



HAL
open science

Déterminants motivationnels et qualité de l'expérience dans un jeu vidéo en algèbre

Denise Sutter Widmer, Nicolas Szilas

► **To cite this version:**

Denise Sutter Widmer, Nicolas Szilas. Déterminants motivationnels et qualité de l'expérience dans un jeu vidéo en algèbre. 7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2015), Jun 2015, Agadir, Maroc. pp.17-28. hal-01405929

HAL Id: hal-01405929

<https://hal.science/hal-01405929v1>

Submitted on 30 Nov 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Déterminants motivationnels et qualité de l'expérience dans un jeu vidéo en algèbre

Denise Sutter Widmer, Nicolas Szilas
TECFA-Université de Genève, 1211 Genève 4, Suisse
denise.sutterwidmer@unige.ch, nicolas.szilas@unige.ch

Résumé. Dans cette étude, nous investiguons la relation entre la motivation à apprendre et à s'engager dans une activité d'apprentissage et la qualité de l'expérience rapportée par les apprenants après l'utilisation d'un jeu vidéo en algèbre ainsi que la relation entre les facteurs motivationnels et le comportement et la progression dans le jeu. Les résultats montrent que les élèves qui ont, au départ, le plus de plaisir à faire des mathématiques ont également le plus de facilité à prendre en main le jeu et à avancer dans les problèmes. Seuls ceux qui se sentent peu compétents en mathématiques ont le sentiment d'avoir acquis de nouvelles connaissances en lien avec l'algèbre. Quant aux élèves qui se réjouissent le plus à s'engager dans l'activité de jeu proposée, ils atteignent plus facilement un état de flow durant le jeu, ce qui a pu, cependant, entraver leur apprentissage.

Mots-clés. Jeu sérieux, motivation, engagement, flow, expérience de jeu

Abstract. This research investigates the relation between the motivation to learn and to engage in a learning activity and the experiential qualities reported by learners after using a video game in Algebra, as well as the relation of motivational factors to in-game behavior and the progression. Results show that students who most enjoy doing mathematics have more facilities to use the game and to progress through the problems. Only those who feel less self-confident in mathematics feel that they have acquired knowledge in Algebra. Finally, students who feel, beforehand, excited about playing a video game in mathematics have a higher tendency to experience flow, which, however, may not have helped them to learn from the game.

Keywords. Serious game, motivation, engagement, flow, gameplay experience

1 Introduction

Les mathématiques et notamment l'algèbre élémentaire posent difficulté à nombre d'adolescents. L'algèbre est abordée dans le cadre de l'enseignement secondaire à un âge où la motivation intrinsèque à apprendre est en général plus faible qu'au niveau primaire. Les adolescents doutent plus facilement de la valeur du travail scolaire et de leurs compétences à réussir. Leurs besoins – tâches davantage centrées sur l'élève et qui ont du sens pour lui, plus de choix et d'autonomie, moins d'accent sur les notes et les évaluations – sont en décalage avec leur nouveau contexte scolaire [1].

Le choix d'un environnement motivant et engageant pour l'apprentissage en mathématiques peut se révéler particulièrement pertinent dans de telles circonstances,

d'autant plus lorsque l'on s'adresse à une population d'adolescents dont une partie est en butte à des difficultés scolaires. Souvent récalcitrants à entrer dans les apprentissages en raison d'échecs répétés et d'un faible sentiment de compétence, les élèves en difficulté en mathématiques sont en général moins motivés à s'investir dans des tâches relevant de cette discipline.

La présente contribution porte sur la relation entre trois facteurs de la motivation à apprendre et à s'engager dans une tâche d'apprentissage et l'expérience ressentie par les apprenants lors de l'utilisation d'un jeu en algèbre élémentaire. Nous nous intéressons également à la relation entre les aspects motivationnels et certains comportements relevés dans l'interaction entre le joueur et le système de jeu.

2 Cadre théorique

2.1 Aspects motivationnels

De nombreuses théories de la motivation en contexte scolaire ont été proposées et développées depuis plusieurs décennies. Elles portent sur les facteurs individuels et/ou contextuels qui expliquent les choix et décisions des élèves, leurs intentions d'actions, leur engagement dans une tâche, leur persévérance face aux obstacles rencontrés et les émotions ressenties [2]. Dans les recherches en psychologie de l'éducation, la motivation à s'engager dans une tâche est perçue aujourd'hui, non plus comme le simple produit mécanique des facteurs internes et externes, mais comme dépendant essentiellement des représentations mentales que l'apprenant s'est forgées dans la situation d'apprentissage [3]. Ces représentations, dites motivationnelles, sont considérées comme le fruit d'une interaction entre des facteurs internes, propres à l'individu, et des facteurs externes, liés au contexte et à la situation d'apprentissage.

Parmi les facteurs individuels, les facteurs affectifs, tels que le sentiment de compétence, l'estime de soi, l'intérêt et l'utilité des savoirs scolaires, ont fait l'objet de nombreux travaux, notamment par rapport aux élèves en difficulté d'apprentissage [2]. Eccles et Wigfield, dans leur théorie de l'*expectancy-value* [4], estiment que la valeur accordée à la tâche d'apprentissage et la perception de ses chances de réussite sont les deux prédicteurs les plus importants de la motivation à apprendre chez l'élève. A ces deux composantes viennent s'ajouter chez Viau [5] la contrôlabilité du déroulement et des conséquences de l'activité d'apprentissage. Dans ces différentes approches, l'engagement d'un sujet dans une activité d'apprentissage est donc déterminé par la représentation qu'il a de la situation et de lui-même.

Dans le domaine des mathématiques, la perception qu'ont les élèves, notamment en difficulté scolaire, de leurs compétences va déterminer en grande partie la formation de leur intention à se lancer dans une activité en mathématiques, ainsi que leur engagement et leur persévérance dans celle-ci [2]. En raison d'échecs répétés, ces élèves en difficulté attribuent souvent leurs résultats à des causes incontrôlables, dissociées de leurs propres actions. S'intéressant à l'attitude des élèves envers cette discipline, Tappia [6] relève que la recherche s'est surtout focalisée, pour les élèves ayant des mauvais résultats en mathématiques, sur l'anxiété éprouvée par les élèves. L'anxiété engendrerait une attitude d'évitement vis-à-vis des mathématiques avec

pour conséquence une moindre maîtrise des connaissances procédurales et stratégiques et donc à terme une moindre compétence dans cette discipline. D'autres facteurs que l'anxiété et le sentiment de compétence des élèves semblent également jouer un rôle dans les performances en mathématiques, comme la valeur attribuée aux mathématiques dans la vie actuelle et dans le futur, le plaisir de faire des mathématiques et de suivre des cours de mathématiques, l'intérêt pour cette discipline ainsi que l'envie de poursuivre des études en mathématiques [6].

2.2 Qualité de l'expérience de jeu

La théorie du flow [7] est une manière d'appréhender la qualité d'expérience de jeu. Le flow, ou l'expérience optimale, fait référence au plaisir qu'éprouve un joueur à s'engager dans une activité de jeu et à y rester. Il se caractérise par un état psychologique et émotionnel où prédominent les sentiments de joie, d'accomplissement, de compétence. L'expérience optimale n'est pas propre au monde du jeu mais la présence de différents éléments propices à l'émergence du flow (buts clairs, feedbacks immédiats, niveau de difficulté adapté aux compétences des individus et environnement autorisant la conscience aiguë des actions à entreprendre) peut contribuer à en faire des environnements de jeu et d'apprentissage engageants pour les apprenants.

Certains éléments permettent d'identifier l'état de flow : une attention entièrement fixée sur l'action en cours, l'exclusion de la conscience des distractions, l'effacement temporaire de la conscience de soi et l'altération de la perception du temps. Dans cet état, caractérisé par une forte immersion dans l'activité en cours, les joueurs se trouvent profondément engagés dans le jeu mais sans que cela engendre d'effort (*deep but effortless involvement*). Dans la théorie du flow, l'immersion fait donc référence à l'implication extrême du joueur durant le temps du jeu mais aussi aux sentiments très plaisants engendrés par cette situation. Elle a pour effet positif de contribuer à la persévérance du joueur/apprenant dans le jeu malgré les obstacles rencontrés tant que ceux-ci n'apparaissent pas totalement insurmontables. Enfin, le sentiment de contrôle sur ses actions et sur l'interaction avec l'environnement dans lequel l'apprenant se trouve, le besoin de savoir que ses compétences sont adaptées au medium et que celui-ci répond à ses actions, jouent un rôle dans l'émergence du flow dans un environnement d'apprentissage [8].

Plusieurs auteurs se sont, cependant, interrogés sur l'effet d'un état de flow intense sur l'acquisition d'un savoir [9, 10]. En effet, le développement des compétences métacognitives que l'on considère comme essentielles pour un apprentissage efficace, est susceptible de souffrir de l'effet d'immersion des jeux en empêchant la prise de recul nécessaire à l'émergence d'une réflexion sur les apprentissages en cours, et ce d'autant plus lorsque les éléments d'apprentissage ne sont pas dissociés de l'expérience de jeu [11].

Compte tenu des éléments qui précèdent, nous nous interrogeons sur la relation entre des aspects motivationnels, comme la valeur accordée au contenu pédagogique et le sentiment de compétence de l'apprenant, et la qualité de l'expérience du jeu telle qu'elle est rapportée par les apprenants/joueurs après l'utilisation d'un jeu en algèbre élémentaire. Nous nous demandons également dans quelle mesure l'immersion dans

le jeu peut entraver ou non le sentiment, chez le joueur, d'avoir appris et mieux compris certaines notions mathématiques abordées dans le jeu. Enfin, nous verrons dans quelle mesure les aspects motivationnels peuvent être mis en relation avec différents indicateurs du comportement du joueur (tâtonnement, hésitations versus progression rapide dans la résolution des problèmes) qui peuvent corroborer ou non la qualité de l'expérience du jeu.

3 Méthode

3.1 Participants

Les participants étaient des élèves âgés de 13-15 ans, au nombre de 92, issus de 7 classes différentes d'un établissement de l'enseignement secondaire genevois (Suisse), situé dans un quartier où règne une certaine mixité sociale. Les filles (52) étaient légèrement surreprésentées par rapport aux garçons (40). Les élèves provenaient aussi bien de sections fortes que de sections regroupant des élèves soit un peu plus faibles voire nettement plus faibles. Ceux des sections les plus fortes (57 au total) étaient en 10^{ème} année tandis que les élèves des sections dites moyennes (22 élèves) et faibles (13 élèves) étaient déjà en 11^{ème}, autrement dit en dernière année de la scolarité obligatoire. Selon les enseignants consultés, le niveau de difficulté des problèmes mathématiques abordés dans le jeu était adapté aussi bien à des élèves de 10^{ème} en section pré-gymnasiale qu'à des élèves de 11^{ème} engagés dans des sections moins fortes. Pour les élèves de 10^{ème} année la mise en équation de problèmes constituait un chapitre nouveau dans le champ des équations alors que les élèves de 11^{ème} avaient déjà abordé la mise en équation de problèmes l'année précédente avec plus ou moins de bonheur.

3.2 Matériel

Le jeu vidéo Algebra Mystery, conçu dans le cadre d'un projet de thèse et développé au sein d'une équipe de recherche de TECFA (Université de Genève), met en scène une intrigue policière dont le dénouement passe par la résolution de problèmes algébriques. Le joueur joue le rôle d'un expert scientifique ; il aide la police à résoudre des énigmes policières en apportant son expertise en mathématiques.

Dans la première partie du jeu, le joueur doit franchir trois portes pour accéder à son laboratoire ; chacune de ces portes s'ouvre grâce à un code secret que le joueur découvre grâce à la résolution d'une équation. Les équations à résoudre doivent être simplifiées en appliquant les règles d'équivalence et leur complexité augmente à chaque porte. Dans la deuxième partie du jeu, qui constitue le cœur du jeu, le joueur doit résoudre, à l'aide d'équations, trois problèmes mathématiques de difficulté similaire qui vont lui permettre d'éclaircir une enquête sur un vol de tableaux. Il s'avère que seules les ficelles servant à emballer et transporter les tableaux ont été retrouvées par la police. Afin de pouvoir identifier les trois tableaux volés, les

apprenants doivent calculer les dimensions respectives de ces derniers à partir des données fournies sur les ficelles récupérées. Les joueurs commencent par ficeler un paquet 3D (simulation) avec des bouts de ficelles « connues » et « inconnues », qu'ils découpent conformément aux données de l'énigme. La simulation 3D (Fig.1), qui donne une représentation concrète du problème, a pour objectif d'aider les élèves à poser leur équation qu'ils peuvent saisir dans une zone dédiée à cet effet en parallèle au ficelage ou une fois le paquet complètement ficelé.

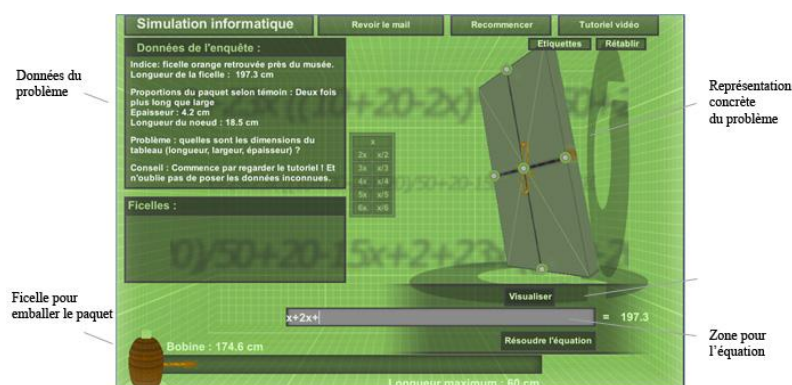


Fig. 1. Mise en équation d'un problème à l'aide d'une simulation 3D

Le jeu Algebra Mystery a été conçu selon des principes d'intégration intrinsèque du contenu pédagogique et des éléments de jeu [10, 11]. La progression dans le jeu est ici indissociable de la progression dans les apprentissages, la résolution des problèmes mathématiques étant intégré dans la fiction et la mécanique du jeu.

3.3 Procédure

Les élèves ont d'abord dû répondre en classe à un questionnaire créé pour l'occasion comportant des items sur le sentiment de compétence en mathématiques, sur la valeur accordée à cette discipline et au jeu dans une perspective d'apprentissage, ainsi que sur leur intérêt pour l'activité proposée. Lors d'une leçon suivante en mathématiques, en salle informatique, les élèves ont joué avec Algebra Mystery pendant 60 minutes au cours. Suite au jeu, les participants ont rempli un second questionnaire sur leur perception de l'activité (satisfaction, sentiment d'avoir appris et indicateurs du flow).

Précisons que cette étude fait partie d'un projet de recherche plus large, comportant un groupe de contrôle, au cours duquel les compétences des élèves en algèbre furent testées avant et après la session de jeu et où ils furent alloués à deux conditions expérimentales différentes qui ne seront pas détaillées ici.

3.4 Variables et données

En amont de l'expérience de jeu, les aspects motivationnels des apprenants ont été cernés par neuf items, portant respectivement sur le sentiment de compétence en mathématiques (ex : « Je suis capable de résoudre des problèmes de maths sans trop de difficultés »), le plaisir éprouvé à faire des mathématiques à l'école (ex : « J'ai en général du plaisir à faire des maths à l'école »), la valeur accordée aux mathématiques (ex : « Les maths c'est sans intérêt et ennuyeux ») et aux jeux mathématiques (ex : « Les jeux mathématiques aident à apprendre les maths »), ainsi que sur leur intérêt pour l'activité proposée (ex : « Je suis content de faire ce jeu »). Les réponses étaient données selon une échelle de Lickert à 5 points. Plusieurs de ces items proviennent de l'instrument construit par Tapia et al. (2004) pour mesurer l'attitude des élèves envers les mathématiques. Ces auteurs prennent en compte des items qui renvoient au sentiment de compétence, à l'anxiété face aux mathématiques, à la valeur attribuée à cette discipline, au plaisir éprouvé à faire des mathématiques et à la motivation.

Le questionnaire post-jeu, conçu également en utilisant une échelle de Lickert à 5 points, fut distribué immédiatement après la session du jeu. Il compte 21 items qui portent sur des indicateurs d'un état de flow (ex : « Pendant le jeu, j'ai pensé à d'autres choses sans rapport au jeu »), le sentiment de plaisir ou d'ennui éprouvés durant l'activité (« Je me suis ennuyé pendant le jeu »), la prise en main du jeu (ex : « J'ai trouvé que le jeu était facile à utiliser »), ainsi que sur l'appréciation d'une telle activité (ex : « J'aimerais pouvoir faire plus souvent des maths de cette manière-là ») et le sentiment d'avoir appris (ex : « Je comprends mieux maintenant comment écrire un problème sous forme d'équation »).

De nombreuses données se rapportant à l'interaction entre le système et les utilisateurs ont, par ailleurs, été relevées lors des sessions de jeu et un certain nombre de séquences ont été enregistrées. Dans le cadre de cette contribution, nous nous intéresserons, d'une part, aux actions des joueurs reflétant des comportements d'indécision et, d'autre part, à la progression dans le jeu et au nombre total d'erreurs relevées dans la résolution des équations et des problèmes mathématiques. Les comportements d'indécision ou de tâtonnement sont définis par le recours au bouton « recommencer » qui, selon la partie du jeu, va générer une nouvelle équation ou un nouveau problème de ficelle alors que l'activité en cours n'est pas encore terminée, et par le recours au bouton « annuler » qui autorise, lors de la simplification d'une équation, de revenir à l'état précédant la dernière action effectuée. La progression dans l'apprentissage est mesurée par le temps passé sur les portes (première partie du jeu) et le nombre de problèmes de tableaux résolus (deuxième partie du jeu). Précisons que tous les élèves ont réussi à franchir les trois portes mais seule une minorité est parvenue à résoudre les trois problèmes à mettre en équation.

4 Résultats

Une double analyse en composantes principales (ACP) sur les données des questionnaires passés avant le jeu (déterminants motivationnels) et après le jeu

(qualité d'expérience du jeu) a permis de réduire le nombre d'items en mettant en évidence des structures de corrélations.

Tableau 1. Analyse en composantes principales sur les aspects motivationnels (après rotation varimax avec normalisation Kaiser).

Composantes pour les déterminants motivationnels (avant le jeu)		
Plaisir à faire des maths (25%)	Intérêt pour le jeu (21%)	Echec et math (19%)
Aime faire des exercices sur les équations (.86)	Content de faire le jeu (.76)	Sentiment de compétence pour résoudre des problèmes de math (-.75)
Plaisir à faire des maths à l'école (.73)	Curieux de connaître le jeu (.74)	Sentiment de nervosité en faisant des maths (.73)
Maths : sans intérêt et ennuyeux (-.68)	Utilité des jeux mathématiques pour les maths (.71)	Le jeu à venir perçu en tant que défi (.56)

Pour chaque facteur est indiqué entre parenthèses le pourcentage de variance expliquée. Les items associés à chaque facteur apparaissent avec leurs coefficients de saturation.

Trois facteurs sont mis en évidence dans l'ACP sur les aspects motivationnels (Tableau 1.). Un premier axe concentre les items qui se réfèrent à une attitude marquée avant tout par le **plaisir à faire des maths**. Un deuxième axe regroupe les items corrélés fortement autour de l'**intérêt pour le jeu** à venir, donc pour l'activité proposée, mais se réfère aussi à la valeur attribuée aux jeux mathématiques en général. Le troisième axe, intitulé **échec et math**, se réfère au manque de sentiment de compétence des apprenants en mathématiques, au sentiment d'anxiété et à la perception de la situation d'apprentissage comme un défi à relever (obstacle à surmonter) sans qu'y soit associé un sentiment de plaisir.

Cinq facteurs rendent compte de la qualité de l'expérience de jeu (Tableau 2.). Le premier facteur, le **sentiment d'avoir appris en s'amusant**, associe le sentiment d'avoir acquis de nouvelles connaissances en algèbre élémentaire avec le plaisir d'avoir pu faire des mathématiques à travers un jeu vidéo. Les items conjuguant l'aspect « plaisir » et le « sentiment d'avoir appris » sont fortement corrélés entre eux. Le deuxième facteur, **plaisir durant le jeu**, met l'accent sur le plaisir éprouvé durant l'activité, ressentie avant tout comme un jeu. Les items qui lui sont associés reflètent en partie l'expérience du flow (distorsion du temps, oubli du lieu, plaisir durant l'activité). Le **sentiment d'aisance** est un facteur relatif au sentiment de maîtrise de l'environnement d'apprentissage et de jeu par les élèves. L'**effort mental soutenu** se rapporte aux apprenants dont les ressources cognitives étaient très fortement sollicitées durant le jeu. Enfin, le cinquième facteur, **désorientation**, désigne le sentiment, pour les élèves, de ne pas avoir toujours su quoi faire pour avancer dans le jeu.

A partir des différents composantes mises en évidence par l'ACP, des corrélations ont été effectuées entre les facteurs « motivationnels », mesurés avant l'entrée dans l'activité, et, d'une part, les variables de comportement et de progression dans le jeu

et, d'autre part, les facteurs relatifs à la qualité d'expérience de jeu et au sentiment d'avoir appris de nouvelles notions en lien avec l'algèbre élémentaire.

Tableau 2. Analyse en composantes principales sur l'expérience de jeu (après rotation varimax avec normalisation Kaiser).

Composantes pour la qualité d'expérience du jeu (après le jeu)				
Sentiment d'avoir appris en s'amusant (28%)	Plaisir durant le jeu (14%)	Sentiment d'aisance (10%)	Effort mental soutenu (9%)	Désorientation (6%)
Jeu utile pour l'apprentissage de concepts mathématiques (.87)	Temps passé sans en avoir conscience (.64)	Capacités suffisantes pour réussir le jeu (.78)	Quantité d'effort mis dans le jeu (.76)	Frustration (.40)
Meilleure compréhension de la mise en équation (.85)	Ennui dans l'activité mathématique (-.68)	Sentiment de s'être bien débrouillé dans le jeu (.70)	Concentration durant le jeu (.69)	Facilité d'utilisation du jeu (-.40)
Intérêt de l'activité pour les maths (.83)	Exercice plus que jeu (-.66)	Sentiment d'être pris par le jeu (.53)	Pensées distrayantes (-.54)	Sentiment d'être perdu (.83)
Sentiment d'avoir appris (équations) (.83)	Ennui pendant le jeu (-.58)			
Envie de refaire des maths en jouant (.78)	Oubli du lieu (.42)			
Activité appréciée (.71)				
Activité mathématique amusante (.66)				

4.1 Plaisir à faire des mathématiques

Le plaisir à faire des mathématiques est corrélé positivement avec le sentiment d'aisance dans le jeu ($r = .26, p = .013$) et négativement avec le sentiment de s'être senti désorienté ($r = -.28, p = .007$). Aucune corrélation significative ne peut être relevée entre le « plaisir à faire des maths » et le sentiment, à l'issue du jeu, d'avoir appris en s'amusant ou d'avoir eu du plaisir à jouer, ni en référence avec le sentiment d'avoir fourni un effort mental particulièrement important durant le jeu. Même si les élèves qui ont du « plaisir à faire des maths », affirment avoir aimé l'activité proposée ($r = .28, p = .007$), ils ne trouvent pas forcément amusant ou intéressant des faire des mathématiques de cette manière-là et ne souhaitent pas nécessairement pouvoir refaire des mathématiques sous cette forme-là. Relevons qu'aucun des items liés au sentiment d'avoir appris de nouvelles notions en mathématiques que cela soit par

rapport à la résolution d'équations ou à la mise en équation de problèmes, n'est corrélé avec le plaisir à faire des mathématiques.

Concernant les interactions du joueur avec le système de jeu, on constate que plus les élèves affirment avoir du plaisir à faire des mathématiques, moins ils ont des comportements de tâtonnement ou d'hésitation durant le jeu : aussi bien le bouton « annuler » la dernière action ($r = -.29, p = .013$) que le bouton « recommencer » une équation ou un problème de ficelle ($r = -.22, p = .034$) sont moins souvent actionnés par ces élèves. Enfin, par rapport à la progression dans le jeu, le fait d'avoir du plaisir à faire des mathématiques est lié à un temps de jeu plus court lors du passage des trois portes ($r = -.43, p = .000$) et à un plus grand nombre de problèmes de ficelles résolus dans la deuxième partie du jeu ($r = .27, p = .010$).

4.2 Echec et math

Les élèves qui ont un faible sentiment de compétence en mathématiques sont plus enclins que les autres élèves à éprouver le sentiment d'avoir appris de nouvelles notions en algèbre grâce au jeu ($r = .27, p = .009$). Si on se penche de manière détaillée sur les différents items, on constate que ce sont les élèves qui se sentent le moins capables de résoudre des problèmes de mathématiques sans trop de difficultés, qui ont le sentiment d'avoir appris, grâce au jeu, de nouvelles choses en lien avec les équations ($r = .21, p = .043$). Par ailleurs, plus les activités de mathématiques les rendent nerveux plus ils ont le sentiment qu'ils comprennent mieux après le jeu comment écrire un problème sous forme d'équation ($r = .22, p = .041$). Lorsque le jeu représente un défi pour eux, ils sont plus portés à penser que ce jeu peut aider à mieux comprendre certains concepts mathématiques ($r = .24, p = .042$). Par contre, les items « faire des maths de cette manière-là est amusant » et « dans l'ensemble, j'ai bien aimé cette activité » ne sont pas corrélés avec le facteur échec et math.

Aucune relation n'existe entre ceux qui se sentent peu compétents en mathématiques et le sentiment de plaisir durant le jeu ou le sentiment d'avoir fourni un très gros effort cognitif. Par contre, ces élèves ont plus souvent ressenti que leurs camarades plus sûrs d'eux-mêmes en mathématiques, des difficultés dans la prise en main du jeu. En effet, le sentiment d'aisance est corrélé négativement pour cette catégorie d'élèves ($r = -.29, p = .005$) sans qu'ils se sentent forcément plus désorientés et perdus que les autres élèves. Enfin, aucune relation n'a pu être établie entre les élèves qui se sentent peu compétents en mathématiques et les différentes variables de comportement ou de progression dans le jeu.

4.3 Intérêt pour le jeu

L'intérêt pour le jeu au départ est corrélé, du point de vue de la qualité de l'expérience de jeu, avec le sentiment d'avoir éprouvé du plaisir durant le jeu ($r = .24, p = .020$), caractérisé notamment par une forte immersion dans l'univers du jeu au point d'avoir le sentiment pour ces élèves de s'être extraits du lieu de la classe et de ne plus avoir eu conscience du temps qui passait. Ce facteur est aussi corrélé positivement avec tous les items faisant référence à l'appréciation de l'activité, comme le fait d'avoir

aimé l'activité ($r = .29, p = .005$), de trouver amusant ($r = .32, p = .002$) ou intéressant ($r = .32, p = .002$) de faire des maths de cette manière-là et le désir de faire plus souvent des maths de cette manière-là ($r = .26, p = .013$). Par contre, aucun des items attachés au sentiment d'avoir acquis de nouvelles connaissances n'est lié à l'intérêt déclaré pour l'activité de jeu. De même, aucune variable de comportement, qu'il s'agisse d'actions reflétant de l'indécision ou une progression rapide à travers les différents problèmes qui constituent le cœur du jeu, ne peut être mise en relation avec le plaisir de se lancer dans l'activité proposée.

5 Discussion

Ce sont les élèves qui éprouvent le plus de plaisir à faire des mathématiques qui se sont sentis le plus à l'aise dans le jeu sans avoir à fournir nécessairement un gros effort mental. Ils sont entrés facilement dans l'activité et n'ont pas éprouvé le sentiment d'être perdus, n'ont pas tâtonné et ont le plus progressé dans la résolution des problèmes mathématiques. Ils semblent avoir fait preuve de beaucoup d'assurance. Cela n'est pas surprenant si l'on considère le fait qu'Algebra Mystery est un jeu dans lequel les mathématiques occupent une place prépondérante. Toutefois, bien qu'ayant apprécié l'activité, ces élèves ne souhaitent pas réitérer une expérience similaire et ne considèrent pas que faire des mathématiques sous cette forme-là est amusante ou intéressante. Il semblerait que ce soient des élèves qui apprécient les mathématiques *per se*, et pour lesquels l'enseignement classique des mathématiques convient parfaitement. Il n'est pas exclu que pour cette catégorie d'élèves la résolution en soi de problèmes mathématiques s'apparente à une forme de jeu.

Ils n'ont pas nécessairement le sentiment d'avoir appris de nouvelles choses en lien avec l'algèbre alors même qu'on constate qu'il s'agit des élèves qui ont le plus progressé dans le jeu et que la mise en problème d'équation est une activité nouvelle pour les élèves de 10^{ème} en section forte, qui constituent la majorité de l'échantillon. On peut supposer que ce sont des élèves déjà au bénéfice d'un certain bagage de connaissances, acquis soit partiellement en classe soit hors de la classe, ce qui a pu contribuer à leur donner l'impression de ne pas avoir forcément acquis de nouvelles connaissances, leur marge de progression étant plus faible que pour d'autres élèves. Il est possible que la rapide compréhension des concepts mathématiques intégrés dans le jeu, comme en témoigne leur progression dans l'activité ait concouru à ce sentiment. L'absence d'une séance de debriefing entre la session de jeu et la passation des questionnaires a pu également empêcher que les connaissances mobilisées dans le jeu deviennent des savoirs conscientisés. Nos résultats tendent néanmoins à confirmer l'idée générale qu'une pédagogie par le jeu vidéo n'est pas forcément nécessaire pour les élèves qui aiment déjà la matière via son enseignement plus traditionnel.

Nos résultats montrent aussi que les élèves qui sont *a priori* les plus intéressés à faire le jeu sont ceux qui s'immergent le plus dans l'univers fictionnel d'Algebra Mystery. Ils sont dans un état d'esprit qui les prédispose à se plonger dans l'activité de jeu et à ressentir du plaisir au cours de l'activité. Ce sont à l'évidence des élèves qui aiment les jeux et qui apprécient de faire des mathématiques de cette manière-là. Pourtant, on ne relève pas un lien entre une expérience de jeu que l'on peut qualifier de proche d'un état de flow (plaisir et déconnexion temporelle et spatiale) et la

progression dans la résolution des problèmes de ficelles. D'ailleurs, ces élèves rapportent ne pas avoir nécessairement le sentiment d'avoir appris de nouvelles choses en lien avec les équations ou la mise en équation. Concentrés avant tout sur le *gameplay* (par exemple, la manipulation de la simulation 3D), ils n'étaient pas forcément intéressés par la résolution en tant que telle des problèmes algébriques et donc moins perméables aux apprentissages en jeu. Il n'est pas non plus impossible que l'état d'expérience optimale dans laquelle ils se trouvaient ait été un obstacle à la prise de conscience des concepts mathématiques sous-jacents dans le jeu [12].

Plus intéressant par rapport à l'apport d'Algebra Mystery pour l'apprentissage, les élèves qui se sentent peu compétents en mathématiques, sont ceux qui, par rapport aux concepts abordés dans le jeu, ont le plus le sentiment d'avoir appris. Sachant que ce sont ces élèves en particulier qui ont en général le plus de peine à s'engager dans une activité mathématique et à se sentir compétents pour la mener à terme, on peut se réjouir de ces résultats prometteurs. Un simple habillage des tâches mathématiques n'est pourtant souvent pas suffisant pour induire un véritable engagement dans les apprentissages même si les tâches proposées présentent un attrait au départ pour des élèves en difficulté scolaire et les incitent à l'action [2]. L'environnement d'apprentissage et de jeu incarné par Algebra Mystery a non seulement pu exercer un attrait suffisant auprès de ces élèves pour obtenir leur intention d'apprendre mais a pu également avoir un effet positif sur leur engagement effectif dans les apprentissages puisque ces élèves ont eu, après le jeu, le sentiment d'avoir mieux compris certaines notions en lien avec les équations. On peut supposer que la présence de feedbacks intégrés dans la mécanique du jeu a conduit ces élèves à réguler leurs actions au fur et à mesure de leur avancement dans le jeu et favoriser leur engagement et persévérance dans le jeu. En laissant peu de place à des stratégies d'essais-erreurs et en fournissant des rétroactions immédiates, Algebra Mystery encourage à attribuer ses réussites et échecs à ses propres actions plutôt qu'à des causes externes incontrôlables.

Pourtant, cette catégorie d'élèves n'a pas obligatoirement apprécié l'activité ni exprimé l'envie de refaire des mathématiques sous cette forme. La notion de plaisir, qu'elle soit liée à l'activité de jeu en tant que telle ou à l'activité des maths sous forme de jeu, est absente chez ces élèves. Il est possible que l'absence d'aisance dans la prise en main du jeu ait suscité chez ces apprenants le sentiment d'un manque de contrôlabilité de leurs actions ainsi que le sentiment que leurs compétences n'étaient pas toujours suffisantes pour progresser rapidement dans le jeu, sentiments préjudiciables à l'émergence de la sensation de plaisir et de satisfaction que l'on peut éprouver lors d'une activité d'apprentissage ou de jeu exigeante mais aux difficultés maîtrisables. On peut dès lors se demander si, en laissant plus de temps pour la prise en main du jeu et en fournissant des explications supplémentaires sur certaines manipulations, il aurait été possible de faire vivre à ces élèves une expérience de jeu plus plaisante.

6 Conclusion

Nous avons évalué dans cette étude les aspects motivationnels d'un jeu vidéo destiné à l'apprentissage de concepts algébriques. Les résultats indiquent que les

prédispositions motivationnelles des apprenants, mesurées avant l'engagement dans le jeu, peuvent être mises en relation avec certains comportements durant le jeu, avec la difficulté ou la facilité de la prise en main de l'environnement d'apprentissage/jeu, ainsi qu'avec la qualité de l'expérience, mais aussi avec la perception qu'ont les apprenants/joueurs d'avoir acquis ou non de nouvelles connaissances suite à l'activité proposée. En particulier, des profils motivationnels ont pu être dégagés, ce qui a permis de montrer que les notions de plaisirs à jouer, de progression dans le jeu et de perception de l'apprentissage ne sont pas corrélées de manière aussi simple que la littérature abondante sur les jeux sérieux a pu laisser croire.

Ces résultats pourront par la suite être complétés par l'analyse des scores aux tests algébriques ayant précédé et suivi la session de jeu afin de pouvoir établir dans quelle mesure les perceptions des apprenants sont corroborées ou non par des données « objectives » de performance aux tests.

Références

1. Rathunde, K., Csikszentmihalyi, M.: Middle school students' motivation and quality of experience: A comparison of Montessori and traditional school environments. *Am. J. Educ.* 111 (2005) 341–371
2. Pelgrims, G., Cèbe, S.: Aspects motivationnels et cognitifs des difficultés d'apprentissage: le rôle des pratiques d'enseignement. In: Crahay, M. and Dutrévis, M. (eds.) *Psychologie des apprentissages scolaires*. De Boeck (2010) 111–135
3. Bourgeois, E.: La motivation à apprendre. In : Bourgeois, E., Chapelle, G. (eds) : *Apprendre et faire apprendre*. PUF, Collection Apprendre (2011) 235–253
4. Eccles, J.S., Wigfield, A.: Motivational beliefs, values, and goals. *Annu. Rev. Psychol.* 53 (2002) 109–132
5. Viau, R.: *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck, Bruxelles (1998).
6. Tapia, M., Marsh, I., George, E.: An instrument to measure mathematics attitudes. *Acad. Exch. Q.* 8 (2004) 2–9
7. Csikszentmihalyi, M.: *Flow: the psychology of optimal experience*. New York (1990)
8. Esteban-Millat, I., Martínez-López, F.J., Huertas-García, R., Meseguer, A., Rodríguez-Ardura, I.: Modelling students' flow experiences in an online learning environment. *Comput. Educ.* (2013)
9. Egenfeldt-Nielsen, S.: *Beyond Edutainment*, University of Copenhagen (2005)
10. Habgood, J.: *The effective integration of digital games and learning content*, University of Nottingham (2007)
11. Szilas, N., Sutter Widmer, D.: Mieux comprendre la notion d'intégration entre l'apprentissage et le jeu. EIAH 2009, Actes de l'atelier jeux sérieux (2009) 1–12
12. Bransford, J.D., Brown, A.L., Cocking, R.R.: *How people learn: Brain, mind, experience and school*. National Academy Press Washington, DC (2000)