasion pour les élèves de rencontrer des concepts, de processus et des raisonnements pouvant être déjà connus ou tout à fait nouveaux. Les éléments connus ont pu être travaillés au sens de les mettre en œuvre, d'en renforcer la maitrise ou d'en réviser la compréhension. Quant aux nouveaux, ils ont pu par exemple apparaitre sous forme de présentation ou de découverte. Enfin, on a vu que certains concepts et processus sont apparus en cours de jeux sans avoir été anticipés, fournissant à l'enseignante des occasions d'engager [ou non] la classe sur ce terrain.

L'analyse transversale a aidé à montrer comment l'activité mathématique lorsque l'on joue en classe peut être présente tant au moment de la présentation que durant les parties et lors du retour. Elle fait aussi apprécier certaines variations dans la manière dont les règles et le matériel par exemple sont propices à certaines activités mathématiques. Il en est de même du côté des postures que peuvent prendre l'enseignante et les élèves, rôles qui peuvent mettre en tension la dimension ludique et l'aspect pédagogique. De plus, de nombreuses questions générées à partir des analyses sont présentées.

Les retombées

Au nombre des retombées, il faut aussi compter la conception de trois jeux s'adressant à des élèves du 3^{e} cycle du primaire [*Trois pour moi, Faisons la paire et*

Supers mineurs]. Il s'agit en soi d'une retombée puisque selon mes recherches, il existe peu de jeux mathématiques qui s'adressent aux élèves de 10-11 ans [5e année]. De plus, ce sont des jeux qui abordent différents concepts et processus mathématiques du programme actuel (MEQ, 2001). Par ailleurs, les jeux construits ont été offerts à l'enseignante participant à la recherche, ce qui lui a permis de continuer d'y jouer avec ses élèves [et même d'y rejouer l'année suivante avec de nouveaux élèves]. Ensuite, on retrouve quarante-quatre pistes et questions de recherches dégagées au chapitre 5 [voir annexe Q] portant sur les aspects mathématiques, les éléments d'une séance de jeu en classe et les caractéristiques formelles d'un jeu. Enfin, je tiens à souligner que cette thèse apporte aussi une contribution sur le plan méthodologique au développement de la recherche exploratoire puisque j'ai pu apporter des précisions et des adaptations pour la recherche en science de l'éducation ainsi qu'en didactique des mathématiques. Dans le chapitre 3, on retrouve une présentation de la recherche exploratoire adaptée à la recherche en éducation et en didactique des mathématiques.

Quelques limites à mentionner

Naturellement, tout travail de recherche s'accompagne de limites. Au terme de cette recherche, je crois essentiel d'en souligner quelques-unes. Au moment de réfléchir aux données que je souhaitais collecter, j'ai dû faire des choix importants, dont celui d'expérimenter cinq jeux, une fois chacun, avec seulement un groupe d'élèves. On imagine bien comment, par exemple, j'aurais pu plutôt m'intéresser à l'activité mathématique dans un seul jeu en l'expérimentant dans plusieurs classes et/ou avec différents enseignants. Ceci aurait pu montrer comment différentes situations conduisent à mettre en œuvre l'activité mathématique quand on joue en classe du primaire. On peut ensuite penser qu'il aurait été possible de suivre plus longtemps l'activité mathématique d'un seul jeu, à travers de multiples séances dans une même classe. Cela pourrait permettre de voir comment l'activité mathématique dans le cadre d'un jeu se stabilise ou évolue à travers le temps. J'aurais pu également m'intéresser au jeu en classe de manière plus « naturelle », c'est-à-dire sans intervenir dans le choix, la conception ou la mise en œuvre du jeu, le tout étant laissé à la charge d'une enseignante volontaire, et alors évaluer les choix qui sont faits quant à l'activité mathématique. Ces alternatives montrent bien que ce qui est présenté ici s'avère être une réponse très locale et particulière aux questions que je me suis posées.

Ensuite, certains éléments d'une séance de jeu en classe pourraient être mieux préparés. Par exemple, en fonction de l'intention didactique, un choix de modalité de présentation ou de retour pourrait être différent. Une préparation plus fine pourrait être effectuée. En amont, il serait aussi possible de réfléchir à l'activité mathématique en fonction des différentes postures avec l'enseignante et pourquoi pas les élèves.

Quant aux caractéristiques formelles d'un jeu, certaines semblent être plus propices à l'apparition de l'activité mathématique. Il faut entre autres davantage tenir compte de l'adversaire, car certaines situations semblent favoriser l'activité mathématique par rapport à d'autres. Il faut également porter une attention à la mécanique, certains jeux étant moins favorables au dévoilement de l'activité mathématique puisque l'on veut gagner. Ces changements à apporter n'ont pas pour but de limiter les recherches à un seul type de jeu, mais plutôt à prendre en compte ces éléments dans la planification d'éventuelles recherches. Ce serait dommage de se priver d'une sorte de jeux simplement parce que les élèves ne communiquent pas autant que souhaité.

Finalement, je trouve essentiel de souligner qu'au moins deux dimensions de l'activité mathématique sont à mon avis mal représentées dans les analyses. D'une part, les raisonnements mathématiques n'ont pas pu faire l'objet d'une analyse aussi attentionnée que les concepts et les processus. Méthodologiquement, il est difficile d'élaborer des dispositifs donnant accès aux raisonnements des élèves durant le jeu. D'autre part, je ne me suis pas penchée sur la communication mathématique au cours des jeux. La question de la communication m'est rapidement apparue comme étant très complexe et nécessitant tout un appareil théorique et méthodologique débordant de ce qui me semblait réalisable dans le cadre de cette thèse. Comme il s'agit d'une recherche exploratoire, j'ai voulu couvrir très large, ce qui ne m'a pas non plus permis de pousser à fond toutes les analyses possibles.

Les pistes de la recherche : réflexions épistémologiques

Le propre de la recherche exploratoire étant de faire émerger des questions de recherches dans la discussion [chapitre 5], j'en présente donc concernant les aspects de l'activité mathématique, les éléments d'une séance de jeu en classe et les caractéristiques formelles d'un jeu. Dans la conclusion, à travers les limites, je présente d'autres avenues qu'aurait pu prendre cette recherche proposant par le fait même des pistes pour l'avenir. Ces réflexions épistémologiques ont émergé en cours de la recherche et n'auraient pas pu faire partie du cadre conceptuel de départ.

Toutefois, il reste encore une « sorte » de piste de recherche qui n'a pas été présentée: les réflexions épistémologiques. Dès le début du doctorat, les réflexions sur la nature des connaissances et de leur développement historique ont pris une certaine importance grâce à un cours de lecture dirigée portant sur la philosophie de la didactique des mathématiques[35] et en étant membre-étudiante du *Laboratoire d'Épistémologie et Activité Mathématique*[36] de l'UQAM. Une sensibilité pour ces questions qui est toujours restée en arrière-plan de cette recherche s'est développée. L'apprentissage de la recherche exploratoire a été réalisé en en faisant au cours de tout le processus doctoral (Maheux et Roth, 2011). D'ailleurs, en recherche exploratoire, une des particularités de cette approche est justement que le chercheur se transforme lui aussi tout au long de la recherche. En préparant cette thèse, il y a donc eu réflexion, sans vraiment la mettre de l'avant dans le texte lui-même pour

[35] MATH 602 – Reading course: Philosophy of mathematics in mathematics education
Professeur Jérôme Proulx, Université Concordia, Automne 2015 – Hiver 2016

[36] http://leam.uqam.ca

l'avancée et le développement, voire l'émergence des mathématiques à travers les jeux dans une classe d'un point de vue épistémologique. Il apparait possible de penser que les questions qui sont formulées s'inscrivent aussi dans un développement historique des mathématiques comme discipline. Ainsi, l'activité mathématique relevée pendant que l'on joue à un jeu pourrait être considérée pour étudier la nature et le développement des mathématiques elles-mêmes.

Deux courants de pensée ont retenu mon attention pour cette ouverture épistémologique : le micromonde de Seymour Papert et l'énaction de Humberto Maturana et Francisco Varela. Dans les pages suivantes, j'envisage comment une recherche portant sur l'activité mathématique en contexte de jeu au primaire pourrait aussi être réalisée en lien avec ces deux cadres.

Faire des mathématiques : l'œil de Papert

Papert (1972, 1981) est connu pour ses travaux offrant une conceptualisation spécifique de ce que représentent pour lui l'ordinateur et la programmation [à travers le langage de programmation Logo et sa Tortue]. Pour Papert, l'ordinateur a le potentiel de créer des « micro-mondes » [tels que Logo] où l'élève peut se plonger, apprenant des mathématiques en en faisant à travers la construction de choses intéressantes pour lui. Il parle aussi d'« objet-avec-lequel-penser », donnant l'exemple d'un ensemble de la tortue Logo et des engrenages qui, dans son adolescence, lui a permis de développer une compréhension très intime et puissante de l'algèbre. Je crois que jouer à des jeux mathématiques en classe pourrait être abordé à travers ces deux concepts, développant ainsi une analyse de ce que signifie, au sens profond, épistémologique du terme, faire des mathématiques dans un tel contexte.

Tout d'abord, pour Papert (1981), il existe des *objets-avec-lesquels-penser* qui seraient porteurs de certaines activités à travers nos interactions avec ces objets. L'*objet-avec-lequel-penser* est quelque chose de manipulable, tangible ou non, par lequel les idées se manifestent et prennent parfois forme de manière particulière. Les jeux mathématiques me semblent de très bons candidats à ce titre. Voir les propriétés des nombres comme ou plutôt à travers des possibilités différentes de regrouper des cartes [dans *Faisons la paire*] ou faire l'expérience de la commutativité en multipliant des dés [dans *Trois pour moi*] seraient des exemples de la manière dont le jeu en tant qu'*objet-avec-lequel-penser* donnerait une existence particulière et même intime [pour parler comme Papert] aux idées mathématiques aux élèves qui jouent.

Papert (1981) insiste également sur l'idée que l'utilisation du langage de programmation Logo plonge les élèves dans un contexte particulier, par ses règles et ses possibilités, ses contraintes, son contexte, etc. C'est ce qu'il appelle un *micromonde*. L'activité mathématique au sein d'un *micromonde* prend racine dans les intérêts et les actions de celui qui l'explore, met en œuvre ses possibilités, rencontre ses limites et ainsi de suite. Les jeux mathématiques me semblent pouvoir offrir de semblables espaces d'explorations. Si l'appropriation d'un jeu, la découverte et la mise en œuvre de stratégies impliquent un certain travail mathématique, on peut alors le voir comme un contexte où, comme dirait Papert, les élèves peuvent rencontrer de manière authentique certaines idées mathématiques, faire l'expérience de leur puissance, devenir familiers avec elles et ainsi de suite. On retrouve donc encore cette idée d'une activité mathématique particulière, bien différente en tout cas de celle d'une classe où les élèves feraient l'expérience de concepts, de processus ou de formes de raisonnement comme des choses à apprendre, à mémoriser, à appliquer pour la simple raison que c'est ce que l'école attend d'eux.

Ayant la formule facile, Papert avance de manière un peu provocatrice que faire des mathématiques différemment, c'est faire des mathématiques différentes. L'aphorisme s'applique alors à Logo et sa tortue et sa portée épistémologique n'est pas banale. L'histoire nous montre bien comment à différentes époques on a fait des mathématiques pour des raisons parfois bien différentes. Quand les pythagoriciens s'intéressent aux sommes de nombres carrés tels que $3^2 + 4^2 = 5^2$, ils réfléchissent à la nature du monde [pour Pythagore « tout est nombre »]. Cette égalité et tout le travail lié à sa recherche et son utilisation [par exemple pour la construction de triangles rectangles pouvant être utilisés pour dessiner la toiture d'un temple] ont une valeur aux antipodes de ce que le fameux théorème de Pythagore qui en découle signifie pour les élèves qui doivent le mémoriser et l'utiliser pour effectuer une série d'exercices. Une analyse de cet ordre par rapport à l'activité mathématique en contexte de jeu en classe me semblerait importante, apportant une réponse d'un tout autre ordre à la question de savoir ce qui se passe mathématiquement quand on joue en classe.

Faire des mathématiques : le point de vue de l'énaction

Dans un tout autre ordre d'idées, Maturana et Varela (1987) sont connus pour leurs travaux sur la nature de la connaissance. Biologistes de formation, ils théorisent les processus de connaissance d'un point de vue évolutif, à la fois ontogénique [lié au développement progressif d'un organisme] et phylogénique [lié au développement des espèces]. Depuis les années 1980, on s'intéresse à l'occasion à cette perspective, en particulier à propos de l'éducation mathématique en insistant sur la manière dont, suivant cette théorie, nous sommes en constante interaction avec un environnement essentiel au maintien de notre structure, mais qui est aussi déclencheur de certaines formes d'action, de pensée, etc. (Kieren *et al.*, 1995). Aborder ce que signifie jouer à des jeux mathématiques en classe à travers les concepts issus de l'énaction pourrait nous conduire, sur le terrain épistémologique, à des réflexions intéressantes sur ce que signifie alors *faire* des mathématiques.

Suivant l'énaction, l'activité mathématique est vue comme un processus actif qui se produit dans l'interaction entre un organisme vivant [par exemple l'élève, l'enseignant] et son environnement (Goodchild, 2014). Dans cette perspective, on peut penser que les concepts, les processus et les raisonnements mathématiques sont *produits* par l'interaction des élèves avec les jeux mathématiques lorsqu'ils jouent en classe. Cela signifie que ces idées mathématiques n'existent pas indépendamment de ces interactions : elles ne sont pas « dans le jeu » ni « dans les élèves » ou l'enseignante, mais émergent lors de la rencontre des deux comme des possibilités de faire sens de la situation (Kieren *et al.*, 1995). Une analyse de ce point de vue demanderait par exemple de regarder très finement de quelle manière la discussion sur des processus de calcul de produit d'une multiplication [dans *Trois pour moi*] est déclenchée par les élèves en réaction à la règle de sanction du jeu pour comprendre en quoi faire des mathématiques existerait à l'intérieur de l'expérience de cette situation de jeu.

Certains travaux en énaction ont discuté de la manière de concevoir l'enseignement comme un système dans lequel l'enseignante joue un rôle de déclencheur en cherchant à faire émerger certains processus cognitifs par le choix de situations (René de Cotret, 1999). Mais ce n'est évidemment pas le seul moment où elle intervient. Une analyse de l'activité mathématique lorsqu'on joue en classe qui serait basée sur l'énaction demande de considérer que faire des mathématiques se réalise dans une série d'actions qui inclut « tout » ce qui se passe entre les personnes et le matériel présent. On peut penser que l'enseignante déclenche une certaine activité mathématique en choisissant un jeu qui comporte un nouveau concept mathématique [par exemple : les nombres triangulaires dans *Faisons la paire*], mais ceci n'a de sens que si on considère que l'enseignante présente adéquatement le jeu, que les élèves s'y engagent concrètement, que le concept nouveau apparait dans les échanges entre les élèves, l'enseignante et le matériel. Il faudrait aussi pouvoir mettre ceci en lien avec la constitution progressive de ce que signifie jouer à un jeu mathématique en classe, y compris, par exemple, la possibilité de « tricher » dans une certaine limite, le fait d'être soumis à des changements des conditions de jeu par l'enseignante [par exemple quand elle déclare qu'il reste 5 minutes pour terminer une partie alors que la question du temps n'avait pas été mentionnée avant] et la présence de certaines attentes implicites ou explicites, etc. La particularité d'une analyse de ces aspects du point de vue de l'énaction résiderait dans le fait de se demander comment ces actions contribuent à l'émergence d'une conceptualisation de la situation faisant en sorte que l'on considère effectivement que la classe joue à un jeu mathématique, qu'une certaine activité mathématique se met en place et ainsi de suite. On réfléchit à l'origine possible de ces actions et à la manière dont elles sont elles-mêmes des conditions d'émergence d'autres actions participant à la création d'une série d'évènements dans lesquels, pour reprendre un des aphorismes les plus célèbres de Maturana et Varela, « All doing is knowing, and all knowing is doing » (1987, p. 26) : toute action [mathématique] est connaissance [mathématique].

Une toute dernière réflexion sur l'ensemble des études doctorales

À ce point-ci, on est en droit de se demander ce qui n'a pas encore été dit. Tout ou presque tout. À la lecture de cette thèse, on ne peut s'empêcher de constater que le parcours entrepris pour répondre à la question de recherche était loin d'être évident et encore moins tracé d'avance. Il a fallu que je surmonte ce que plusieurs considèrent comme des obstacles : le besoin de procéder à des réanalyses pour identifier des aspects de l'activité mathématique lorsque l'on joue dans des jeux qui sont présentés dans le cadre conceptuel, la conception de trois jeux mathématiques pour répondre aux besoins d'une enseignante de cinquième année, mais surtout l'appropriation de la recherche exploratoire dont les fondements qui peuvent donner des vertiges.

Les très nombreux moments mathématiques m'ont donné bien des maux de tête, mais surtout m'ont rassurée quant à la scientificité de toute la démarche puisque j'ai su dégager pas moins de quarante-quatre pistes et questions de recherches éventuelles. Un sentiment de ne jamais avoir tout dit ou tout décrit m'a habitée. Cependant, n'est-ce pas le propre de la recherche exploratoire que de générer de nouveaux objets de recherches ? Somme toute, c'est à mon humble avis une mission réussie lorsque l'on prend conscience de la liste de questions générées [voir annexe Q] et même en conclusion avec des pistes épistémologiques. Mon dilemme, à présent, c'est de choisir avec laquelle des idées générées je vais commencer. J'aimerais surement débuter par raffiner le travail qui doit être fait par l'enseignante pour intégrer des séances de jeux mathématiques en classe du primaire. Par exemple, une nouvelle recherche pourrait s'intéresser davantage à l'activité mathématique en lien avec l'enseignante et par le fait même aux interventions qu'elle fait de la présentation jusqu'au retour sur un jeu ainsi qu'à ces postures. Il faudrait alors élaborer un cadre conceptuel en ce sens et le devis méthodologique pourrait comprendre des entrevues et/ou enregistrements des séances de travail pour documenter certains choix et certaines préparations d'interventions en lien avec l'activité mathématique [concepts, processus et raisonnements]. D'autres aspects de l'activité mathématique [p. ex. : communication] pourraient par le fait même être ajoutés. Cette étude plus portée sur l'enseignante pourrait aussi permettre d'approfondir les manières pour expliciter plus les raisonnements mathématiques à travers les jeux. La fin de cette thèse, et par le fait même de cinq années d'études ne constitue pas pour moi l'arrivée à une destination, mais plutôt le point de départ pour aller étudier d'autres sujets ou d'autres aspects de l'activité mathématique des élèves et de l'enseignante dans une classe du primaire.

ANNEXE A

DESCRIPTION DES JEUX

Dans les pages qui précèdent, j'ai mentionné différents jeux commerciaux ou provenant de projets de recherche. Vous trouverez une courte description/explication dans cette annexe. Les jeux sont en ordre alphabétique pour faciliter le repérage.

Architek

> « Au moyen d'un ensemble de 18 blocs en plastique, le joueur est invité à réaliser différents types d'activités tels ériger des constructions 3-D en respectant les plans et les blocs imposés. Chaque type d'activité comprend entre 20 et 35 problèmes agencés selon la progression des difficultés. » (Lyons et Lyons s.d.)

Awalé

> « Le principe est de semer les graines, en prenant celles d'un des trous et en les déposant une à une dans les trous suivants, puis s'emparer de graines en aboutissant dans des régions où elles sont peu nombreuses. » (Berloquin, 2008, p. 108)

Barrage

> « Barrage est un jeu où chacun des joueurs place, à tour de rôle, un jeton sur une planche de jeu. Lorsque leurs neuf jetons respectifs sont déposés, chacun déplace à tour de rôle un jeton suivant les lignes. Si un joueur place ses jetons de façon à ce qu'il en ait trois en ligne, cela forme un barrage et il peut alors enlever un jeton à son adversaire. » (Tourigny, 2004, p. 43)

Course à vingt

« C'est un jeu à deux joueurs A et B qui choisissent alternativement des nombres. Chaque joueur a le droit d'ajouter que 1 ou 2 au nombre précédemment dit par son adversaire. Le premier dit 1 ou 2. Celui qui dit 20 a gagné la partie. Il s'agit d'une version simplifiée du jeu de Nim. » (Brousseau, 2002, p. 24)

Cinq en ligne

« Cinq en ligne est un jeu qui se joue sur une grille sur laquelle sont écrits différents nombres. Chaque joueur lance 3 dés et place un jeton sur le nombre correspondant à la somme, la différence ou le produit des points sur les dés. Il dépose un jeton sur le résultat de façon à former une ligne verticale, horizontale ou diagonale avec ses jetons. » (Tourigny, 2004, p. 43)

Dames

« Les dames ou le jeu de dames est un jeu de société combinatoire abstrait pour deux joueurs. Le terme désigne en fait plusieurs jeux comme le jeu de dames international ou bien le jeu de dames anglaises. Le but du jeu est de capturer ou immobiliser les pièces de son adversaire. » (Wikipédia, 2019, 12 décembre)

Devine à quel nombre je pense

« L'élève doit réussir à trouver le nombre que l'enseignant a dans la tête en moins de coups possibles. » (Boucher, 2010, p. 12)

Dis-moi ce que tu vois

« Les élèves devront être en mesure de décrire une figure complexe donnée à d'autres pour que ces derniers puissent la reproduire. Le jeu est organisé en classe sous forme de tournoi opposant des équipes de quatre personnes. Celles-ci tentent de ramasser le plus de points autour de la production des figures données » (Caissie, 2007, p. 57-58)

Dominos des compléments de 10

« Ce jeu, d'inspiration du domino traditionnel, propose à l'enfant d'ajouter un domino à la chaine, non pas parce que la valeur du nombre sur une des deux cases est équivalente à celle d'une autre case déjà en place, mais plutôt pour que la somme ou la différence des deux cases de deux dominos distincts donne le résultat demandé au préalable par l'enseignante, dans ce cas-ci, dix. » (Juteau, 2007, p. 52)

Échecs

« Chaque joueur manœuvre ses pièces comme une armée, pour anéantir l'adversaire et surtout menacer son Roi. » (Berloquin, 2008, p. 192)

Fraction Formula

« *Formule fraction* est un jeu consistant à additionner individuellement, à l'intérieur d'un cylindre gradué, plusieurs tuiles-fractions déterminées par des cartes qui sont pigées à tour de rôle. Le but est d'obtenir la combinaison de fractions propres [inférieures à 1] se rapprochant le plus d'un entier, et ce, sans dépasser la valeur de celui-ci sous peine de perdre la partie. Le jeu se déroule en plusieurs manches et des points sont attribués aux joueurs à chacune de celles-ci. » (Hébert-Bédard et Rajotte, 2016, p. 31)

Fraction Fortress

« Le principe du jeu est de réussir à bâtir la plus haute tour, soit en tournant l'aiguille sur le couvercle du jeu, en prenant les pièces associées aux fractions représentées par l'aiguille, puis en érigeant la tour avec celles-ci. » (Hébert-Bédard et Rajotte, 2016, p. 31)

Le calendrier

« Chaque matin lors de l'accueil, les élèves sont invités à répondre à la question suivante : "Hier, nous étions mercredi le 14 mars. Aujourd'hui, nous sommes jeudi, mais qu'est-ce qui vient après 14 ? " L'enseignant invite ensuite les enfants à me dire comment s'écrit 15. Les enfants sont incités à bien observer les régularités dans l'écriture des nombres pour être en mesure de me dire : " 15 ça s'écrit 1 5 ". » (Boucher, 2010, p. 2)

Le contrôle des présences

« À travers différents scénarios, les élèves doivent répondre à la question : combien d'amis sont présents ce matin ? » (Boucher, 2010, p. 6)

Le football

« En équipe de deux, on dispose d'une carte de jeu représentant un terrain de football composé de 21 cases. À tour de rôle, on lance le dé et on avance le jeton vers la zone adverse d'autant de cases que la valeur indiquée par le dé. Le joueur qui gagne la partie est celui qui parvient à franchir la zone des buts de son adversaire. » (Boucher, 2010, p. 5)

Le jeu du 15

« Chacun son tour, les joueurs lancent le dé autant de fois qu'ils le veulent. Le but est d'obtenir un total de 15 ou un nombre inférieur le plus près possible de 15. Si le joueur obtient un nombre supérieur à 15, il est éliminé. » (Montmirel, 2012, p. 17)

Le père Noël se prépare

« Le premier joueur tourne le dé et déplace son pion du nombre de coups indiqués par le dé en direction du premier objet à chercher. Le joueur doit toujours se diriger rapidement vers les vêtements que le père Noël met dans un ordre spécial. Le gagnant est celui qui réussit à habiller son père Noël le plus vite possible. » (Dumais, 2005, p. 200)

Le pommier

« "Tu dois aller chercher, en un seul voyage, juste ce qu'il faut, pas plus, pas moins de jetons rouges pour remplir les cercles vides " [le pommier] ; " juste ce qu'il faut, pas plus, pas moins de cartons orange pour occuper les places libres " [fenêtres de l'autobus]. » (Boucher, 2010, p. 3)

Le tambourin

« Le tambourinaire choisit un nombre qu'il prend soin d'inscrire sur une feuille, dans le domaine numérique correspondant aux étiquettes-nombres de ses camarades puis, il frappe le nombre de coups choisit ; il baisse son tambourin pour signifier que tout est terminé. Dès ce pin, les enfants doivent lever l'étiquette-nombres correspondant au nombre de coups frappés et on vérifie tous ensemble la réponse de tous et chacun. » (Boucher, 2010, p. 11)

Les ballons brûlants

« On divise un gymnase en deux à l'aide de bancs suédois et y dépose 10 ballons mousses de chaque côté. Au signal, les élèves se lèvent rapidement pour ramasser les ballons de leur côté pour les envoyer de l'autre côté sans jamais traverser la frontière [bancs suédois]. À la fin de la partie de deux minutes, l'équipe qui a le moins de ballons de son côté est celle qui remporte la partie ». (Boucher, 2010, p. 17)

Les gommettes

« En équipe de deux, chaque joueur à tour de rôle, lance le dé puis essaie de trouver une carte possédant autant de gommettes qu'il y a de point sur le dé, sinon il passe son tour. À la fin du jeu, chaque enfant compte les gommettes qu'il a obtenues. Celui qui a le plus de gommettes gagne la partie. » (Boucher, 2010, p. 8)

Les jongleurs

« Les joueurs doivent se déplacer sur la piste du nombre de points indiqués sur les dés, dans le sens des flèches. S'il arrive sur une case où il y a des balles, il ajoute à n'importe quel clown le nombre de balles qu'indique cette case. Le jeu se termine lorsque tous les clowns jonglent avec leur bon nombre de balles. » (Dumais, 2005, p. 156)

Les quilles

« Le premier joueur lance la balle sur les 8 quilles placées en triangle devant lui. Ensuite, il doit compter les points obtenus en regardant les quilles tombées. La partie s'arrête quand un joueur a atteint 15 points. » (Dumais, 2005, p. 156)

Les recettes magiques

« Chaque joueur possède une sorcière. Le premier joueur, joue le dé et avance sa sorcière du bon nombre de cases. Le but du jeu est de recueillir le nombre exact d'objets qui composent la recette de la sorcière. » (Dumais, 2005, p. 156)

Logix

« Le joueur doit placer neuf [9] jetons différents dans une grille de neuf [9] cases. Dans ce but, il doit respecter neuf [9] indices. Contient 62 problèmes à difficultés croissantes. 4 ans et plus. Un succès mondial depuis plus de 15 ans. » (Lyons et Lyons s.d.)

Mancala

« Mancala est l'appellation générique d'un ensemble de jeux de société traditionnels africains et asiatiques, aussi appelés jeux de semis. Il s'agit de jeux de stratégie combinatoire abstraits du type " compter et capturer" dans lesquels on distribue des cailloux, graines ou coquillages dans des rangées de coupelles ou de trous, parfois creusés à même le sol. » (Wikipédia, 2019, 1er février)

Mathable

« Le jeu consiste à additionner, soustraire, multiplier ou diviser deux nombres adjacents pour compléter des équations mathématiques en déposant les tuiles résultantes sur les cases vides suivant les équations à résoudre. La tuile de résultat peut être placée à droite ou à gauche, au-dessous ou au-dessus des deux tuiles de l'équation à compléter. » (Gladius, s.d.)

Mémoire du complément de 10

« À partir d'une trentaine de cartes tournées face contre table, à tour de rôle le joueur retourne une première carte et doit ensuite en tourner une deuxième à associer à la première pour former un total de dix. Les élèves ont pour but est de faire le plus de paires possibles. Le jeu se termine lorsqu'il n'y a plus de paires qui peuvent être faites et le gagnant est celui qui en a accumulé le plus [les élèves jouent à 2 ou 3]. Chaque carte possède un nombre de 0 à 12, illustré de différentes façons par des représentations numérales et alphabétiques, des doigts, des cartes à jouer, des "boîtes de dix" et des courtes phrases » (Héroux et Proulx, 2015, p. 688).

Mystéro

« En respectant des indices imagés, portant sur des nombres, le joueur doit situer dans la grille, neuf [9] jetons représentant les nombres de 1 à 9. Le jeu contient 40 énigmes à résoudre. » (Lyons et Lyons s.d.)

Pizza Party

« Le jeu de base propose huit versions différentes. Qu'il soit demandé à l'élève de préparer une pizza et de la fractionner en parties égales ou encore de comparer les fractions représentées par deux pizzas. » (Hébert-Bédard et Rajotte, 2016, p. 31)

Ratuki

« Faites des piles de cartes de 1 à 5, c'est aussi simple que ça. Mais attention ! Abattez cos cartes à toute vitesse jusqu'à la fin ! Soyez le premier à abattre un 5 au sommet de la pile, criez "Ratuki" et les cartes vous appartiennent. Simple et rapide, ce jeu est assuré de plaire à tous. » (Hasbro, 2010)

Referme les boîtes

« Occuper des cases numérotées de 1 à 12, en égalant les sommes des dés obtenus aux sommes des cases à occuper. » (Berloquin, 2008, p. 73)

Saute-Mouton

« Le jeu débute avec la planche couverte de jeton sauf pour un emplacement. Chacun des joueurs mange, à tour de rôle, un jeton sur la planche en sautant par-dessus [comme au jeu de Dames]. Le but du jeu est de vider la planche de tous les jetons. » (Tourigny, 2004, p. 43)

Senet

« Le Senet se joue sur un plateau de 3 rangées de 10 cases unicolores. Chaque joueur possède 5 pions. Le déplacement des pions est régi par le lancer de 4 bâtonnets, chacun ayant une face plate et une face bombée. Le nombre de points dépend du nombre de faces plates obtenues : on compte 1 point par face plate. Un cas particulier : si les 4 faces bombées apparaissent, on obtient 6. Il n'est donc pas possible de faire 5. Le but du jeu est de faire sortir le premier tous ses pions, en suivant un parcours » (s.n., s.d.).

Scotland Yard

« Un bandit s'est échappé à Londres, les policiers de la ville tentent de le capturer. Le bandit doit se cacher dans la ville à l'aide des transports en commun, soient le métro, le taxi et l'autobus et les autres doivent essayer de le capturer en utilisant les mêmes transports. Les policiers gagnent s'ils réussissent à attraper le bandit en 24 tentatives ou moins, sinon c'est le bandit qui gagne. » (Caissie, 2007, p. 76-79)

Skip-Bo

« Une mécanique de jeu simple et originale, proche de la crapette. Le but ? Se défausser de ses cartes en les empilant par ordre croissant de numéros sur des piles communes à tous les joueurs » (Mattel, 2008)

Stupide vautour

« Au départ, les joueurs ont tous les mêmes cartes en main. Chacun tente de gagner des cartes Souris [valeurs positives] en évitant les cartes Vautour [valeurs négatives]. À chaque tour on retourne une carte de la pioche ; tous les joueurs posent alors une carte de leur main, face cachée, puis la retournent simultanément. Si la carte en jeu est une souris, le joueur qui a mis la carte de la valeur la plus élevée la gagne. Si c'est un vautour, c'est celui qui a posé la plus faible carte qui doit le prendre ! » (Randolph, 2012)

Survivor

« Le but du jeu est de faire une phrase mathématique avec l'addition de trois des quatre dés sur la planche de jeu. Le jeu se termine après que chaque joueur a eu un tour à jouer. Les personnes formant une phrase mathématique correcte sont les SURVIVANTS ! » (Ortiz)

Tic-Tac-Toe

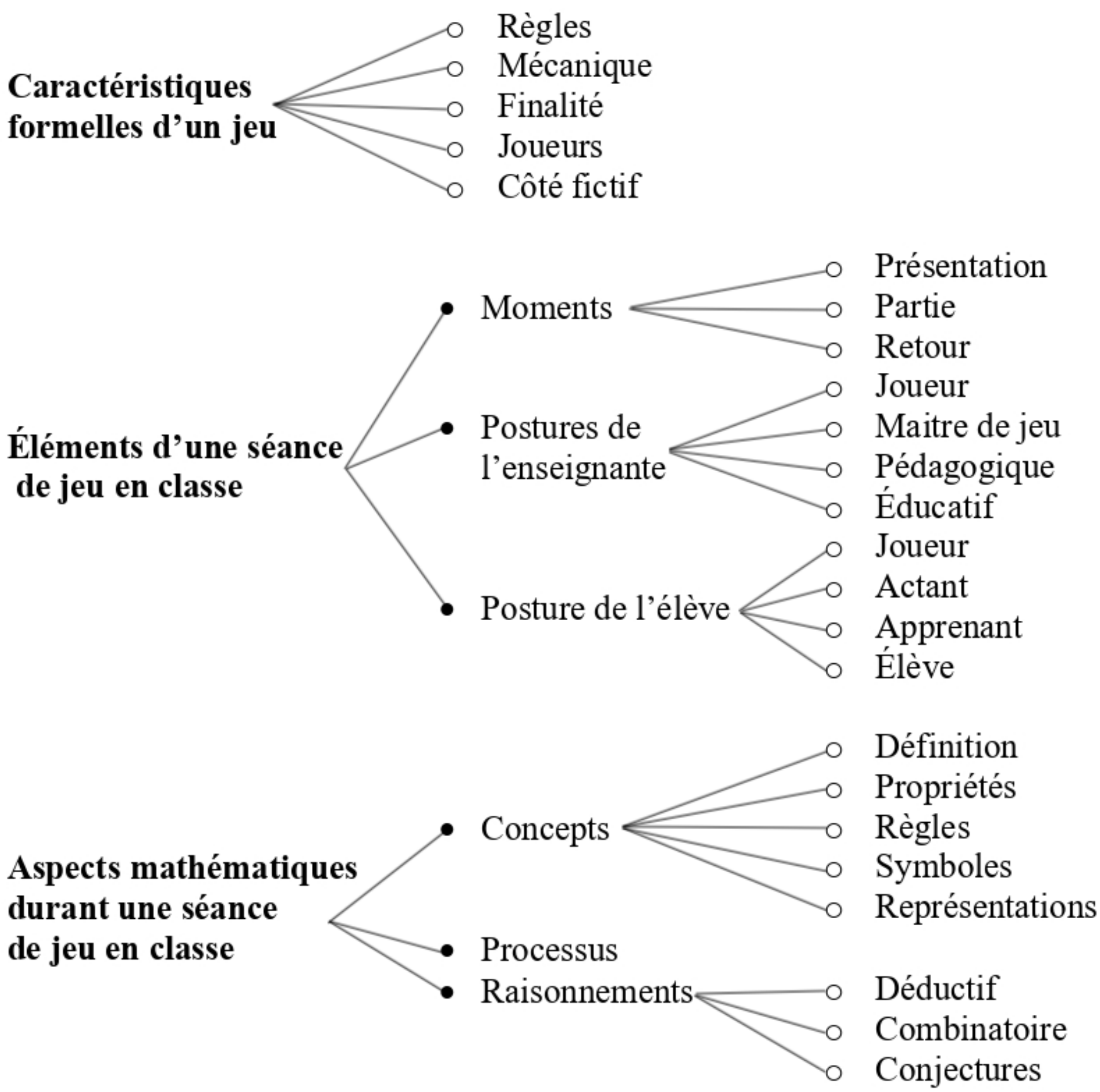
« Deux joueurs s'affrontent. Ils doivent remplir chacun à leur tour une case de la grille avec le symbole qui leur est attribué : O ou X. Le gagnant est celui qui arrive à aligner trois symboles identiques, horizontalement, verticalement ou en diagonale. Il est coutume de laisser le joueur jouant X effectuer le premier coup de la partie. » (Wikipédia, 2019, 15 décembre)

Uno

« Le but ? Recouvrir la carte jouée précédemment avec une carte de la même couleur ou avec le même symbole. Mais attention aux cartes Action… et aux coups de bluff que chacun peut tenter à tout instant ! » (Mattel, 2004)

ANNEXE B

GRILLE D'ANALYSE PRÉLIMINAIRE



ANNEXE C

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

UQÀM | Comités d'éthique de la recherche avec des êtres humains

No. de certificat: 2741

Certificat émis le: 20-08-2018

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

Le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains (CERPE 3: sciences et sciences de l'éducation) a examiné le projet de recherche suivant et le juge conforme aux pratiques habituelles ainsi qu'aux normes établies par la *Politique No 54 sur l'éthique de la recherche avec des êtres humains* (Janvier 2016) de l'UQAM.

Titre du projet:	Étude exploratoire sur l'activité mathématique durant des jeux en classe du primaire
Nom de l'étudiant:	Sabrina HÉROUX
Programme d'études:	Doctorat en éducation
Direction de recherche:	Jean-François MAHEUX
Codirection:	Thomas RAJOTTE

Modalités d'application

Toute modification au protocole de recherche en cours de même que tout événement ou renseignement pouvant affecter l'intégrité de la recherche doivent être communiqués rapidement au comité.

La suspension ou la cessation du protocole, temporaire ou définitive, doit être communiquée au comité dans les meilleurs délais.

Le présent certificat est valide pour une durée d'un an à partir de la date d'émission. Au terme de ce délai, un rapport d'avancement de projet doit être soumis au comité, en guise de rapport final si le projet est réalisé en moins d'un an, et en guise de rapport annuel pour le projet se poursuivant sur plus d'une année. Dans ce dernier cas, le rapport annuel permettra au comité de se prononcer sur le renouvellement du certificat d'approbation éthique.

Marie Nadeau R.Q.

Marie Nadeau
Marie Nadeau
Présidente du CERPE 3 : Faculté des sciences, faculté des sciences de l'éducation
Professeure, Département didactique des langues

ANNEXE D

COURRIEL D'INVITATION POUR FAIRE DE LA RECHERCHE

UQÀM
Université du Québec à Montréal

<u>Objet : Invitation pour faire de la recherche</u>

Madame, Monsieur,

La présente est pour vous inviter à participer au projet de recherche *Étude exploratoire sur l'activité mathématique durant des jeux en classe du primaire.* Ce projet de recherche vise à mieux comprendre l'activité mathématique des élèves du primaire pendant qu'ils jouent à des jeux en classe. Nous sommes à la recherche d'un enseignant qui à un intérêt pour les jeux et/ou qui en utilise déjà dans sa classe.

Il vous sera demandé de participer à une rencontre d'information durant laquelle on vous présentera le projet et l'on choisira des jeux mathématiques pouvant toucher l'arithmétique, la géométrie, la mesure, les probabilités et les statistiques. Ensuite, nous observerons vos élèves durant les séances de jeux dans votre classe (présentation du jeu, gestion durant le déroulement et discussion collective). Que font et vivent les élèves durant le jeu mathématique ? Quelles questions se posent-ils ? Qu'est-ce qui motive l'apparition de différentes formes de raisonnement ?
Nous déterminerons ensemble les plages horaires.

Si vous avez des questions ou un intérêt à participer au projet, vous pouvez nous joindre à l'adresse heroux.sabrina@courrier.uqam.ca

Sabrina Héroux

Chercheur responsable du projet : Sabrina Héroux
Directeur de recherche : Jean-François Maheux
Co-direction de recherche : Thomas Rajotte
Département, centre ou institut : Département de mathématiques, UQAM
Adresse postale : C.P.8888, Succursale Centre-ville PK-5151, Montréal, QC H3C 3P8
Adresse courriel : heroux.sabrina@courrier.uqam.ca
Téléphone : 514-987-3000 poste 3967

ANNEXE E

COURRIEL D'AUTORISATION POUR LA DIRECTION D'ÉCOLE

UQÀM
Université du Québec à Montréal

Objet : Autorisation pour faire de la recherche

Madame, Monsieur,

La présente est pour vous informer que [redacted], enseignante de votre école, a manifesté l'intérêt de participer au projet de recherche *Étude exploratoire sur l'activité mathématique durant des jeux en classe du primaire*. Ce projet de recherche vise à mieux comprendre l'activité mathématique des élèves du primaire pendant qu'ils jouent à des jeux en classe.

[redacted] a été choisie puisqu'elle fait déjà des jeux mathématiques dans sa classe. Il existe une possibilité d'élargir le projet aux autres enseignants du niveau ou du cycle selon leur intérêt. [redacted] me permet d'aller observer (et filmer) ce qui se passe quand les élèves font des jeux mathématiques dans un milieu le plus naturel possible. Lors d'une rencontre de préparation en septembre, nous choisirons ensemble les jeux mathématiques qui seront utilisés. Une rencontre est également prévue pour faire signer les formulaires de consentement par les parents. Nous déterminerons ensemble les plages horaires pour les rencontres et les observations ultérieures selon son horaire. Trois à cinq rencontres sont prévues d'octobre 2018 à février 2019 pour aller observer et filmer les élèves.

Si vous avez des questions, vous pouvez nous joindre à l'adresse heroux.sabrina@courrier.uqam.ca

Sabrina Héroux

Chercheur responsable du projet : Sabrina Héroux
Directeur de recherche : Jean-François Maheux
Co-direction de recherche : Thomas Rajotte
Département, centre ou institut : Département de mathématiques, UQAM
Adresse postale : C.P.8888, Succursale Centre-ville PK-5151, Montréal, QC H3C 3P8
Adresse courriel : heroux.sabrina@courrier.uqam.ca
Téléphone : 514-987-3000 poste 3967

ANNEXE F

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR L'ENSEIGNANTE

UQÀM | Université du Québec à Montréal

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre du projet de recherche	Étude exploratoire sur l'activité mathématique durant des jeux en classe du primaire
Étudiant-chercheur	Sabrina Héroux Étudiante au doctorat en science de l'éducation Courriel : heroux.sabrina@courrier.uqam.ca
Direction de recherche	Jean-François Maheux Professeur en didactique des mathématiques Tél : 514-987-3000 poste 3967 Courriel : maheux.jean-françois@uqam.ca

Préambule

Nous vous demandons de participer à un projet de recherche qui implique l'enregistrement de séances de jeux mathématiques dans votre classe. Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin.

Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles.

Description du projet et de ses objectifs

Nous réalisons présentement un projet de recherche qui vise à mieux comprendre l'activité mathématique des élèves du primaire pendant qu'ils jouent à des jeux. Nous recrutons un (1) enseignant intéressé par les jeux mathématiques et ses élèves de classes ordinaires du primaire pour être enregistrés durant leurs séances de jeux mathématiques. Les données de recherches récoltées nous permettront d'identifier des manifestations mathématiques des élèves durant des jeux. Ces informations serviront à bonifier la compréhension des jeux mathématique comme pratique pédagogique.

Nature et durée de votre participation

Avec l'accord de la direction de l'école et de la commission scolaire, vous serez invité au cours de l'année scolaire 2018-2019 à être enregistré durant vos séances de jeux mathématiques d'une durée d'environ 90 minutes, et ce, sur vos heures de classe. Vous pourrez participer avec le chercheur au choix des jeux. Ces jeux correspondent à votre cycle scolaire et sont reliés aux notions mathématiques du *Programme de formation de l'école québécoise*. Les séances de jeux feront l'objet d'un enregistrement vidéo. L'enregistrement des séances de jeux ne servira d'aucune manière au bulletin scolaire.

Avantages et risques liés à la participation

Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel à la participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine de recherche. En principe, aucun risque n'est lié à la participation de votre enfant à cette recherche.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet de recherche, le chercheur responsable de ce projet recueillera, dans un dossier de recherche, des renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Les informations personnelles ne seront connues que des chercheurs et ne seront pas dévoilées lors de la diffusion des résultats. Les noms seront changés pour des pseudonymes et seuls les chercheurs auront la liste des participants et du pseudonyme qui leur aura été attribué. Tous les documents relatifs à l'enregistrement des séances de jeux seront conservés sous clef durant la durée de l'étude. L'ensemble des documents sera détruit 5 ans après la fin du projet.

Participation volontaire et retrait

Votre participation est entièrement libre et volontaire. Vous pouvez refuser d'y participer ou vous retirer en tout temps sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de l'étude, vous n'avez qu'à aviser Sabrina Héroux verbalement; toutes les données vous concernant seront détruites.

Utilisation secondaire des données

Acceptez-vous que les données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche dans le même domaine ? Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par un Comité d'éthique de la recherche de l'UQAM avant leur réalisation. Les données de recherche seront conservées de façon sécuritaire. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des données de recherche, vous ne serez identifié que par un pseudonyme. Acceptez-vous que les données de recherche soient utilisées dans le futur par d'autres chercheurs à ces conditions? □ Oui □ Non

Des questions sur le projet?

Pour toute question additionnelle sur le projet et sur la participation de votre enfant, vous pouvez communiquer avec les responsables du projet : Sabrina Héroux (heroux.sabrina@courrier.uqam.ca) et Jean-François Maheux (514-987-3000 poste 3967 et maheux.jean-françois@uqam.ca).

Des questions sur vos droits ? Le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains (CERPE) a approuvé le projet de recherche auquel vous allez participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'équipe de recherche au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou pour formuler une plainte, vous pouvez contacter la coordonnatrice du CERPE (3) : cerpe3@uqam.ca ou 514-987-3000, poste 3359.

Remerciements

Votre collaboration est essentielle à la réalisation de notre projet et l'équipe de recherche tient à vous en remercier.

Consentement

Je déclare avoir lu et compris le présent projet, la nature et l'ampleur de ma participation, ainsi que les risques et les inconvénients auxquels je m'expose tels que présentés dans le présent formulaire. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant les différents aspects de l'étude et de recevoir des réponses à ma satisfaction.

Je, soussigné(e), accepte volontairement de participer à cette étude. Je peux me retirer en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.

Une copie signée de ce formulaire d'information et de consentement doit m'être remise.

____
Prénom Nom

____
Signature

____
Date

Engagement du chercheur

Je, soussigné(e) certifie

(a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire; (b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard;

(c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus;

(d) que je lui remettrai une copie signée et datée du présent formulaire.

____
Sabrina Héroux

____
Signature

____
Date

ANNEXE G

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR ÉLÈVES [ET PARENTS]

UQÀM | Université du Québec à Montréal

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT
Parent / représentant légal d'une personne mineure

Titre du projet de recherche	Étude exploratoire sur l'activité mathématique durant des jeux en classe du primaire
Étudiant-chercheur	Sabrina Héroux Étudiante au doctorat en science de l'éducation Courriel : heroux.sabrina@courrier.uqam.ca
Direction de recherche	Jean-François Maheux Professeur en didactique des mathématiques Tél : 514-987-3000 poste 3967 Courriel : maheux.jean-françois@uqam.ca

Préambule

Nous invitons votre enfant à participer à un projet de recherche.

Avant d'accepter qu'il participe à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement à titre de parent / représentant légal de votre enfant, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles.

Description du projet et de ses objectifs

Nous réalisons présentement un projet de recherche qui vise à mieux comprendre l'activité mathématique des élèves du primaire pendant qu'ils jouent à des jeux. Nous recrutons environ 25 élèves de classes ordinaires du primaire pour être enregistrés durant les séances de jeux mathématiques en classe de leur enseignant. Les données de recherches récoltées nous permettront d'identifier des manifestations mathématiques chez les élèves durant des jeux. Ces informations serviront à bonifier la compréhension des jeux mathématique comme pratique pédagogique.

Nature et durée de la participation de votre enfant

Avec l'accord de la direction de l'école et de son enseignant, votre enfant sera invité au cours de l'année scolaire 2018-2019 à être enregistrer durant les séances de jeux mathématiques de son enseignant, et ce, sur les heures de classe. Ces jeux correspondent à son cycle scolaire et sont reliés aux notions mathématiques du *Programme de formation de l'école québécoise*. Les séances de jeux feront l'objet d'un enregistrement vidéo. L'enregistrement de ces séances de jeux ne servira d'aucune manière au bulletin scolaire.

Avantages et risques liés à la participation

Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel de sa participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine de recherche. En principe, aucun risque n'est lié à la participation de votre enfant à cette recherche.

Participation volontaire et possibilité de retrait

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser qu'il y participe. Vous pouvez également le retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable de ce projet. Votre enfant peut également choisir de se retirer de ce projet de son propre chef, sans justification et sans pénalité d'aucune forme, et ce nonobstant votre consentement. Toutes les données le concernant seront détruites.

Confidentialité

Durant la participation de votre enfant à ce projet de recherche, le chercheur responsable de ce projet recueillera, dans un dossier de recherche, les renseignements le concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Les informations personnelles ne seront connues que des chercheurs et ne seront pas dévoilées lors de la diffusion des résultats. Les noms seront changés pour des pseudonymes et seuls les chercheurs auront la liste des participants et du pseudonyme qui leur aura été attribué. Tous les documents relatifs à l'enregistrement des séances de jeux seront conservés sous clef durant la durée de l'étude. L'ensemble des documents sera détruit 5 ans après la fin du projet.

Des questions sur le projet ?

Pour toute question additionnelle sur le projet et sur la participation de votre enfant, vous pouvez communiquer avec les responsables du projet : Sabrina Héroux (heroux.sabrina@courrier.uqam.ca) et Jean-François Maheux (514-987-3000 poste 3967 et maheux.jean-françois@uqam.ca).

1 / 2

Des questions sur vos droits ? Le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains (CERPE) a approuvé le projet de recherche auquel vous allez participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'équipe de recherche au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains ou pour formuler une plainte, vous pouvez contacter la coordonnatrice du CERPE (3) : cerpe3@uqam.ca ou 514-987-3000, poste 3359.

Remerciements

Votre collaboration est essentielle à la réalisation de notre projet et l'équipe de recherche tient à vous en remercier.

Utilisation secondaire des données

Acceptez-vous que les données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche dans le même domaine ? Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par un Comité d'éthique de la recherche de l'UQAM avant leur réalisation. Les données de recherche seront conservées de façon sécuritaire. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des données de recherche, vous ne serez identifié que par un pseudonyme. Acceptez-vous que les données de recherche soient utilisées dans le futur par d'autres chercheurs à ces conditions? □ Oui □ Non

Consentement

Je déclare avoir lu et compris le présent projet, la nature et l'ampleur de la participation de mon enfant, ainsi que les risques et les inconvénients auxquels il s'expose tels que présentés dans le présent formulaire.

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant les différents aspects de l'étude et de recevoir des réponses à ma satisfaction.

J'ai discuté du projet avec mon enfant et il a accepté d'y participer volontairement.

Je, soussigné(e), accepte volontairement que mon enfant participe à cette étude. Il peut se retirer en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.

Une copie signée de ce formulaire d'information et de consentement doit m'être remise.

______________________________	______________________________
Prénom Nom du représentant légal	Prénom Nom de l'enfant
______________________________	______________________________
Signature	Assentiment écrit de l'enfant capable de comprendre la nature du projet
______________________________	______________________________
Date	Date

Engagement du chercheur

Je, soussigné(e) certifie

(a) voir expliqué au signataire les termes du présent formulaire;

(b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard;

(c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à la participation de son enfant au projet de recherche décrit ci-dessus;

(d) que je lui remettrai une copie signée et datée du présent formulaire.

____

Sabrina Héroux

____

Signature

____

Date

ANNEXE H

PLANCHE DU JEU *TROIS POUR MOI*

Trois pour moi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132
12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144

ANNEXE I

LES CARTES DU JEU *FAISONS LA PAIRE*

1	4	9	16	25
36	49	64	81	100
3	6	10	15	21
28	45	55	66	78
91	2	5	7	11

13	17	19	23	29
31	37	41	43	47
53	59	61	67	71
73	79	83	89	97
60	72	24	48	90

ANNEXE J

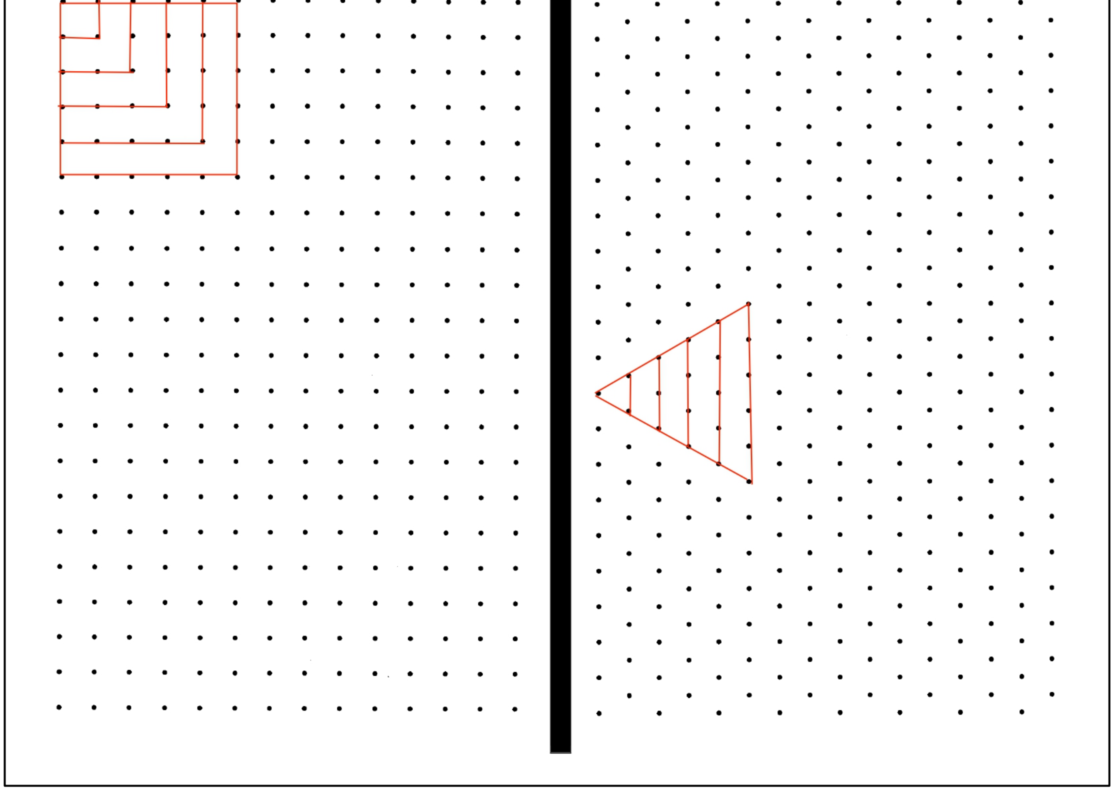
LA FEUILLE DE POINTAGE DU JEU *FAISONS LA PAIRE*

Faisons la paire

1 pt : Facteur de …
2 pt : Nombres premiers
3 pt : Nombres carrés
4 pt : Nombres triangulaires

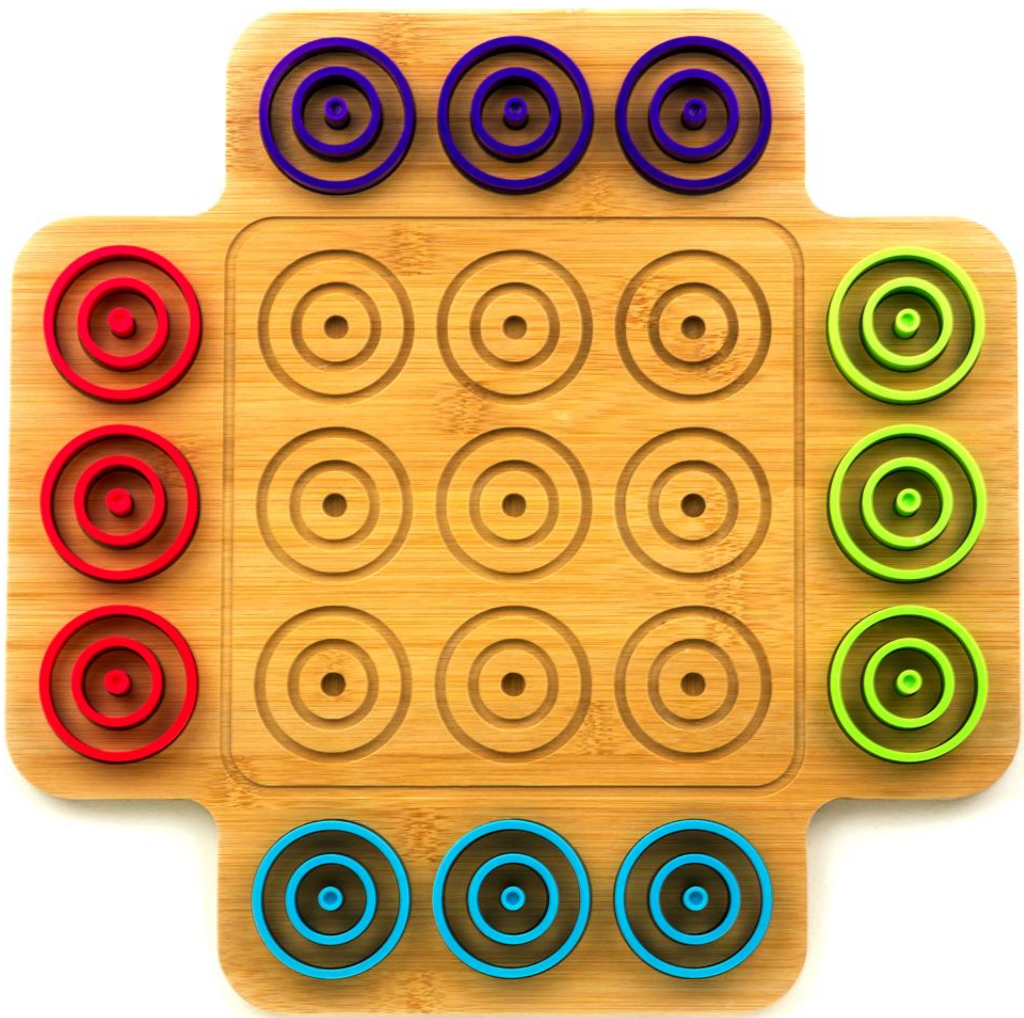
ANNEXE K

LE PAPIER POINTÉ DU JEU *FAISONS LA PAIRE*



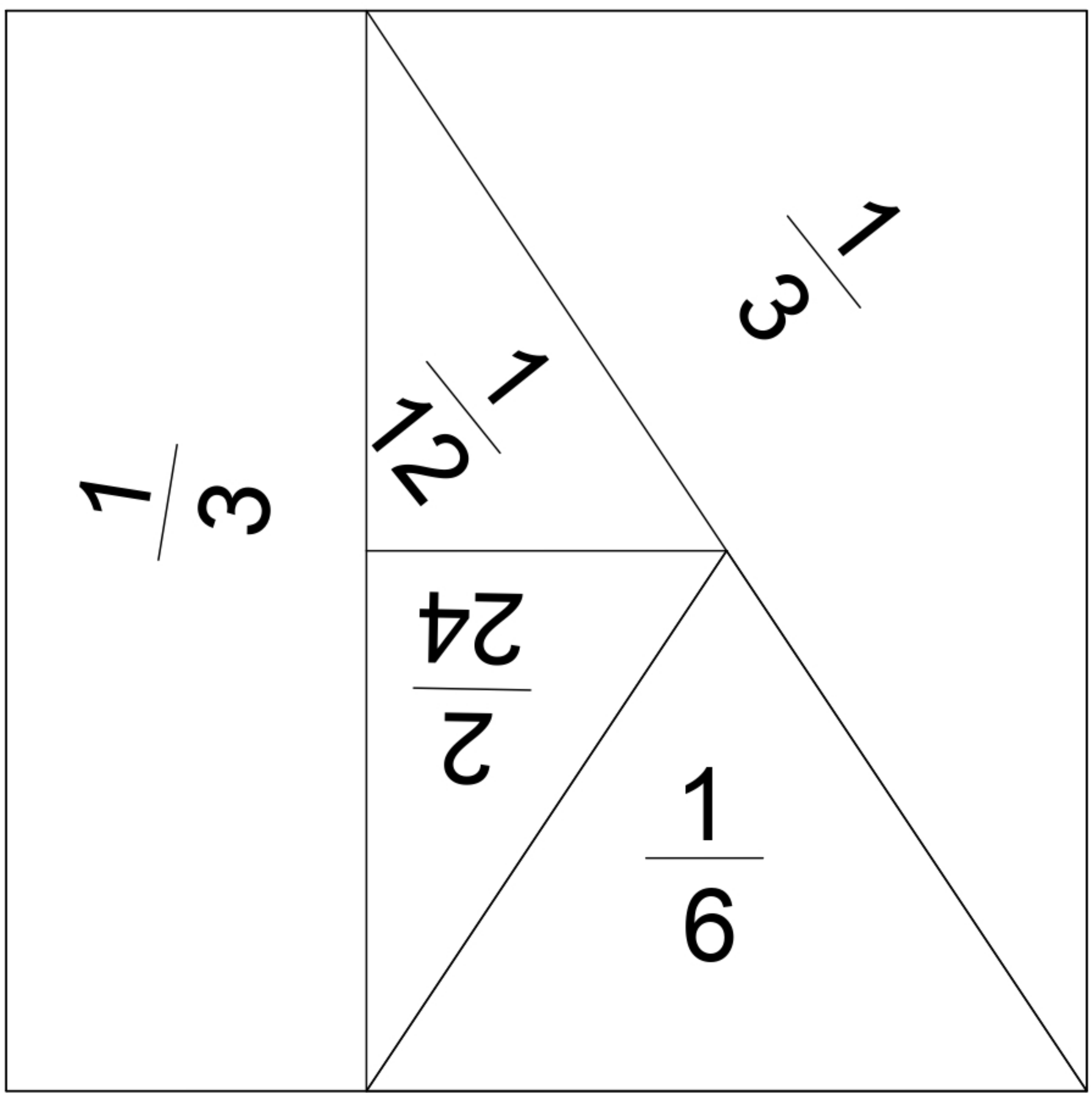
ANNEXE L

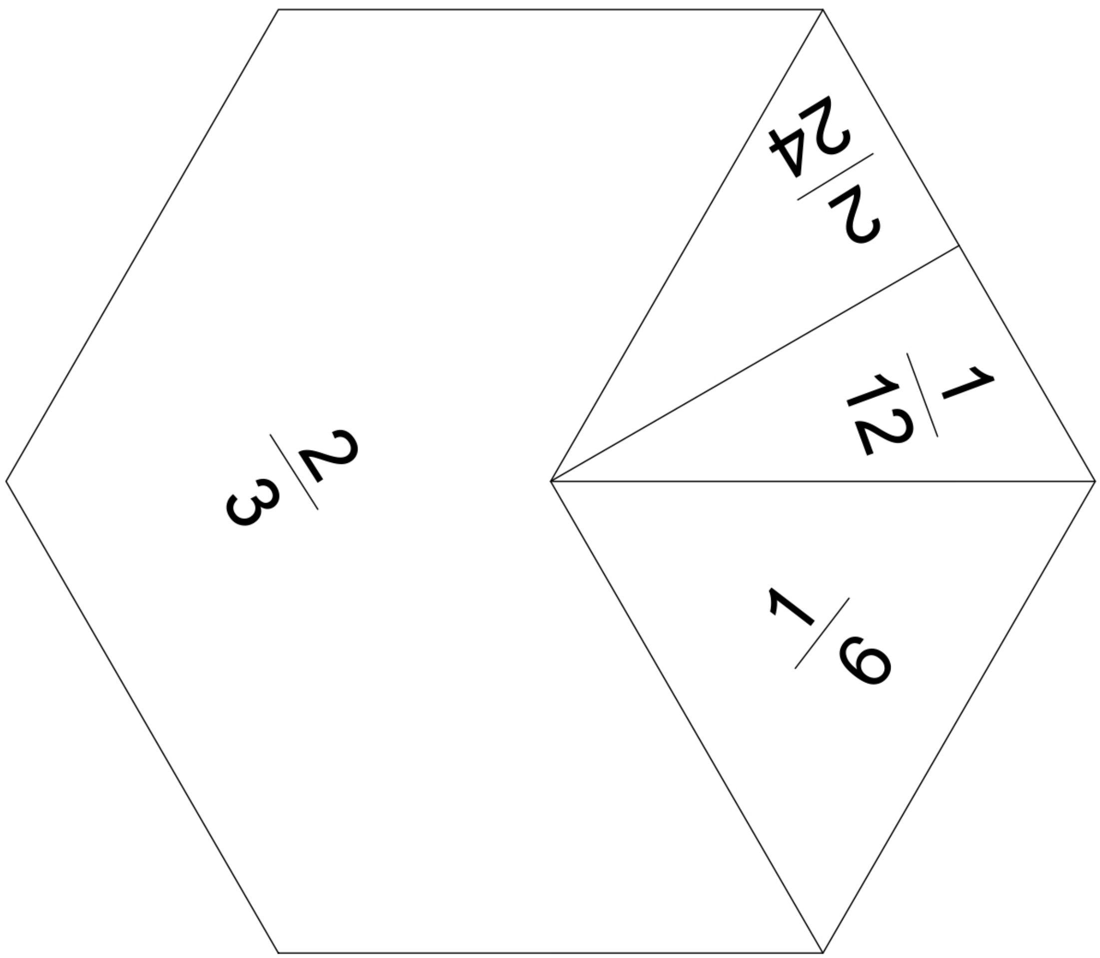
ILLUSTRATION DU JEU *OTRIO* (MATTEL, 2004)

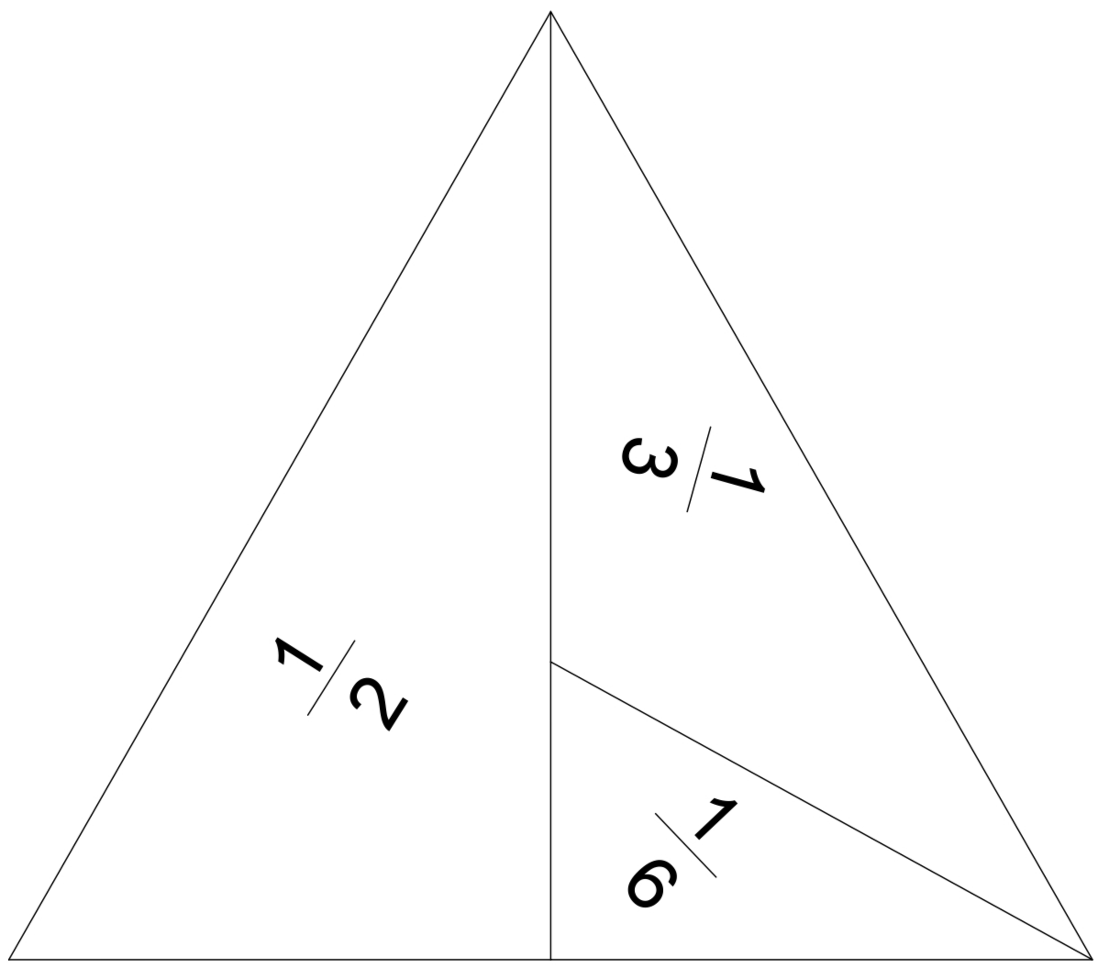


ANNEXE M

LES TROIS *CASSE-TÊTES DE FRACTIONS* (PETERSON, S.D.)




2/3
2/24
1/12
1/6


1/3
1/2
1/6

ANNEXE N

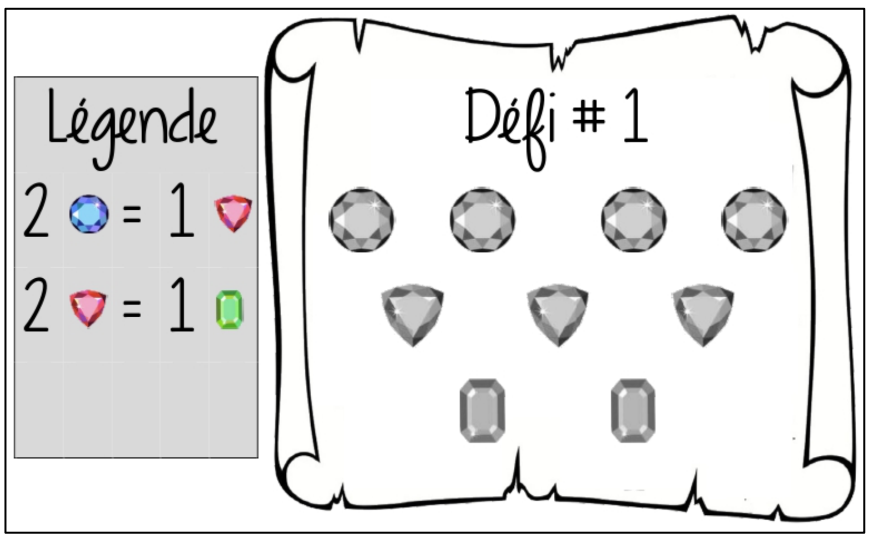
LES CARTES DU JEU *SUPERS MINEURS*

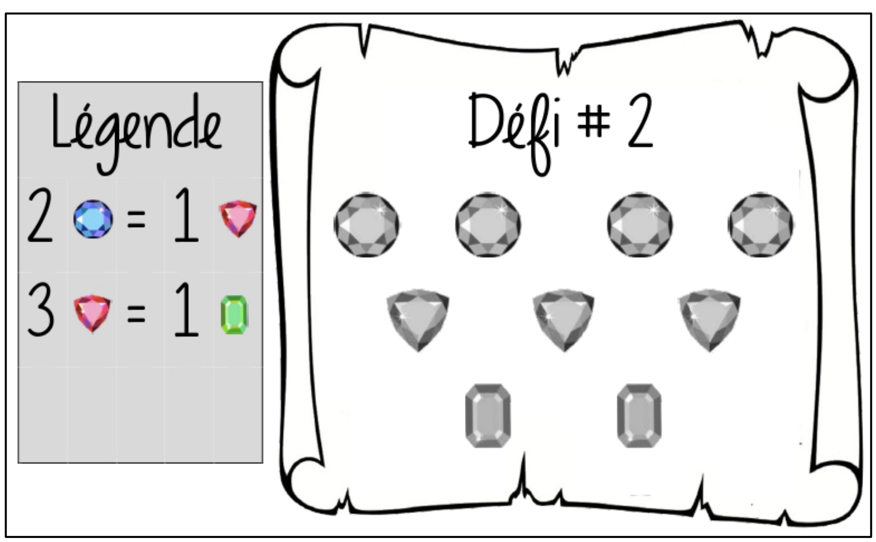
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	1	2	3
4	5	6	7	8
9	10	11	12	0

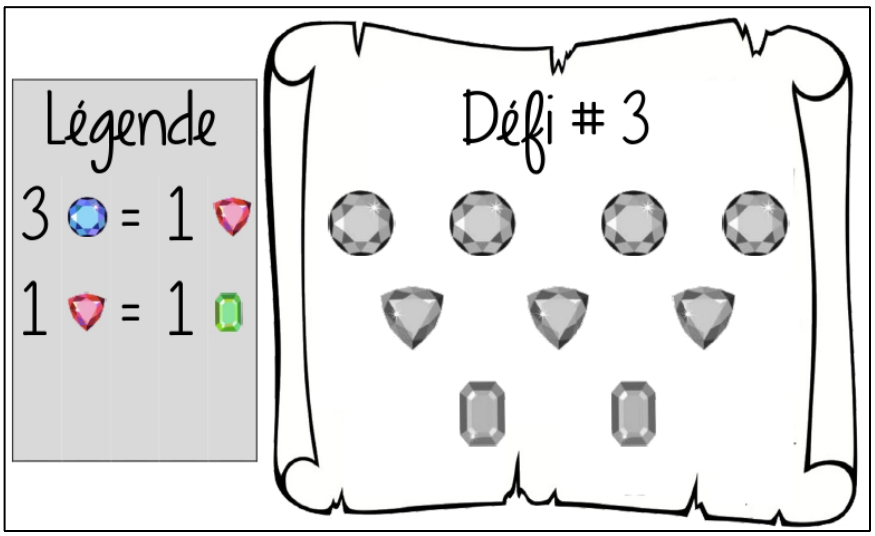
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	1	2	3
4	5	6	7	8
9	10	11	12	JOKER  JOKER

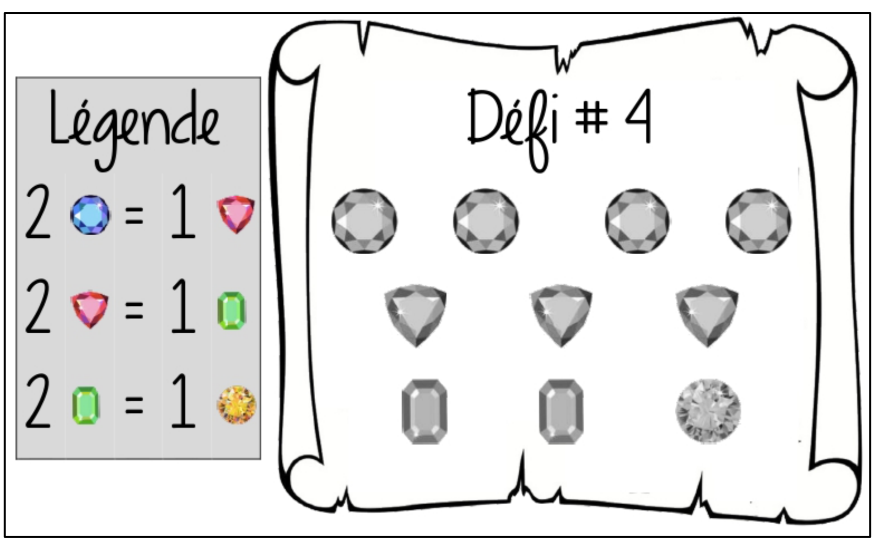
ANNEXE O

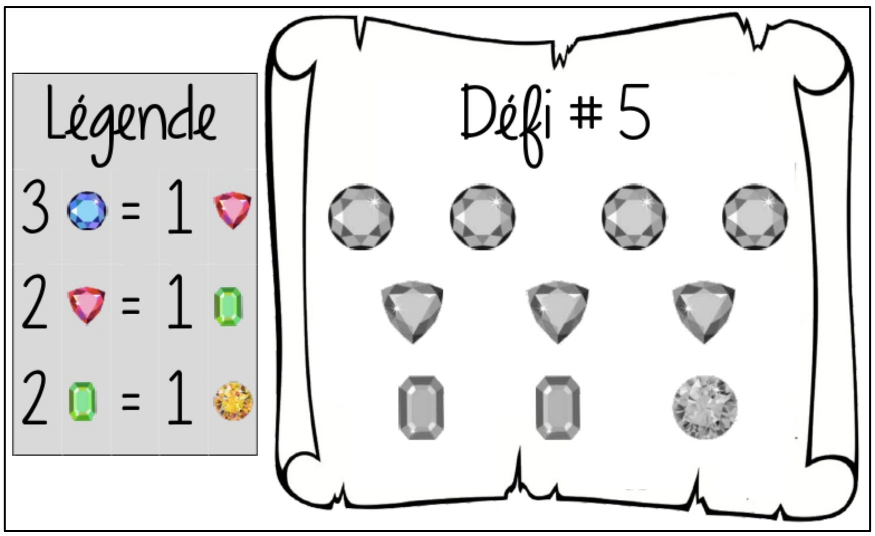
FICHE-DÉFI *SUPERS MINEURS*

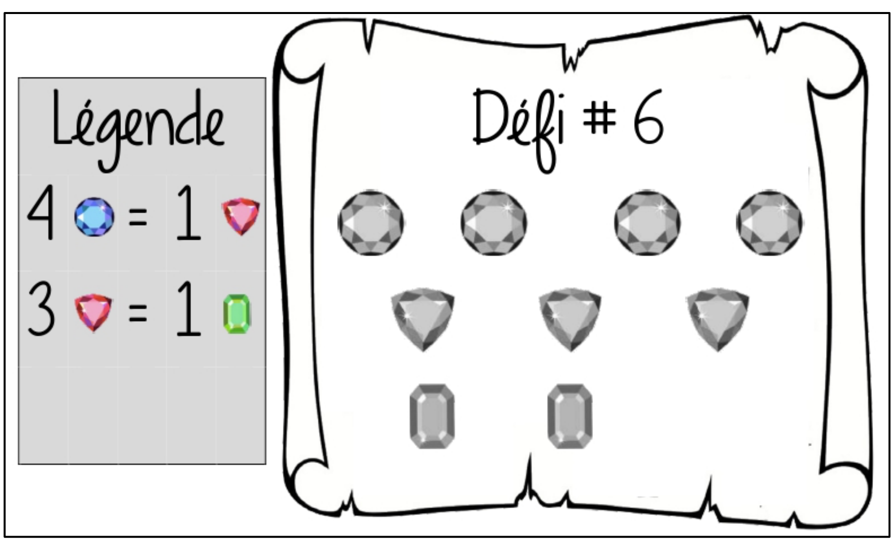


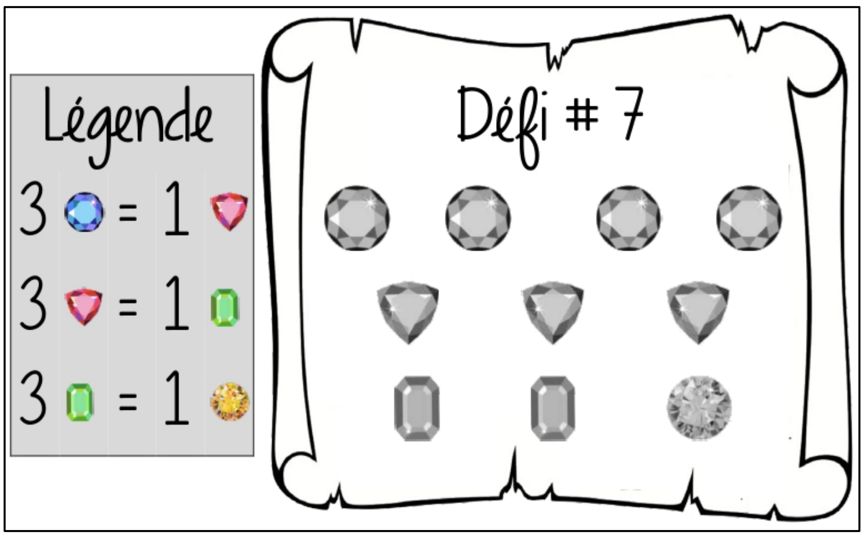


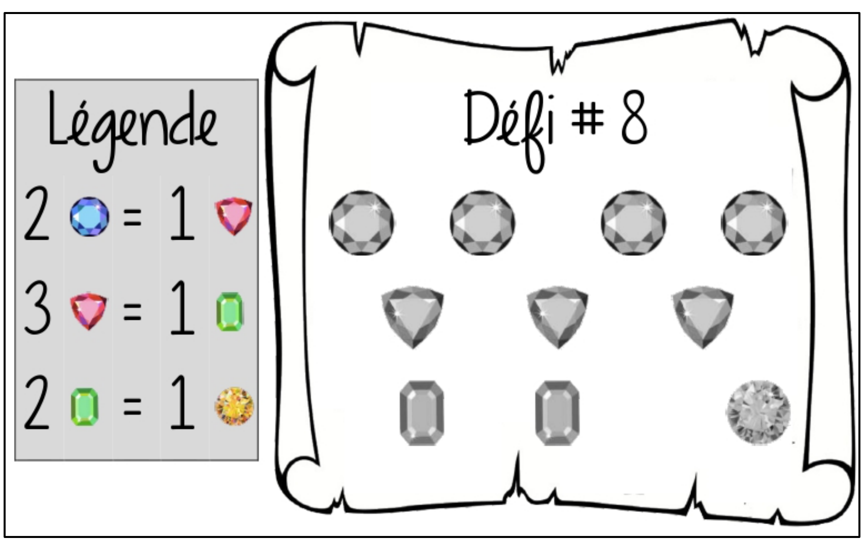

Légende
3 = 1
1 = 1
Défi # 3


Légende
2 = 1
2 = 1
2 = 1
Défi # 4

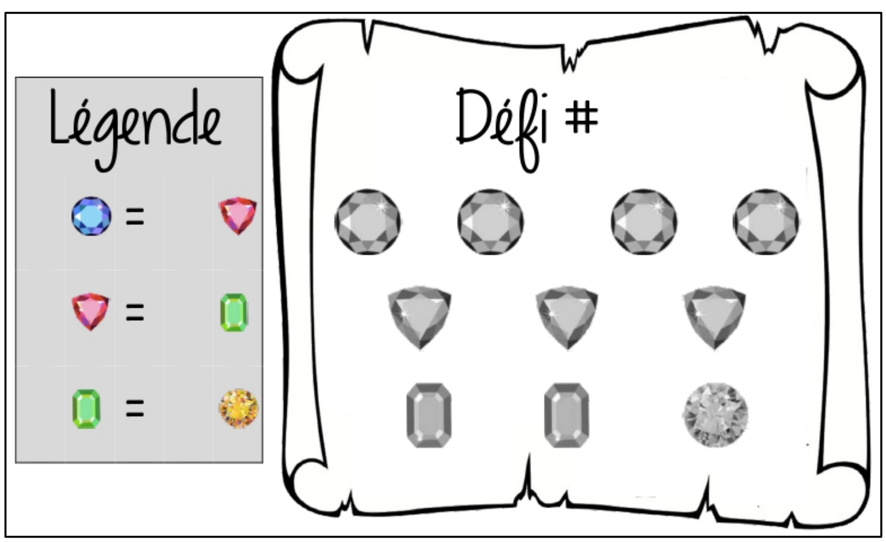

Légende
3 = 1
2 = 1
2 = 1
Défi # 5


Légende
4 = 1
3 = 1
Défi # 6


Légende
3 = 1
3 = 1
3 = 1
Défi # 7


Légende
2 = 1
3 = 1
2 = 1
Défi # 8


Légende
4 = 1
3 = 1
2 = 1
Défi # 9


Légende
=
=
=
Défi #

ANNEXE P

QUESTIONNAIRE DE RETOUR *SUPERS MINEURS*

Super Mineur Nom : ____________________________

1. Comment as-tu trouvé ce jeu ?

Pourquoi ?

2. Qu'est-ce que tu as trouvé facile ?

3. Qu'est-ce que tu as trouvé difficile ?

4. Quelle(s) stratégie(s) as-tu utilisée pour faire des équations ?

5. Quelle(s) stratégie(s) as-tu utilisée pour échanger les pierres ?

6. As-tu vérifié tes réponses ?

7. Est-ce que quelque chose t'a aidé ? Si oui, quoi ?

8. Explique une situation où tu étais «coincé» et ce que tu as fait.

9. **Marianne a besoin de ton aide.**
Elle a roulé un 2 et un 4. Elle a les cartes suivantes dans ses mains.

1	**2**	**2**	**6**	**7**	**10**

Qu'est-ce que tu lui conseillerais de faire et pourquoi ?

10. **Marianne a encore besoin de ton aide.**
Voici la carte des trésors qu'elle a déjà trouvés.

Elle reçoit 4 pierres bleues et elle dit qu'il ne reste plus d'espace.
Qu'est-ce que tu lui conseillerais de faire et pourquoi ?

11. **Qu'est-ce qu'il faut éviter de faire dans ce jeu ?**

12. **Formule un conseil pour un ami qui va jouer pour la première fois et explique pourquoi il devrait le suivre en donnant un exemple.**

ANNEXE Q

QUESTIONS ET PISTES DE RECHERCHE

Les aspects mathématiques

Les concepts mathématiques

1. Serait-il possible de couvrir tous les concepts du *Programme de formation de l'école québécoise* en jouant ?
2. Dans quelle mesure ou de quelle manière les interventions [ou non-intervention] de l'enseignante doivent être préparées, en particulier lorsque la mobilisation de ces concepts mathématiques est nécessaire au jeu ?
3. Quelle importance doit-on accorder aux compréhensions erronées de certains concepts mathématiques que ne sont pas essentiels au jeu ? Quand et comment intervenir sur ces éléments ? Sur quelles bases prendre de telles décisions ?
4. Comment introduire un concept mathématique qui ne permet pas de gagner sans enlever le côté ludique du jeu ?
5. Comment animer des discussions mathématiques permettant de consolider la compréhension de certains concepts sans trop affecter le jeu ?

Les processus mathématiques

6. Est-ce qu'il serait possible de couvrir tous les processus du *Programme de formation de l'école québécoise* en jouant ?
7. Dans quelle mesure peut-on laisser découvrir un processus mathématique aux élèves lorsque sa mobilisation est nécessaire pour gagner le jeu ? Sur quelles bases doit-on choisir d'utiliser un jeu plutôt qu'un autre dans une classe ?
8. Quelle importance doit-on accorder à la préparation d'interventions de l'enseignante portant sur les processus mathématiques ? Quand et comment intervenir sur ces processus ? Sur quelles bases prendre de telles décisions ?

9. Pourquoi et comment pourrait-il y avoir des processus mathématiques [si la chose est possible] associés au matériel du jeu directement ?
10. Pourquoi et comment la calculatrice peut être refusée lorsque par exemple son utilisation comme processus permet de gagner un jeu ou acceptée lorsqu'elle fait simplement partie du déroulement du jeu ?

Les raisonnements mathématiques

11. Doit-il y avoir du raisonnement dans tous les jeux pour qu'ils soient considérés comme mathématiques ?
12. De quelle manière pourrait-on préparer des interventions pour mettre en lumière les raisonnements mathématiques des élèves en cours de partie ?
13. Quand et comment l'enseignante pourrait-elle expliquer plus en détail aux élèves des raisonnements mathématiques ?
14. Qu'est-ce qui contribue à l'expression [on non] des raisonnements mathématiques chez les élèves ?
15. Comment distinguer et préciser le jeu comme occasion de raisonner et le jeu comme occasion d'exprimer et de discuter de raisonnements mathématiques ?
16. De quelle manière pourrait-on faire prendre conscience aux élèves qu'il y a des raisonnements à faire dans un jeu ?
17. Comment pourrait-on animer une discussion sur les différents raisonnements utilisés par les élèves ?

Les éléments d'une séance de jeu en classe

La présentation d'un jeu

18. Quelles formes de présentation favoriserait l'évocation des raisonnements mathématiques ?
19. Dans quelle mesure peut-on faire plus ou moins mention d'aspects mathématiques durant la présentation d'un jeu sans affecter le côté ludique ou mathématique ?
20. Quels sont le potentiel et les enjeux de la mise en œuvre d'un jeu donné du point de vue de l'activité mathématique des élèves ?

Les façons de jouer

21. Comment pourrait-on amener les élèves à partager plus leurs concepts, processus et raisonnements lorsqu'ils jouent individuellement ?
22. Comment est partagée l'activité mathématique lorsque l'on joue collectivement ou en équipe ?
23. Comment pourrait-on varier les modalités pour un même jeu pour changer la nature des interactions ?

Le retour sur les parties jouées

24. Comment confirmer, poursuivre, maintenir, ouvrir, étendre, etc., l'activité mathématique au moment du retour d'un jeu ?
25. De quelle manière pourrait-on faire un retour afin de mettre plus en lumière l'activité mathématique des jeux ?
26. De quelle manière peut-on tenir compte de l'activité mathématique observée pendant que les élèves jouent afin de faire un retour avec eux après la partie ?

Les postures de l'enseignante

27. Comment l'enseignante navigue-t-elle entre ces postures et comment l'activité mathématique se joue-t-elle dans cette navigation ?
28. Comment les élèves perçoivent-ils les actions de l'enseignante dans ces différentes postures et cela pourrait-il avoir des effets sur leur activité mathématique ?
29. Comment la tension possible entre le côté ludique et le côté pédagogique du jeu peut-elle affecter l'activité mathématique selon les postures de l'enseignante ?

Les postures des élèves

30. Comment les élèves naviguent-ils entre ces postures et comment l'activité mathématique se joue-t-elle dans cette navigation ?
31. Comment l'enseignante perçoit-elle les actions de ces différentes postures d'élèves et cela pourrait-il avoir des effets sur l'activité mathématique ?
32. Comment la tension possible entre le côté ludique et le côté pédagogique du jeu peut-elle affecter l'activité mathématique des élèves ?

33. Comment peut-on faire changer de posture un élève qui serait joueur pour qu'il soit à la recherche des concepts, des processus et des raisonnements mathématiques pour gagner ?
34. Risque-t-on de désengager les élèves en leur proposant des concepts nouveaux et ainsi mettre fin à une activité ludique par désir de la rendre plus mathématique ?

Les caractéristiques formelles d'un jeu

Les règles d'un jeu

35. Quelle importance doit-on accorder aux règles de sanctions en cas d'erreurs mathématique ?
36. Comment peut-on modifier les règles pour tenir compte du fait que les élèves pourraient être bloqués mathématiquement ?
37. Comment pourrait-on modifier un jeu individuel afin de vérifier le travail mathématique des élèves ?

Le matériel d'un jeu

38. Quelles sont les limites des changements de matériel [si elles existent !] ?
39. Comment exploiter ces possibilités de changer le matériel, étant donné que les couts ou les défis de fabrication du matériel sont très variables ?
40. Comment les changements apportés au matériel pourraient-ils changer l'activité mathématique ?

La présence d'autres joueurs

41. Comment jouer collectivement à un jeu au lieu d'en équipe pourrait changer l'activité mathématique des élèves ?
42. De quelle manière pourrait-on observer s'il y a plus d'émergence d'activité mathématique lorsque l'on joue en équipe ?
43. Comment l'activité mathématique d'un jeu joué collectivement changerait si l'on joue en équipe ou individuellement ?
44. Comment peut-on modifier un jeu qui se joue individuellement pour mettre plus en lumière l'activité mathématique des élèves ?

RÉFÉRENCES

Abt, C. C. (1987). *Serious games*. Lanham : University Press of America.

Alberta. Gouvernement de l'Alberta. (2019). *Programme d'études : Mathématiques M-9*. Récupéré de http://www.learnalberta.ca/ProgramOfStudy.aspx?lang=fr&ProgramId=791330#673140

Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, *9*(3), 281-308.

Ascher, M. (1998). *Mathématiques d'ailleurs*. Paris : Éditions du Seuil.

Avedon, E. M. et Sutton-Smith, B. (1971). *The study of games*. Hoboken : John Wiley & Sons.

Bakker, A. J. (1995). *Les paradigms: À la découverte du futur*. St-Hubert : Éditions Monde Différent.

Battista, M. T. (2008). Development of the Shape Makers Geometry Microworld. Dans G. W. Blume et M. K. Heid (dir.), *Research on technology and the teaching and learning of mathematics : Vol. 2, Cases and perspectives* (chap. 6, p. 131-156). Charlotte : Information Age.

Bednarz, N., Bourdage, N., Charpentier, M., Lartigau, M., Poirier, L., Sauvé, T.,. . . Tourigny, C. (2002). *Banque de jeux pour l'apprentissage des mathématiques au primaire*. Mont-Royal : Modulo.

Berloquin, P. (2008). *Le Berloquin des jeux de table: toutes les règles illustrées*. Paris : L'Archipel.

Bernatchez, J. et Turgeon, J. (2009). Les données secondaires. Dans B. Gauthier et I. Bourgeois (dir.), *Recherche sociale: de la problématique à la collecte des données* (chap. 18, p. 503-535). Sainte-Foy : Presse de l'Université du Québec.

Biron, D. et Côté, L. (2016). Apprendre autrement les mathématiques. Dans K. Marinova et D. Biron (dir.), *Mathématiques ludiques pour les enfants de 4 à 8 ans* (p. 3-26). Québec : Presses de l'Université du Québec.

Booker, G. (1996). *Instructional games in the teaching and learning of mathematics*. Brunswick, Victoria : Mathematical Association of Victoria.

Borsuk, K. et Socha, P. (2014). *Super Fermier* [Jeu]. s.l. : Granna.

Bortuzzo, J. et Poirier, L. (2002). L'importance du jeu dans l'acquisition du concept de nombre en classe de maternelle. *Revue préscolaire*, *40*(3), 22-30.

Boucher, J. (2010). *Comment repérer et développer les compétences numériques des élèves au préscolaire ?* [Banque d'activité]. s.l. : LEARN.

Bragg, L. (2006). *The impact of mathematical games on learning, attitudes, and behaviours* (Thèse de doctorat non publié). La Trobe University.

Bragg, L. (2012a). The Effect of Mathematical Games on On-Task Behaviours in the Primary Classroom. *Mathematics Education Research Journal*, *24*(4), 385-401.

Bragg, L. (2012b). Testing the Effectiveness of Mathematical Games as a Pedagogical Tool for Children's Learning. *International journal of science and mathematics education*, *10*(6), 1445-1467.

Briand, J. (1999). Contribution à la réorganisation des savoirs pré-numériques et numériques. *Recherches en didactique des mathématiques*, *19*(1), 41-76.

Bright, G. W., Harvey, J. G. et Wheeler, M. M. (1985). Learning and mathematics games. *Journal for Research in Mathematics Education*, *1*(1), 1-189.

Brougère, G. (2005). *Jouer/Apprendre*. Paris : Economica.

Brousseau, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques* (Thèse de doctorat). Université de Bordeaux 1. Récupéré de https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00471995v3/document

Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Paris : La Pensée sauvage.

Brousseau, G. (2002). Les doubles jeux de l'enseignement des mathématiques. *Revue du Centre de Recherches en Éducation de l'Université de Saint Étienne*, (22-23), 85-155.

Cabot Thibault, J. (2013). *L'effet de l'apprentissage de jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Rimouski. Récupéré de http://semaphore.uqar.ca/939/1/Jim_Cabot-Thibault_fevrier2013.pdf

Caillois, R. (1958). *Les jeux et les hommes: le masque et le vertige* Gallimard.

Caillois, R. (2015). *Les jeux et les hommes. Le masque et le vertige*. Paris : Gallimard.

Caissie, C. (2007). *L'apport du jeu pour le développement de compétences en mathématique chez les élèves au premier cycle du secondaire* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal. Récupéré de https://archipel.uqam.ca/3305/1/M9667.pdf

Canada. Conseil des ministres de l'Éducation. (2012). *Déclaration sur l'apprentissage par le jeu* Récupéré de https://www.cmec.ca/Publications/Lists/Publications/Attachments/282/play-based-learning_statement_FR.pdf

Castel, J. (2017). *Qu'est-ce que la richesse et comment le devenir ?* Récupéré de https://dev-perso.com/attirer-la-richesse/

Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. (2012). *Richesse*. Récupéré de https://www.cnrtl.fr/definition/richesse

Chamberland, G. et Provost, G. (1996). *Jeu, simulation et jeu de rôle*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.

Château, J. (1947). *Le réel et l'imaginaire dans le jeu de l'enfant: essai sur la genèse de l'imagination*. Paris : J. Vrin.

Clements, D. H. et Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. Dans D. A. Grouws (dir.), *Hand- book of research on mathematics teaching and learning* (p. 420-464). New York : Macmillan publishing company.

Colombie-Britannique. Gouvernement de la Colombie-Britannique. (2019). *Les nouveaux programmes d'études de la C.B. : Mathématiques M*. Récupéré de https://curriculum.gov.bc.ca/fr/curriculum/mathematics/K

Commission Romande de Moyen d'Enseignement. (1996). *Compter avec les élèves: maths: enseignement des mathématiques en Suisse romande: introduction aux nouveaux moyens*. Suisse : COROME.

Corbenois, M., Martel, M. et Bellier, G. (2003). *Jeux de société et apprentissages numériques: maternelle*. Paris : Bordas.

Costikyan, G. (1994). I have no words and I must design. Interactive Fantasy# 2. *British roleplaying journal*.

Crawford, C. (1984). *The art of computer game design*. Berkeley : McGraw-Hill/Osborne Media.

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3 éd.). Los Angeles : Sage publications.

Criton, M. (1997). *Les jeux mathématiques*. Paris : Presses universitaires de France.

De Grandmont, N. (1995). *Pédagogie du jeu : du normal au déficient*. Montréal : Logiques.

De Grandmont, N. (1997). *Pédagogie du jeu: jouer pour apprendre*. Paris : De Boeck Supérieur.

Deshaies, I., Richard, V. et Dorion, G. (2011). *Numérik : Cahier de savoirs et d'activités : 1e année du 1er cycle du primaire* (vol. 1)[Cahier d'activités]. Saint-Laurent : ERPI.

Desjardins, M. et Hétu, J.-C. (1974). *L,activité mathématique dans l'enseignement des fractions*. Montréal : Les Presses de l'Université du Québec.

Dumais, S. (2005). *L'utilisation du jeu en classe préscolaire pour viser le développement du concept de nombre* (Thèse de doctorat). Université de Montréal, Montréal. Récupéré de https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/16465/Dumais_Stephanie_2005_these.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Duval, R. (2002). Comment décrire et analyser l'activité mathématique ? Dans A. Robert, D. Butlen et M. Rogalski (dir.), *Journée en hommage à Régine Douady : Actes de la journée en hommage à Régine Douady, Paris, France, 24 juin 2001* (p. 83-105). Paris : IREM de Paris 7.

Edwards, K. J., DeVries, D. L. et Snyder, J. P. (1972). Games and teams: A winning combination. *Simulation and Games*, *3*(3), 247-269.

Erickson, E. H. (1959). *Enfance et société* (A.Cardinet, trad.). Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.

Ernest, P. (1986). Games: A rationale for their use in the teaching of mathematics in school. *Mathematics in School*, *15*(1), 2-5.

Faradji, D. (2005). Comment le jeu mathématique opère-t-il sur les apprentissages mathématiques et sur la construction du langage argumentatif ?, *Quelles mathématiques faire vivre à l'école ? Quels outils pour les maîtres ? : Actes du 31e colloque COPIRELEM sur la formation des maîtres à Foix, France, 17-19 mai, 2004*. Toulouse : IREM de Toulouse.

Ferran, P., Mariet, F. et Porcher, L. (1978). *À l'école du jeu*. Paris : Bordas.

Fortin, F. et Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : méthodes quantitatives et qualitatives*. Montréal : Chenelière Éducation.

Freinet, C. (1956). *Les méthodes naturelles dans la pédagogie moderne*. Amiens : Bourrelier.

Freud, S. (1927). *Au-delà du principe de plaisir* (S. Jankélévitch, trad.). Paris : Payot.

Gagnebin, A., Guignard, N. et Jacquet, F. (1997). *Apprentissage et enseignement des mathématiques : Commentaires didactiques sur les moyens d'enseignement pour les degrés 1 à 4 de l'école primaire*. Neuchâtel : COROME.

Gardner, M. (1970). Mathematical games. *Scientific American*, *222*(6), 132-140.

Giorgi, A. (1997). De la méthode phénoménologique utilisée comme mode de recherche qualitative en sciences humaines: théorie, pratique et évaluation. Dans J. Poupart, L.-H. Groulx, J.-P. Deslauriers, A. Laperrière, R. Mayer et A. P. Pires (dir.), *La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques* (p. 341-364). Montréal : Gaëtan Morin.

Giroux, J. (2008). Conduites atypiques d'élèves du primaire en difficulté d'apprentissage. *Recherches en didactique des mathématiques*, *28*(1), 9-62.

Gladius. (s.d.). *Mathable*. Récupéré de https://www.gladius.ca/fr/collections/mathable/mathable-deluxe

Glaser, B. G. (1998). *Doing grounded theory: Issues and discussions*. Mill Valley, CA : Sociology Press.

Goodchild, S. (2014). *Encyclopedia of Mathematics Education*. Berlin : Springer Netherlands.

Gough, J. (1994). Mathematics games to stretch curriculum boundaries. Dans D. Rasmussen et C. Beesey (dir.), *Mathematics without limits* (p. 267-270). Brunswick (Australie) : Mathematical Association of Victoria.

Groos, K. (1908). *The play of man*. New York : Appleton.

Guillemette, F. (2006). L'approche de la Grounded Theoru; pour innover ? *Recherches qualitatives*, *26*(1), 32-50.

Harvey, J. G. et Bright, G. W. (1985). *Basic math games*. Palo Alto, California : Dale Seymour Publications.

Hasbro. (2010). *Ratuki* [Jeu]. Longueuil : Hasbro.

Hébert-Bédard, S. et Rajotte, T. (2016). L'apprentissage des fractions au primaire : un vrai jeu d'enfant ! *Vivre le primaire*, *29*(4), 29-32.

Héroux, S. (2015). *Jeu de mémoire du complément de 10* [Jeu]. s.l. : non publié.

Héroux, S. (2018a). *Faisons la paire* [Jeu éducatif]. s.l. : non publié.

Héroux, S. (2018b). *Trois pour moi* [Jeu éducatif]. s.l. : non publié.

Héroux, S. (2019). *Supers mineurs* [Jeu éducatif]. s.l. : non publié.

Héroux, S. et Proulx, J. (2015). Faire des mathématiques à travers le jeu : un exemple sur les compléments de 10. Dans C. Sabena et B. Di Paola (dir.), *Enseigner et apprendre les mathématiques : Ressources et obstacles : Actes de la 67e Commission internationale pour l'étude et l'amélioration des mathématiques à Aosta, Italie, 20-24 juillet, 2015* (p. 687-690).

Hugon-Derquennes, H. (1977). *Le jeu réinventé: sur les chemins de leur enfance*. Paris : Fleurus.

Huizinga, J. (1955). *Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture*. Boston : Beacon Press.

Île-du-Prince-Édouard. Éducation et Développement de la petite enfance. (2010). *Mathématiques : Programme d'études 1re année*. Récupéré de https://www.princeedwardisland.ca/sites/default/files/publications/eelc_mathematiques_1_fr.pdf

Inconnu. (s.d.). *Casse-tête de fractions* [Jeu éducatif]. s.l. : non publié.

Jeannotte, D. (2015). *Raisonnement mathématique : Proposition d'un modèle conceptuel pour l'apprentissage et l'enseignement au primaire et au secondaire (Thèse de doctorat)*. Université du Québec à Montréal. Récupéré de https://archipel.uqam.ca/8129/1/D2927.pdf

Juteau, M. C. (2007). *Effet d'une approche par le jeu sur l'apprentissage du répertoire mémorisé chez des élèves de deuxième année primaire* (Mémoire de maîtrise). Université de Montréal, Montréal. Récupéré de https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/8005/Juteau_Marie_Christine_2007_memoire.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kemp, S. J. (2012). Constructivist criteria for organising and designing educational research. *Constructivist Foundations*, *8*(1), 118-125.

Kieren, T., Calvert, L. G., Reid, D. A. et Simmt, E. (1995). Coemergence : four enactive portraits of mathematics activity. *Annual Meeting of the American Educational Research Association de San Francisco, USA, April18-22, 1995*.

Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago : University of Chicago Press.

Legendre, R. (2005). *Dictionnaire de l'éducation*. Montréal : Guérin.

Leininger, M. M. (1985). Transcultural care diversity and universality: a theory of nursing. *Nursing & health care: official publication of the National League for Nursing*, *6*(4), 208-212.

Les Jouets Boom Inc. (2006). *Le trésor du Pirate Boom* [Jeu]. Montréal : Les Jouets Boom Inc.

Lyons, R. et Lyons, M. (s.d.). *Défi mathématique - Boutique*. Récupéré de https://defi-math.ca/boutique/

Manitoba. Éducation Manitoba. (2013). *Mathématiques, maternelle à la 8e année, Programme français*. Récupéré de https://www.edu.gov.mb.ca/m12/frpub/ped/ma/cadre_m-8/docs/document_complet.pdf

Marinova, K. (2016). Les jeux de règles et les apprentissages mathématiques. Dans K. Marinova et D. Biron (dir.), *Mathématiques ludiques pour les enfants de 4 à 8 ans* (p. 157-203). Québec : Presses de l'Université du Québec.

Martin, V., Thibault, M. et Theis, L. (2019). *Enseigner les premiers concepts de probabilités : Un monde de possibilités !* Québec : Presses de l'Universtié du Québec.

Mattel. (2004). *Uno* [Jeu] Mattel.

Mattel. (2008). *Skip-Bo* [Jeu] Mattel.

Maturana, H. R. et Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. Boston : Shambhala Publications.

Mercier, A. et Salin, M.-H. (1988). L'analyse a priori, outil pour l'observation. *Université d'Été à Olivet, France*. Récupéré de https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01397160/document

Miles, M. B. et Hubberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives 2e édition*. Bruxelles : De Boeck.

Montmirel, F. (2012). *Le guide complet des jeux : toutes les règles, plus de 350 jeux*. Boulogne-Billancourt : MA Éditions.

Mousolides et Sriraman. (2014). *Encyclopedia of Mathematics Education*. Berlin : Springer Netherlands.

Nisihara, O. (2003). The game of n-times nim. *Discrete Mathematics*, *260*(1-3), 205-209.

Nouveau-Brunswick. Ministère de l'Éducation et du Développement de la petite enfance. (2016). *Programme d'études : Mathématiques au primaire (maternelle)*. Récupéré de https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/ed/pdf/K12/servped/Mathematiques/Mathematiques-Maternelle.pdf

Nova-Scotia. Department of Education and Early Childhood Development. (2013). *Mathematics 1*. Récupéré de https://curriculum.novascotia.ca/sites/default/files/documents/curriculum-files/Mathematics%201%20Guide%20%282019%29.pdf

Oldfield, B. J. (1991). Games in the learning of mathematics - Part 1: Classification. *Mathematics in School*, *20*(1), 41-43.

Ontario. Ministère de l'Éducation. (2005). *Le curriculum de l'Ontario de la 1re à la 8e année : Mathématiques*. Récupéré de http://www.edu.gov.on.ca/fre/curriculum/elementary/math18curr.pdf

Ortiz, E. (2003). *Research Findings from Games Involving Basic Fact Operations and Algebraic Thinking at a PDS*. 7th Holmes Partnership Annual Conference in Washington DC, USA.

Paillé, P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*, (23), 147-181.

Palacio-Quintin, E. (1987). *Apprendre les mathématiques: un jeu d'enfant*. Québec : Presses de l'Université du Québec.

Papert, S. (1972). Teaching children to be mathematicians versus teaching about mathematics. *International Journal of Mathematics Education, Sciences and Technologie*, (3), 249-262.

Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit. Ordinateurs et apprentissage*. Québec : Flammarion.

Parlett, D. S. (1999). *The Oxford history of board games*. Oxford : Oxford University Press.

Peltier, M.-L. (2000, 2000 2001). Les jeux mathématiques sont-ils la panacée à la démotivation des élèves ? *Grand N*, (67), 33-40.

Peterson, B. (s.d.). *Otrio* [Jeu éducatif]. Toronto : Spin Master Ltd.

Piaget, J. (1966). *La psychologie de l'enfant*. Paris : Presses universitaires de France.

Poirier, L. (2001). *Enseigner les maths au primaire: Notes didactiques* Saint-Laurent, Québec: Éditions du Renouveau pédagogique.

Proulx, J. (2015). Going beyond validity criteria in mathematics education research: towards the generativity of a research study. *Choniques*. Récupéré de http://chroniques.uqam.ca/index.php/2015/07/02/beyondvalidity/

Québec. Ministère de l'Éducation. (1981). *Guide pédagogique : Primaire : Mathématique : Fascicule A : Guide général*. Québec : l'auteur.

Québec. Ministère de l'Éducation. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise : éducation préscolaire et enseignement primaire*. Québec : l'auteur.

Québec. Ministère de l'Éducation. (2019a). *Indices de défavorisation (2018-2019)*. Récupéré de **http://www.education.gouv.qc.ca/references/tx-solrtyperecherchepublicationtx-solrpublicationnouveaute/resultats-de-la-recherche/detail/article/indices-de-defavorisation/?a=a&cHash=6697a1bf25241e28319e5e384ec3de58**

Québec. Ministère de l'Éducation. (2019b). *Référentiel d'intervention en mathématiques*. Québec : l'auteur.

Québec. Ministère de l'Éducation. (2020). *Référentiel des compétences professionnelles : Profession enseignante*. Québec : l'auteur.

Québec. Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport. (2009). *Progression des apprentissages: mathématiques*. Québec : l'auteur.

Quintric, C. (1997-1998). Jeux de société et apprentissages mathématiques au cycle 1. *Grand N*, (61), 9-23.

Raabe, J. (1979). *L'enfant et le jeu : approches théoriques et applications pédagogiques*. Paris : UNESCO.

Rabecq-Maillard, M.-M. (1969). *Histoire des jeux éducatifs*. Paris : F. Nathan.

Rajotte, T. (2009). *L'effet d'un programme scolaire d'enseignement des échecs sur le développement des habiletés en résolution de problèmes mathématiques et sur le sentiment d'appartenance des élèves de cinquième année du primaire* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Rimouski. Récupéré de http://semaphore.uqar.ca/207/1/Thomas_Rajotte_novembre2009.pdf

Randolph, A. (2012). *Stupide Vautour* [Jeu éducatif]. Wimereux : Gigamic.

René de Cotret, S. (1999). Pespective bio-cognitive pour l'étude de relations didactiques. Dans F. Conne et G. Lemoyne (dir.), *Le cognitif en didactique des mathématiques* (p. 103-120). Montréal : Presses de l'Université de Montréal.

Roth, W.-M. (2005). *Doing qualitative research: Praxis of method*. Rotterdam : Sense Publisher.

s.n. (s.d.). *Règles du Senet*. Récupéré de http://www.lecomptoirdesjeux.com/regle-senet-egypte.htm

Sakatchewan. Gouvernement de la Saskatchewan. (2019). *Les programmes d'études : La numératie et les mathématiques*. Récupéré de https://www.edonline.sk.ca/webapps/moe-curriculum-BBLEARN/CurriculumDocument?id=409&section=1972

Salen, K. et Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. Cambridge : MIT press.

Sandelowski, M. (2000). Whatever happened to qualitative description? *Research in nursing and health*, *23*(4), 334-340.

Schoenfeld, A. H. (1994). Reflection on Doing and Teaching Mathematics. Dans A. H. Schoenfeld et A. H. Sloane (dir.), *Mathematical thinking and problem solving* (p. 53-70). New York : Routledge.

Shipley, D. (1997). Le jeu, outil de développement de l'apprentissage. *Interaction*.

Soifer, A. (2009). *Mathematics as problem solving*. New York : Springer.

Stebbins, R. A. (2001). *Exploratory research in the social sciences*. Thousand Oaks, California : Sage.

Suits, B. (1990). *The grasshopper: Life, games and Utopia*. Boston : David R. Godine.

Terre-Neuve et Labrador. Éducation et Développement de la petite enfance. (2017). *Mathématiques Maternelle : Programme d'études*. Récupéré de https://www.gov.nl.ca/eecd/files/Mathematiques_Maternelle_Programme_detudes_2017.pdf

Tourigny, C. (2004). *Une intervention en mathématiques en milieu défavorisé s'articulant sur le jeu: contribution au développement de compétences mathématiques chez les enfants* (Mémoire de maîtrise). Université de Montréal. Récupéré de https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/14456/Tourigny_Catherine_2004_memoire.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Trudel, L., Simard, C. et Vonarx, N. (2006). La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire ? *Recherches qualitatives*, *Hors Série*(5), 38-45.

Valero, P. et Vithal, R. (1998). Research methods of the "north" revisited from the "south". Dans A. Olivier et K. Newstead (dir.), *Proceedings of the 22 nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Stellenbosch, South Africa* (vol. 4, p. 153–160).

Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation (2e édition)*. Montréal : Presses de l'Université de Montréal.

Vandenberg, S. G. et Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor skills*, *47*, 599-604.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental process*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Wallon, H. (2012). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Paris : Armand Colin.

Wikipédia. (2019, 1er février). *Mancala*. Récupéré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Mancala

Wikipédia. (2019, 12 décembre). *Dames*. Récupéré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Dames

Wikipédia. (2019, 15 décembre). *Tic-tac-toe*. Récupéré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Tic-tac-toe

Winnicott, D. W. (1971). *Playing and reality*. Milton Park : Psychology Press.

Zen. (2017). *Qu'est-ce que la (vraie) richesse ?* Récupéré de https://www.agoravox.fr/tribune-libre/article/qu-est-ce-que-la-vraie-richesse-193189