

UN JEU VIDEO DIDACTIQUE POUR L'APPRENTISSAGE DES FRACTIONS

Pierre Zarpas, Marie-Line Gardes

Université de Lyon, CNRS, Institut des Sciences Cognitives, UMR5304

L'engouement pour les serious games refait apparaître des questionnements classiques : est-il possible d'associer le jeu et l'apprentissage ? Peut-on dépasser l'oxymore « jeu sérieux » ? Dans cet article nous nous proposons de présenter un travail de recherche autour de ces questions. Dans un premier temps, nous explicitons ce qui nous a amenés à concevoir, avec une start-up, un jeu vidéo didactique intitulé *Math Mathems Fractions* puis à élaborer une ingénierie didactique pour l'utilisation en classe de ce jeu par les élèves. Nous présentons ensuite une expérimentation « pilote » dont l'objectif est d'analyser les effets du jeu lorsqu'il est utilisé comme support dans une phase de consolidation et d'approfondissement du concept de fractions.

JEU VIDÉO DIDACTIQUE

Les jeux vidéo apportent indéniablement un nouvel élan aux jeux éducatifs. De notre point de vue, l'élaboration de jeux vidéo à portée éducative est étroitement mêlée aux conceptions didactiques de situations d'apprentissage. Pour modéliser ces relations, nous proposons différents critères qui permettent de définir ce que nous appellerons un jeu vidéo didactique.

Pour penser les relations entre jeu et sérieux, entre jouer et apprendre, Brougère (2012) a identifié deux critères principaux d'analyse de « ce qu'on appelle jeu¹ » :

- le second degré : il s'agit du faire semblant ou le « pour de faux ». Ce critère est partagé avec la simulation ou la fiction ;
- la prise de décision : décision de jouer, décision des actions dans le jeu.

Il précise que ces deux critères suffisent à analyser les situations pour en saisir la dimension ludique mais propose aussi trois autres critères, conséquences des deux premiers, pour analyser plus finement l'organisation des activités dans un jeu. Il s'agit de « l'existence de modalités de décisions dont les règles sont un exemple, de l'incertitude [...] et de la frivolité ou minimisation des conséquences » (Ibid).

Un jeu vidéo est un jeu particulier qui offre un cadre de jeu virtuel dans lequel peut prendre place le *Play*, c'est-à-dire l'action du jeu. Cette action non seulement est virtuelle, mais peut être recommencée à loisir : c'est la dimension de frivolité du jeu vidéo. Par ailleurs, l'action du jeu est régie par des règles constituant le *Game Play* et se matérialise grâce à un mode de représentation visuel et sonore. Cette représentation offre la dimension ludique du second degré et de l'imaginaire. Le *Game Play* apporte la dimension ludique des prises de décisions, et de l'incertitude. Le *Game Play* en définissant les actions possibles du joueur et ses interactions avec l'univers environnant permet à chaque joueur de construire son propre récit à travers le jeu. Lors du *Play*, l'activité du joueur lui permet d'entrer dans les possibles de la fiction et de s'y mouvoir (Triclot, 2011). Le réalisme graphique et sonore, l'activité et la création du scénario par le joueur sont alors autant de facteurs favorisant et même accentuant l'immersion (Boullier, 2009).

Les jeux sérieux se distinguent des jeux vidéo « classiques » par la finalité même du jeu : compréhension, apprentissage, éducation, amélioration de compétences d'un côté ; plaisir de l'autre. Si tous les jeux

¹ Non nécessairement vidéo.



sérieux ont un objectif d'apprentissage, leur contenu ne s'avère pas nécessairement éducatif ou scientifiquement validé. Alvarez et Michaud (2008) indiquent que contrairement au jeu vidéo « classique », l'objectif utilitaire du jeu sérieux est fixé en amont, lors de sa phase de conception. Cependant, rien ne garantit une articulation dialectique entre la dimension ludique et la dimension apprentissage. Ainsi, dans certains jeux, l'utilisateur peut rencontrer des phases de jeu sans apprentissage puis des phases d'apprentissage sans jeu, ou bien l'utilisateur peut rencontrer une partie ludique moins consistante que la partie apprentissage ou encore l'inverse (Lavigne, 2014). Or, pour concevoir un jeu sérieux dédié aux apprentissages scolaires, nous pensons qu'il est essentiel de construire des situations de jeux articulant de manière dialectique les éléments qui sont du ressort du ludique et ceux qui sont du ressort du contenu d'apprentissage visé. Ces éléments doivent être consistants sur les deux dimensions.

Nous appelons ainsi *jeu vidéo didactique* un jeu vidéo sérieux avec les critères suivants :

- les situations d'apprentissage et les situations de jeu sont conçues ensemble, intégrées dans un même *Game Play* ;
- les situations d'apprentissage sont pensées à partir d'analyses didactiques *a priori* des contenus et des actions possibles du joueur.

La conception d'un tel jeu nécessite alors un travail conjoint entre un professionnel du jeu vidéo, le Game Designer en particulier, et un professionnel de l'éducation, comme un didacticien par exemple. Or, la conception de jeux vidéo et la conception de situations d'enseignement présentent des processus analogues. Les jeux vidéo portent, en effet, une dimension d'apprentissage intrinsèque (Gee, 2005 ; Gentile & Gentile, 2008) dans le sens où le joueur doit apprendre à interagir avec son environnement virtuel. Pour que le jeu préserve la progressivité de cet apprentissage, le Game designer essaye de contrôler les méthodes d'interaction afin de permettre au joueur d'évoluer de défi en défi (McEntee, 2012). Le didacticien doit, pour sa part, proposer des contenus d'apprentissage riches et consistants, identifier les variables didactiques et choisir leurs valeurs pour proposer une progressivité dans l'apprentissage de la notion visée. C'est bien un travail commun de conception qui va permettre au Game designer et au didacticien de créer, au sein du *Game Play*, des situations avec des ressorts ludiques et didactiques (Pelay, 2011). Le travail d'identification de variables communes qui impactent l'avancée dans le jeu et l'apprentissage de la notion visée est alors essentiel.

Dans le domaine de l'apprentissage des fractions, il existe à notre connaissance deux jeux vidéo didactiques. Le premier, *Slice Fraction*, a été conçu par des chercheurs du département de didactique de l'UQAM et la société de jeux vidéo Ulalab. Il a été présenté dans un article récent de cette revue (Cyr, Charland, & Martin, 2016). Le second, *Math Mathews Fractions (MMF)*, qui est l'objet de cet article, a été réalisé conjointement par une didacticienne des mathématiques et la start-up Kiupe, spécialisée dans le jeu vidéo éducatif. La chercheuse a proposé des activités de référence dans l'enseignement des fractions à la fin du primaire et au début du secondaire 1 dans le système scolaire français tandis que le Game Designer de la start-up a imaginé des situations de jeu pour des enfants de 9 à 12 ans (fig. 1). Ensemble, ils ont ensuite inclus les activités mathématiques aux objectifs du jeu en créant treize situations mathématiques et ludiques (appelées modules, fig. 2). Ces dernières ont été intégrées dans le *Game Play* de manière à proposer un jeu avec une difficulté croissante, tant sur le plan didactique que ludique. Le jeu a ainsi une progression linéaire répartie en 12 niveaux. Chaque niveau contient un certain nombre de modules que le joueur réalise dans un ordre contraint. Le calibrage des niveaux et leur articulation, la répartition et l'ordre des modules ont été élaborés en choisissant différentes valeurs de variables pour garantir une progression didactique (par exemple, nature et écriture des fractions proposées, nécessité d'un changement de registres) et une progression dans l'ensemble du jeu (par exemple nombre et

rapidité des ennemis). Le jeu offre de réelles libertés d'action au joueur² : possibilité de choisir la manière d'affronter les dangers (attaquer, esquiver, fuir), possibilité d'explorer certaines parties cachées de la zone de jeu, possibilité de refaire un niveau autant de fois qu'il souhaite. Le joueur peut ainsi se construire sa propre histoire de pirate rencontrant différents obstacles au cours de sa quête.



Fig. 1 : Un combat



Fig. 2 : Le module « Dragon »

DESIGN DU JEU *MATH MATHEWS FRACTION*

La connaissance des fractions à l'école primaire est un prédicteur très fort des connaissances en mathématiques 5 à 6 ans plus tard (Siegler et al., 2012) alors qu'elle représente une difficulté majeure identifiée pour l'apprentissage des enfants (Lortie-Forgues, Tian, & Siegler, 2015; Perrin-Glorian, 1983). Or, un certain nombre de psychologues s'accordent à penser que les outils numériques peuvent être utiles non seulement à la remédiation des troubles de l'apprentissage mais également à la facilitation des apprentissages chez les enfants tout-venant (Bavelier, Green, & Dye, 2010). La conception de *MMF* s'inscrit dans cette réflexion, mais contrairement à *Slice Fraction* il ne se limite pas au sens de la fraction comme relation entre la partie et le tout³ (Cyr et al., 2016). Nous avons choisi d'aborder différentes significations de la fraction étudiées au primaire et au secondaire 1 en France. Anselmo et Zucchetta (2018) classent ces significations selon trois points de vue : celui des grandeurs (un partage de l'unité, un partage de plusieurs unités, un repérage d'une position), celui des nombres (un quotient, un coefficient scalaire, un coefficient de proportionnalité) et celui des proportions. Nous y avons associé plusieurs types de tâches (au sens de Chevallard) : « Exprimer un partage géométrique à l'aide d'une fraction », « Exprimer une fraction à l'aide d'un partage géométrique », « Lire l'abscisse d'un point d'une demi-droite graduée sous la forme d'une fraction », « Placer une fraction sur une demi-droite graduée », « Comparer plusieurs fractions », « Reconnaître l'équivalence entre deux fractions », « Multiplier un entier par fraction » (Zarpas, 2018). A chacun de ces types de tâches correspond un module et des variables didactiques. Un module est donc une situation de jeu où le joueur doit répondre à une question mathématique, soit en choisissant une réponse parmi différents choix possibles (fig. 4), soit en construisant sa solution (fig. 3). Chaque module apparaît une dizaine de fois dans l'ensemble du jeu et peut être présent plusieurs fois dans un niveau. La répartition et l'ordre des modules par niveau s'appuient sur le choix des valeurs des variables didactiques. Nous présentons ci-dessous sept modules parmi les treize qui composent le jeu.

Le module *Guerriers* (fig. 3) relève du type de tâche « Exprimer une fraction à l'aide d'un partage géométrique » et le module *Porte à poids* (fig. 4) du type de tâche « Exprimer un partage géométrique à l'aide d'une fraction ».

² Notons que dans le contexte scolaire, les élèves ne pourront pas décider de jouer ou de s'arrêter de jouer mais ces libertés d'action seront conservées.

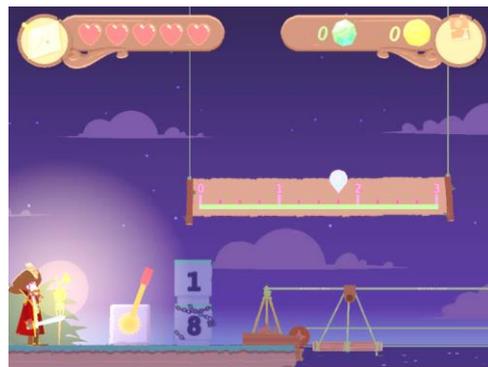
³ La fraction a/b représente a parts d'une surface découpée en b parts égales (Fandiño Pinilla, 2007).


 Fig. 3 : Module *Guerriers*

 Fig. 4 : Module *Porte à Poids*

Les variables choisies sont les écritures des fractions : écriture fractionnaire, écriture « mixte⁴ » (somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1) et somme de deux fractions de même dénominateur, mais aussi la possibilité de proposer un dénominateur multiple du nombre de parties égales partageant la surface et une fraction simplifiable.

Le module *Passage piégé* (fig. 5) propose de « placer une fraction sur une demi-droite graduée » et le module *Pont gradué* (fig. 6) demande « lire l'abscisse d'un point d'une demi-droite graduée sous la forme d'une fraction ».


 Fig. 5 : Module *Passage piégé*

 Fig. 6 : Module *Pont gradué*

Les variables choisies sont la forme des fractions pour *Passage piégé* : forme usuelle et somme de fractions ayant le même dénominateur et nécessité de choisir une fraction équivalente pour *Pont gradué* en bloquant soit le numérateur, soit le dénominateur.

Le module *Crânes* (fig. 7) propose de « comparer plusieurs fractions » et le module *Fossé* (fig. 8) demande au joueur de « reconnaître deux fractions équivalentes ».

⁴ Ce terme vient de l'anglais « mixed fraction » qui désigne une fraction représentée sous la forme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1.

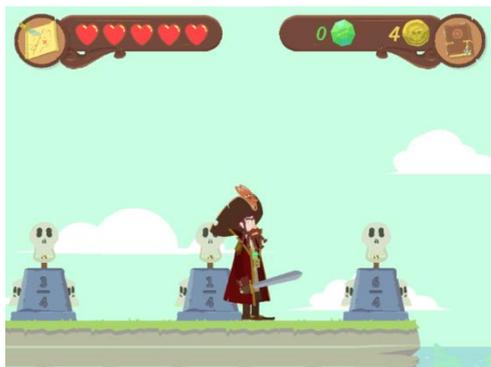


Fig. 7 : Module *Crânes*



Fig. 8 : Module *Fossé*

Pour le module *Crânes*, les variables sont la présence de dénominateurs différents et le nombre de fractions. Pour le module *Fossé*, les variables sont le nombre de fractions proposées et la forme de la fraction ciblée : forme usuelle, somme de fractions ayant le même dénominateur ou forme décimale.

A la fin de chaque niveau, le module *Enigmes* (fig. 9) propose de résoudre des problèmes donnés par écrit. Ces problèmes relèvent de la fraction d'une quantité et peuvent être modélisés par l'expression suivante : $a/b \times b = a$. Les questions posées sont de trois types : quelle est la quantité a ? (Exemple 1) ; quelle est la quantité b ? (Exemple 2) ; quelle est la fraction a/b ? (Exemple 3). Les variables didactiques en jeu sont la taille des nombres proposés et leur rapport.

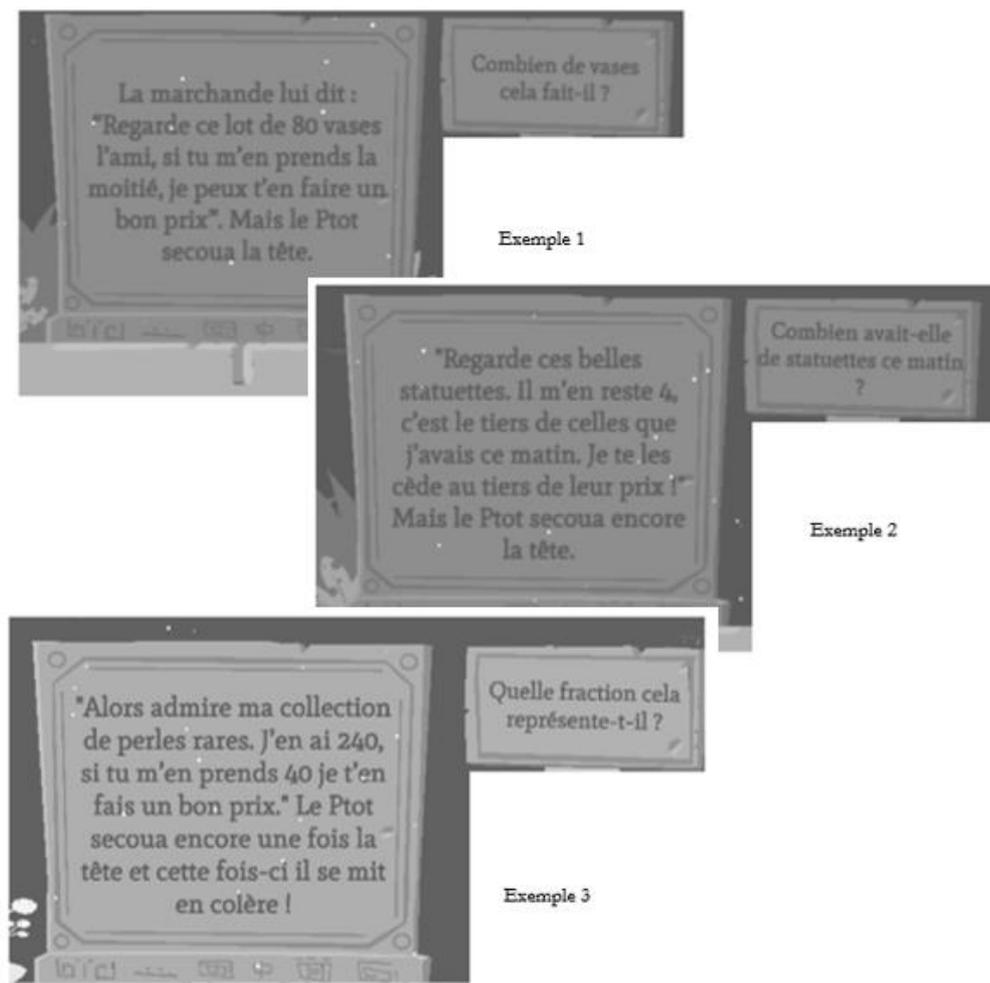


Fig. 9 : Module *Enigmes*

Dans son mémoire de master, Zarpas (2018) a montré la cohérence du jeu en terme de choix des types de tâches (représentativité, articulation), tout en relevant des améliorations possibles quant aux choix de certaines variables, notamment pour assurer une progressivité cohérente des apprentissages. L'étape suivante consiste alors à se demander si ce jeu, inclus dans une séquence d'apprentissage, est un support pertinent pour aider les élèves à apprendre et à conceptualiser les fractions. Nous présentons, dans la partie suivante, quelques résultats d'une expérimentation « pilote » en classe de fin de primaire (11-12 ans).

EXPÉRIMENTATION PILOTE EN CLASSE

Selon Boullier (2009), le jeu vidéo favorise l'action et l'immersion. Cette immersion peut favoriser la dévolution didactique (Pelay, 2011). L'action et surtout la possibilité de recommencer sans conséquence, ce qui est propre aux jeux et en particulier aux jeux vidéo, peut aider à l'apprentissage (Astolfi, 1997). Enfin le cadre qui présente « un univers consistant, séduisant et fascinant par son réalisme » (Boullier, 2009, p. 240) est propice à la contextualisation des savoirs (Berry, 2006), ce qui peut être un support d'apprentissage important (Perrin-Glorian, 1994). Nous faisons alors l'hypothèse que le jeu vidéo didactique *MMF* peut être un outil riche pour l'apprentissage des fractions pour les raisons suivantes : différentes significations de la fraction sont travaillées, différents types de tâches sont répétés avec feed-back immédiats et chaque élève peut avancer à son propre rythme. Pour l'enseignant, le jeu peut aussi s'avérer être un support pertinent pour l'enseignement des fractions, d'une part grâce à la prise en charge de la progression didactique et d'autre part par la possibilité d'apporter des aides personnalisées aux élèves sur un module.

Méthode

Pour vérifier ces hypothèses nous avons établi le protocole expérimental suivant : une ingénierie didactique avec une expérimentation en classe, couplée à un pré-test [avant l'expérimentation] et un post-test [après l'expérimentation]. L'ingénierie didactique consiste en une séquence d'enseignement intégrant l'utilisation du jeu en classe. Les tests ont été élaborés par nos soins, leur objectif était d'évaluer les attendus concernant l'apprentissage des fractions à la fin de la première classe de secondaire 1 en France. La séquence sur les fractions a été prévue sur quatre semaines avec pour chacune d'entre elle un objectif d'apprentissage ciblé :

Semaine 1 : définition, point de vue « partie-tout », utilisation d'une fraction pour mesurer.

Semaine 2 : comparaison et cas d'égalité.

Semaine 3 : placement et repérage d'une fraction sur une demi-droite graduée

Semaine 4 : décomposer/recomposer une fraction sous sa forme mixte.

Nous avons choisi à la fin de chaque semaine de faire jouer chaque enfant à *MMF*, sur une tablette pendant une séance d'une heure. Nous avons ciblé, pour ces séances, certains niveaux du jeu afin que les élèves se confrontent à un aspect des fractions mal maîtrisé, un aspect étudié durant la semaine précédant la séance et un aspect dont l'étude est planifiée dans la semaine à venir.

Déroulement de l'expérimentation

L'expérimentation pilote a eu lieu dans une classe de fin de primaire (11-12 ans) comportant 27 élèves, au cours de l'année scolaire 2017-2018. La séquence proposée a suivi le canevas élaboré. Ainsi il y eut quatre séances de jeu : une première séance d'introduction avec la découverte du jeu et de ses premiers niveaux mettant en scène le point de vue « partie-tout », la mesure à l'aide d'une fraction et les comparaisons de fractions ; une seconde séance sur la comparaison de fractions ; une troisième sur la représentation avec la demi-droite graduée et une quatrième séance « plaisir » : les élèves étaient libres de tester le niveau qu'ils souhaitaient.

Les séances de jeu sur tablette (fig. 10) se sont déroulées comme suit : les élèves jouaient à *MMF* et s'ils rencontraient des difficultés, ils pouvaient demander de l'aide à leur enseignante. Elle essayait alors de les aider. Pendant ces séances, nous avons mené des observations sur huit élèves choisis à partir de leurs résultats au pré-test afin d'être représentatifs de la classe. Ces observations ont été ciblées sur les actions des élèves dans le milieu constitué de : la classe, l'enseignante et le jeu *MMF* sur tablette. Un chercheur a ainsi relevé, à l'aide d'une grille d'observation, les procédures, erreurs et difficultés des élèves dans la réalisation des modules du jeu, de manière synchronique et diachronique. Ces observations ont parfois été complétées par des questions posées directement aux élèves sur leur manière de procéder ou sur leurs difficultés rencontrées.



Fig. 10 : séance en classe

Résultats

L'ensemble des élèves de la classe a obtenu en moyenne 35% de bonnes réponses au pré-test (738 items réussis sur 2139) et 66% au post-test⁵ (1408 sur 2139) ; soit une progression de 91% (fig. 11).

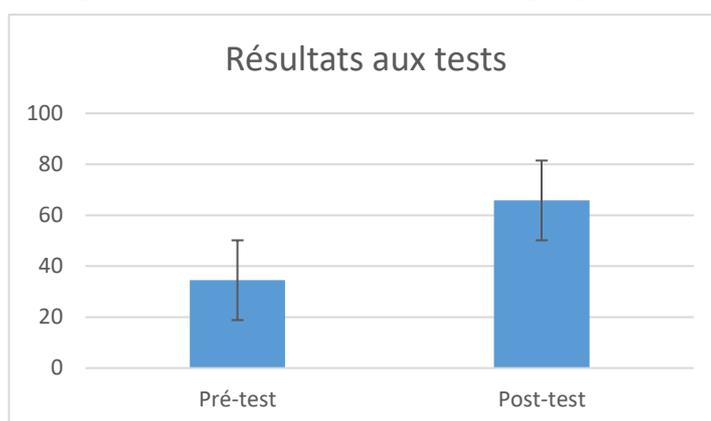


Fig. 11 : Résultats aux pré et post tests

Les résultats aux pré-tests indiquant que l'ensemble des élèves éprouvait des difficultés à concevoir une fraction supérieure à 1 (en particulier pour le point de vue partie-tout), nous avons décidé de focaliser nos observations sur cet aspect à travers les différents modules du jeu.

Nous avons constaté que les élèves ont particulièrement éprouvé des difficultés à comprendre les fractions supérieures à 1 dans les modules où le type de tâches relève de « exprimer une fraction à l'aide d'un partage géométrique ». Par exemple, dans le module *Guerriers* (fig. 3) où la tâche est de « colorier » la fraction d'une surface, certains élèves n'ont pas réussi tout de suite à comprendre la nécessité de faire apparaître plusieurs surfaces unités pour représenter une fraction supérieure à 1. Ils ont tâtonné en essayant plusieurs solutions puis ont demandé de l'aide à l'enseignante qui a alors fait le lien avec le travail effectué en classe sur ce type de fractions. De même, dans le module *Dragon* (fig. 2) qui demande aux élèves de « prendre » a/b d'un fruit, on a pu observer, pour les élèves en difficultés, que le premier

⁵ Précisons que ces tests sont conçus pour évaluer les connaissances et les compétences sur les fractions en fin de première année de secondaire 1. Les élèves de cette classe étant en dernière année de primaire, il était difficile pour eux d'obtenir plus de 90%.

essai les amenait toujours à sélectionner b/a du fruit. Après que l'enseignante leur a bien fait prendre conscience que pour avoir a/b d'un fruit, il fallait le découper en b parties égales, ils ont commencé à tester les actions possibles avec un fruit coupé en b parties égales et par tâtonnement sont arrivés à sélectionner b parts puis $a-b$ nouvelles parts. Finalement, les élèves ayant surmonté l'obstacle de la construction d'une surface représentant une fraction supérieure à 1 pour la première fois en réussissant ces modules, ont ensuite réussi sans aide les mêmes modules avec des valeurs de variables didactiques différentes (valeurs du numérateur et du dénominateur, forme géométrique de la surface, découpage de la surface). Notons également que les modules relevant du type de tâche « exprimer un partage géométrique à l'aide d'une fraction » n'ont pas été problématiques pour les élèves. Dans les modules portant sur les types de tâches « placer une fraction sur une demi-droite graduée » et « repérer, à l'aide d'une fraction, une graduation d'une demi-droite graduée », les élèves n'ont pas éprouvé de difficultés particulières à comprendre les fractions supérieures à 1. De même, dans les modules de comparaison de fractions, les fractions supérieures à 1 n'ont pas posé de problèmes aux élèves.

Si on se focalise alors sur les items proposant des fractions supérieures à 1, les réussites passent de près de 24% (253 items sur 1058) au pré-test à environ 60% (637 sur 1058) au post-test, soit une progression de 152% (fig. 12).

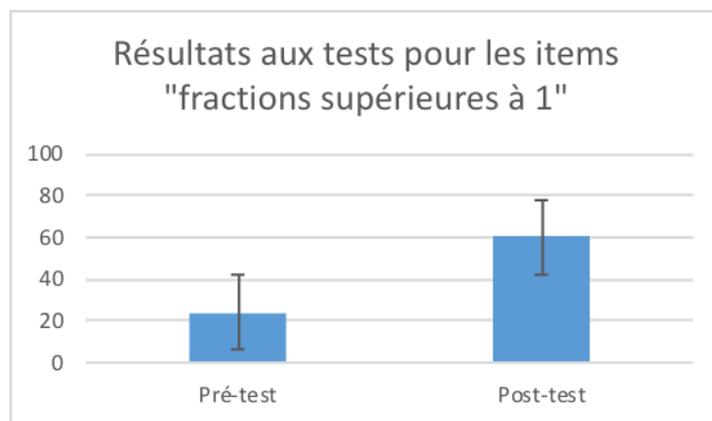


Fig. 12 : Résultats aux pré et post tests pour les items « fractions supérieures à 1 »

Nous avons pu constater une amélioration de 38% du nombre d'élèves qui réussissent à construire des représentations géométriques de fractions plus grandes que 1 et une amélioration de 65% du nombre d'élèves sachant représenter des fractions plus grandes que 1 sur une demi-droite graduée.

Discussion

Nos observations ont mis en évidence la difficulté des élèves à conceptualiser les fractions supérieures à 1 dans un type de tâches particulier : celui de la représentation d'une fraction à l'aide d'un partage géométrique. Comme le soulignent Anselmo et Zucchetta (2018), cela peut provenir de la maîtrise fragile (car en construction) des notions d'unité et d'aire. Ces auteurs précisent que le travail sur les fractions de longueurs facilite la manipulation de nombres plus grands que l'unité car « il est aisé en effet de tracer un segment long comme $5/4$ de bande-unité avec une seule bande-unité, alors qu'il est difficile de concevoir $5/4$ de tarte avec une seule tarte... » (Ibid., p.36). Ceci explique également le fait que la droite graduée, faisant le lien entre le point d'une graduation et sa distance à l'origine, est une représentation qui facilite la compréhension des fractions supérieures à 1.

D'après nos observations, ce qui a permis de faire progresser les élèves sur ces modules et donc en particulier sur la conceptualisation des fractions supérieures à 1, ce sont les interactions avec l'enseignante. Elles ont été de deux natures : soit rattacher la situation de jeu aux apprentissages faits en classe (sans le jeu) ; soit aider les élèves à surmonter leurs difficultés (en les questionnant, en revenant à des manipulations de bandes unités ou en passant par des représentations de surfaces). En ce sens, le jeu est un support pertinent pour l'apprentissage et l'enseignement : il permet aux élèves de verbaliser

leurs difficultés en posant des questions mathématiques sur le concept étudié (par exemple, « pour construire $\frac{4}{3}$ d'une surface, faut-il la diviser en 3 ou en 4 ? » ou encore « je sais faire $\frac{1}{10}$ de 50 mais comment faire $\frac{3}{10}$ de 50 ? ») et il permet à l'enseignante de mettre en évidence le lien entre les tâches demandées dans les situations de jeu et les apprentissages faits en classe.

Les observations ont également révélé que le jeu fut une manière de faire travailler les élèves avec plaisir en permettant une très importante dévolution. En effet, certains modules sont accessibles aux élèves sans connaissance préalable, très intuitifs dans leur réalisation et avec des feed-back pour valider leur réponse. Ils ne nécessitent donc pas l'intervention de l'enseignante. Notons qu'une étude plus fine du processus de dévolution du jeu aux élèves serait nécessaire pour enrichir ces premiers résultats.

CONCLUSION

Il n'est pas envisageable à ce stade de nos recherches d'affirmer que le jeu ait été un élément déterminant dans ces progrès, mais nos observations peuvent suggérer qu'il y a contribué. En particulier, il sera intéressant de comprendre plus précisément ce qui permet aux élèves de réussir un module : est-ce par l'utilisation de leurs connaissances sur les fractions ou est-ce par adaptation à la situation de jeu, sans faire appel à des connaissances mathématiques ? Il s'agirait alors de mener des expériences sur de plus grands échantillons d'élèves appareillés et randomisés avec des groupes sans tablette et des groupes avec tablette utilisant *MMF* afin de pouvoir établir plus précisément l'influence de ce jeu sur l'apprentissage des fractions chez les élèves. C'est ce que nous allons débiter, dans le cadre du projet DysCog, financé par la région Auvergne-Rhône-Alpes dont l'objectif est d'évaluer les effets de l'utilisation d'un jeu vidéo didactique sur les fractions (*MMF*) au sein d'une séquence d'apprentissage construite par l'enseignant. Six classes de fin de primaire (9 à 11 ans) sont engagées sur onze semaines. Elles sont réparties en deux groupes : un groupe expérimental où le jeu est un support lors des séances d'exercices de la séquence d'enseignement ; un groupe contrôle où les séances d'exercices sont plus « classiques », sur feuille et sans support tablette. Les outils d'évaluation seront construits à partir de ceux de l'expérimentation pilote, à savoir pré-test et post-test pour évaluer les connaissances des élèves sur les fractions et des observations en classe des séances d'exercices dans les deux groupes. Un post-test différé, trois mois après l'expérimentation, permettra également de mesurer les connaissances des élèves sur le moyen terme. Notons que ces tests permettront aussi de recueillir des informations sur le transfert de connaissances, les questions proposées étant dans un autre contexte que celui du jeu. Les premiers résultats seront obtenus courant 2019.

BIBLIOGRAPHIE

- Alvarez, J. & Michaud, L. (2008). *Serious Games Advergaming, edugaming, training...* IDATE. [http://www.ludoscience.com/files/ressources/EtudeIDATE08_UK\(1\).pdf](http://www.ludoscience.com/files/ressources/EtudeIDATE08_UK(1).pdf)
- Anselmo, B. & Zuccheta, H. (2018). *Construire des nouveaux nombres au cycle 3*. Paris : Réseau Canopé.
- Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. ESF.
- Bavelier, D., Green, C. S., & Dye, M. W. G. (2010). Children, Wired: For Better and for Worse. *Neuron*, 67(5), 692–701.
- Berry, V. (2006). Immersion dans un monde virtuel : jeux vidéo, communautés et apprentissages. Actes du colloque *Ludovia 2006* (CD Rom).
- Boullier, D. (2009). Les industries de l'attention: Fidélisation, alerte ou immersion. *Rezeaux*, 154(2), 231–246.
- Brougère, G. (2012). Le jeu peut-il être sérieux? Revisiter Jouer/Apprendre en temps de serious game. *Australian Journal of French Studies*, 49(2), 117–129. <https://doi.org/10.3828/AJFS.2012.10>
- Cyr, S., Charland, P. & Martin, R. (2016). Un jeu vidéo pour l'apprentissage des fractions au primaire. *Revue de Mathématiques pour l'école*, 226, 8–12.
- Fandiño Pinilla, M. I. (2007). Fractions: conceptual and didactic aspects. *Acta Didactica Universitatis Comeniana*, 7, 23–45.
- Gee, J. P. (2005). Good Video Games and Good Learning. *Phi Kappa Phi Forum*, 85(2), 33–37.

- Gentile, D. A. & Gentile, J. R. (2008). Violent video games as exemplary teachers: A conceptual analysis. *Journal of Youth and Adolescence*, 37(2), 127–141.
- Lavigne, M. (2014). Les faiblesses ludiques et pédagogiques des serious games. *8es Journées Scientifiques de La Recherche à l'Université, Toulon*, 1–17.
- Lortie-Forgues, H., Tian, J., & Siegler, R. S. (2015). Why is learning fraction and decimal arithmetic so difficult? *Developmental Review*, 38, 201–221.
- McEntee, C. (2012). Rational Design: The Core of Rayman Origins. Retrieved from https://www.gamasutra.com/view/feature/167214/rational_design_the_core_of_.php
- Pelay, N. (2011). *Jeu et apprentissages mathématiques, Elaboration du concept de contrat didactique et ludique en contexte d'animation scientifique*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon.
- Perrin-Glorian, M.-J. (1983). Représentation des fractions et des nombres décimaux chez les élèves de CM2. *Petit X*, 10, 5–29.
- Perrin-Glorian, M.-J. (1994). Contraintes de fonctionnement des enseignants au collège : ce que nous apprend l'étude de « classes faibles ». *Petit X*, 35, 5-40.
- Siegler, R. S., Duncan, G. J., Davis-Kean, P. E., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., ... Chen, M. (2012). Early Predictors of High School Mathematics Achievement. *Psychological Science*, 23(7), 691–697.
- Triclot, M. (2011). *Philosophie des jeux video*. Paris : Zones.
- Zarpas, P. (2018). *Elaboration d'une praxéologie de référence sur les fractions pour une analyse didactique du jeu vidéo Math Mathews Fractions*. Université de Montpellier, ENS Lyon.

SITOGRAPHIE

- Kiupe, 2018. Math Mathews Fractions. Repéré à <http://kiupe.com/games/math-mathews-fractions/>
- Ululab, 2014. Slice Fractions (version 1). Repéré à https://ululab.com/fr/slice_fractions/