HAL
open science

Un temps pour jouer, un temps pour écouter ? L'effet de la position des explications théoriques dans un jeu pédagogique sur l'immersion et les performances en algèbre élémentaire

Denise Sutter Widmer, Nicolas Szilas

To cite this version:

Denise Sutter Widmer, Nicolas Szilas. Un temps pour jouer, un temps pour écouter ? L'effet de la position des explications théoriques dans un jeu pédagogique sur l'immersion et les performances en algèbre élémentaire. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011, 2011, Belgique. pp.423-433. hal-00605770

HAL Id: hal-00605770

https://hal.science/hal-00605770v1

Submitted on 4 Jul 2011

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.

Un temps pour jouer, un temps pour écouter ?

L'effet de la position des explications théoriques dans un jeu pédagogique sur l'immersion et les performances en algèbre élémentaire

Denise Sutter Widmer, Nicolas Szilas

TECFA, FPSE
Université de Genève
CH 1211 Genève 4
Suisse
denise.sutterwidmer@unige.ch
nicolas.szilas@unige.ch

RÉSUMÉ. *Quel est le moment le plus approprié pour susciter l'émergence d'une prise de conscience du contenu d'apprentissage dans le cadre de l'utilisation d'un jeu pédagogique ? Peut-on préserver l'engagement et l'immersion des joueurs et en même temps amener les apprenants à une réflexion sur leurs apprentissages ? Dans le cadre de cette étude, un jeu de construction virtuelle, Equationtown, a été développé afin d'initier les apprenants, à travers la manipulation d'objets, à l'algèbre élémentaire. Pour aborder la formalisation d'un problème en équation, des vidéos explicatives ont été réalisées. S'est alors posée la question de leur emplacement pour faciliter la construction de connaissances abstraites en matière d'algèbre. Deux versions du jeu ont été testées auprès d'élèves âgés de 11 à 12 ans, l'une se caractérisant par la diffusion des vidéos explicatives en cours de jeu, l'autre reléguant les explications à la fin du jeu. Nos résultats montrent que les apprenants dont la séquence de jeu n'avait pas été interrompue et qui ont bénéficié de vidéos explicatives à la suite du jeu ont obtenu de meilleurs scores au test sur les équations que les apprenants dont le jeu avait été entrecoupé d'explications théoriques. Pourtant, l'effet du jeu sur les performances au post-test n'est pas lié à des facteurs d'immersion. Plusieurs explications alternatives sont considérées.*

MOTS-CLÉS : *jeu pédagogique, immersion, réflexion, engagement.*

1. Introduction

L'engouement pour les jeux vidéo, et notamment leur capacité à engager fortement le joueur nous a conduit à nous intéresser à la conception d'un jeu pédagogique destiné à l'initiation à l'algèbre élémentaire. L'intégration dans un jeu d'un contenu d'apprentissage de manière à ce que celui-ci n'entrave pas l'expérience de jeu et reste, au moins partiellement, indécelable, assure en principe un plus fort engagement des joueurs mais comporte aussi le risque, en raison de l'effet immersif du jeu, de pénaliser la réflexion et la prise de conscience de l'apprentissage effectué. Nous avons donc décidé de tester auprès d'élèves un jeu que nous avons conçu dans deux conditions d'immersion différentes. Notre objectif est d'estimer dans quelle mesure le degré d'immersion dans le jeu, au sens de [CSIKSZENTMIHALYI 90], a des répercussions sur l'acquisition de connaissances abstraites et leur transfert, ainsi que sur la motivation et l'engagement des joueurs.

2. Cadre théorique

Comment récupérer au profit d'un apprentissage la capacité des jeux vidéo à engager fortement le joueur ? Ajouter un contenu d'apprentissage à un jeu ne suffit ni à en garantir la qualité pédagogique ni à préserver l'expérience du jeu intacte. Une multitude de jeux pédagogiques sont ennuyeux et ne convainquent pas sur le plan de l'apprentissage. Une majorité d'entre eux ne peuvent pas être qualifiés véritablement de jeux, l'ajout d'un objectif pédagogique s'étant fait au détriment de l'expérience ludique. Plusieurs chercheurs [EGENFELDT-NIELSEN 05; HABGOOD et al. 05; KELLNER 00] expliquent le manque d'efficacité pédagogique de nombreux jeux vidéo destinés à l'apprentissage par la faiblesse de leur conception, et relèvent une dissociation entre le contenu d'apprentissage et l'expérience de jeu. Leur inefficacité, qu'elle soit pédagogique ou ludique, voire les deux, est attribuée à une intégration insuffisante de ces deux composantes. Dans un jeu qualifié de mal intégré, l'apprentissage n'est pas essentiel pour progresser dans le jeu et gagner le jeu. Une dissociation spatiale et temporelle entre le jeu et l'apprentissage peut être alors observée [SZILAS & SUTTER WIDMER 09].

[MALONE 81; MALONE & LEPPER 87] ont été parmi les premiers à tenter de définir les éléments du jeu par lesquels peut s'effectuer une intégration réussie du contenu d'apprentissage. Ils mettent en avant l'importance, pour la motivation des apprenants, d'un contenu pédagogique intégré dans un contexte fictionnel (« intrinsic fantasy ») et postulent que le niveau de motivation peut avoir un impact positif sur la manière d'apprendre et sur l'acquisition de nouvelles connaissances. [CORDOVA & LEPPER 96] montrent que non seulement la motivation mais aussi l'engagement dans la tâche et le gain d'apprentissage des apprenants sont significativement plus élevés dans un contexte fictionnel par rapport à un environnement décontextualisé. Pour d'autres auteurs [HABGOOD 07; SZILAS & SUTTER WIDMER 09], cependant, c'est avant tout au niveau de la mécanique du jeu, c'est-à-dire à travers les actions essentielles du jeu, que doit s'effectuer l'intégration d'un contenu d'apprentissage pour assurer un apprentissage plus efficace. Lorsque l'apprentissage est

présent dans les parties du jeu susceptibles d'induire un état de « flow1 » chez les joueurs-apprenants, un engagement plus fort dans le jeu et une connexion plus profonde avec le contenu d'apprentissage peuvent être escomptés [HABGOOD 07].

Néanmoins, plusieurs chercheurs [HABGOOD 07; EGENFELDT-NIELSEN 05; GEE 03] se sont également interrogés sur le risque que peut représenter pour un apprentissage réflexif un jeu dans lequel les éléments d'apprentissage ne sont pas détachés de l'expérience de jeu. La nature de certains types de jeux, les jeux d'action notamment, offrent insuffisamment de temps au processus de réflexion. Certains sujets peuvent jouer sans aucune réflexion sur le contenu d'apprentissage [KE 08] et un état de flow intense peut entraver la réflexion requise pour l'acquisition d'un savoir initial [HABGOOD 07]. Le développement des compétences métacognitives, qui sont essentielles pour un apprentissage efficace [BRANSFORD et al. 00], 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 train de s'effectuer, d'autant plus si ceux-ci sont fortement intégrés dans le jeu.

Il apparaît, par ailleurs, que si les joueurs n'ont pas conscience des éléments pédagogiques contenus dans le jeu, le transfert des connaissances, autrement dit la capacité d'appliquer dans un autre contexte ce qui a été appris dans un contexte particulier, risque de ne pas se produire. Pour éviter que l'apprentissage soit moins efficace dans un jeu fortement intégré, [EGENFELDT-NIELSEN 05] propose, si le jeu est utilisé en contexte scolaire, que l'enseignant intervienne à des moments-clés du jeu pour mettre en avant les contenus d'apprentissage que le joueur est en train d'explorer sans en avoir forcément conscience. Pour sa part, [KLAWE 98] suggère, dans une étude sur l'utilisation de jeux en mathématiques, que le manque de prise de conscience des concepts et structures mathématiques sous-jacents au jeu peut être déjoué à travers la conception même du jeu et par l'association du jeu avec d'autres modes d'apprentissage. Pour aider à l'abstraction des connaissances acquises à travers un jeu et en assurer in fine le transfert, les apprenants peuvent aussi être amenés à expliciter en cours de jeu leurs réponses correctes [CLARK & MAYER 08]. Une autre solution consiste à faire passer de brèves explications sous forme d'animations multimédia pendant le jeu, au bon moment et d'une durée optimale, pour aider les apprenants à construire des représentations mentales appropriées du contenu d'apprentissage [RIEBER et al. 04].

Des explications ou questions intervenant en cours de jeu, afin de contraindre les apprenants à la réflexion, risquent, néanmoins, de briser l'expérience du flow en interrompant les interactions du joueur avec le jeu et de sortir les apprenants de leur état d'immersion, entraînant potentiellement des effets négatifs sur la motivation de l'apprenant et sur ses performances. Par immersion, nous entendons, selon la définition de [CSIKSZENTMIHALYI 90], un engagement profond mais n'exigeant aucun effort, qui rend les joueurs moins conscients de leur environnement, et du temps qu'ils consacrent au jeu. Il est possible qu'un soutien pédagogique explicite, qu'il s'agisse d'un debriefing, d'un feedback informatif, d'explications théoriques, ajouté intentionnellement pour aider à la

[1] Rappelons que selon la théorie du flow de Czikszentmihalyi (1990), le flow se caractérise par un état psychologique et émotionnel où prédominent les sentiments de joie, d'accomplissement, de compétence.

réflexivité des apprenants, réduise le potentiel d'engagement des jeux. Peu d'études ou de théories ont exploré la question du délicat équilibre entre les caractéristiques d'un soutien pédagogique explicite et la capacité d'engagement et d'immersion des jeux vidéos [CLARK & MAYER 08; KE 08].

3. Conception d'un jeu pédagogique

3.1. Equationtown

Pour pouvoir tester les effets de l'immersion sur l'apprentissage, nous avons conçu et développé Equationtown, un jeu de construction virtuelle destiné à l'initiation à l'algèbre élémentaire et notamment à introduire la notion d'inconnue. Le but du jeu est de remettre en état les différentes parties de maisons endommagées suite à une tempête qui a ravagé la ville. Le joueur, qui incarne un ouvrier d'une entreprise de construction, est chargé de rénover les maisons abîmées. Son entreprise dispose d'un budget de Frs 45'000 pour l'achat des matériaux nécessaires à l'ensemble des réparations, somme suffisante s'il ne commet pas trop d'erreurs. Au total, il doit remettre en état cinq maisons tout en s'efforçant de ne pas passer en-dessous du seuil fatidique de zéro Un premier message d'alerte, l'invitant à limiter la casse, est transmis au joueur lorsque son budget atteint la somme de Frs 10'000.

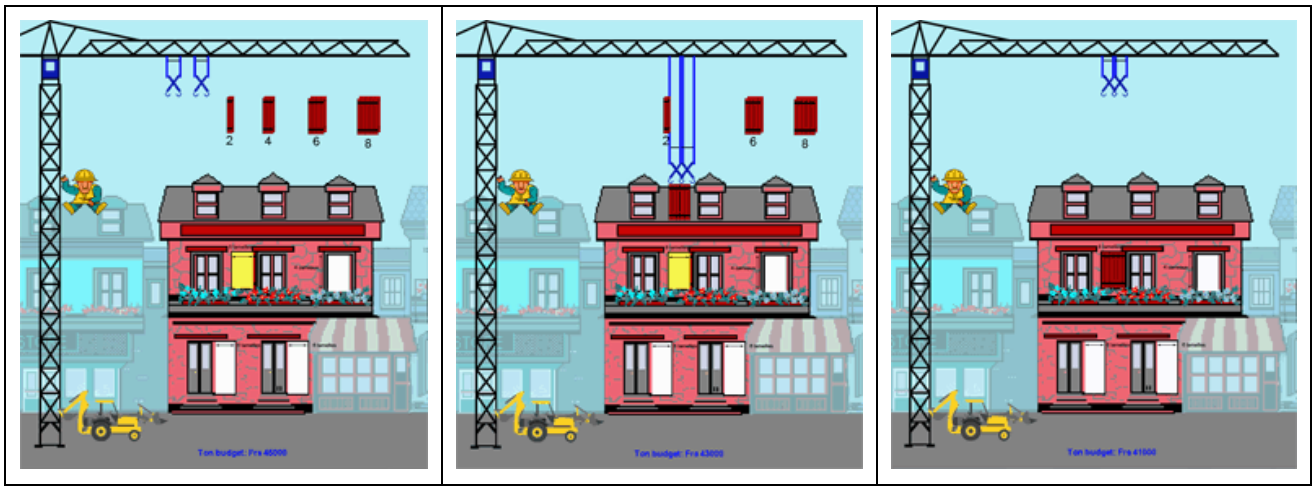

Figure 1. Reconstruction d'une maison

Pour chacune des parties d'une maison à remplacer (portes, tuiles, volets, etc.), le joueur doit choisir le nombre adéquat de pièces à utiliser. Par exemple, le joueur doit décider, en fonction de divers paramètres, combien de lamelles de volets sont nécessaires à la réparation des volets (cf. Figure 1). Il doit tenir compte du nombre de pièces requises pour la réparation (8 lamelles dans l'exemple), du nombre de grues à sa disposition ainsi que du nombre de crochets fixés sur la grue. Dans cet exemple, la bonne réponse équivaut à 4. Lorsque le joueur clique sur les 4 lamelles, elles vont se dédoubler, puisque les deux crochets vont chacun prendre un volet composé de 4 lamelles, pour les placer à l'endroit requis (signalé par un espace vide de couleur jaune). Le feed-back est immédiat et donné par

le milieu[2]. Il indique précisément si le choix effectué par le joueur permet d'effectuer la réparation ou si l'élément choisi est trop petit ou trop grand, auquel cas il va s'écraser sur le sol de la rue. Le feedback prend ici la forme d'une conséquence naturelle aux actions du joueur. Si le choix effectué par celui-ci s'avère incorrect, le joueur peut faire d'autres tentatives et ainsi tester d'autres hypothèses. Néanmoins, il est dissuadé de procéder par essai /erreur sachant que chaque nouvelle prise de matériau entraîne des frais supplémentaires et diminue son budget en conséquence, avec le risque de se trouver en fin de jeu avec un solde budgétaire négatif.

Le jeu comporte quatre niveaux distincts de difficulté, auquel il faut ajouter un niveau d'entraînement qui permet aux joueurs en début de jeu de se familiariser avec le jeu. Les différents niveaux ont une double fonction : ils permettent, d'une part, un apprentissage progressif en introduisant graduellement, à travers les problèmes proposés, les différentes composantes d'une équation (x, ax=b, ax+b=c) et ils constituent un facteur d'engagement et de motivation en maintenant un niveau de défi suffisamment élevé à travers tout le jeu.

Pour initier les apprenants à l'algèbre élémentaire, nous adoptons une démarche « bottom up ». Ceux-ci sont invités à manipuler d'abord des éléments, avant d'introduire progressivement des symboles numériques. Le jeu se veut fortement intégré : en effet, le contenu d'apprentissage est aussi bien intégré dans la mécanique du jeu (l'environnement fait « jouer » avec les éléments qui composent une équation) que dans la fiction (les crochets de la première grue sont en forme de X, ceux de la 2ème grue sont représentés sous la forme d'une autre lettre).

3.2 Vidéos explicatives

Pour amener les apprenants à réfléchir sur le contenu d'apprentissage et les aider à la conceptualisation, nous utilisons cinq vidéos explicatives qui abordent la formalisation des problèmes d'équations linéaires rencontrés dans le jeu. Chacune des animations reprend une des réparations effectuées dans les 4 derniers niveaux de jeu, et explique, à l'aide de commentaires audio et textuels, comment le problème résolu par l'apprenant à travers la manipulation d'objets peut s'écrire sous une forme algébrique.

L'animation attire d'abord l'attention sur les crochets et le nombre de grues en présence, avant de traduire le problème présenté en équation linéaire simple. A la fin de chaque séquence vidéo, la solution de l'équation est fournie à l'apprenant. La durée de diffusion de l'ensemble des vidéos est de 4 minutes tandis que le jeu dure entre 10 à 16 minutes.

Ces explications ont pour objectif de faciliter le passage du concret (manipulation des objets) à l'abstrait (équations linéaires simples), de décontextualiser l'apprentissage, et de faire prendre conscience aux apprenants des apprentissages effectués à travers le jeu. Elles sont une aide à la réflexion et devraient contribuer à un meilleur transfert des connaissances. Elles peuvent être assimilées à des explications que les élèves recevraient en classe de la part de leurs enseignants.

[2] Par « milieu », nous entendons, en référence à la théorie des situations issue de la didactique des mathématiques, « tout ce qui agit sur l'élève ou/et ce sur quoi l'élève agit » [BROUSSEAU 03].

4. Questions de recherche et hypothèses

A travers cette étude, nous cherchons à définir par une expérimentation quel est le moment le plus approprié pour amener des explications portant sur l'écriture algébrique, sous forme d'animations vidéo, dans le cadre d'un jeu mathématique. Nous avons testé deux versions de jeu. Dans l'une, les vidéos explicatives viennent juste après la fin du jeu à proprement parler, afin de préserver l'immersion du joueur; dans l'autre version le jeu est entrecoupé par les vidéos explicatives. Dans les deux cas, les vidéos sont les mêmes mais alors qu'elles sont présentées de manière regroupée, en continu, dans le premier cas, dans l'autre cas, les cinq vidéos sont diffusées séparément.

Dans la première situation, la motivation des joueurs et leur engagement dans le jeu sont préservées tout au long du jeu. Le flow de l'activité n'est pas interrompu. L'hypothèse que nous formulons, dans ce cas, est qu'un fort degré d'immersion aura pour conséquence une plus grande concentration des joueurs-apprenants, une plus grande connexion avec le jeu et son contenu d'apprentissage, et donnera envie aux joueurs de passer plus de temps sur le jeu. Le passage du concret à l'abstrait est soutenu par les vidéos explicatives qui viennent à la suite du jeu. Ces différents effets cumulés se traduisent, par hypothèse, par de meilleurs résultats au post-test que dans une version de jeu moins immersive.

Dans la deuxième situation, à différents moments du jeu, après avoir résolu un problème spécifique comme le remplacement de carreaux de fenêtres cassés, une explication est proposée à l'apprenant sur la formulation en termes algébriques du problème qu'il vient de résoudre. Dans cette hypothèse alternative, nous postulons qu'une explication proposée immédiatement après le problème auquel elle se rapporte permet à l'apprenant de faire plus facilement un lien entre son apprentissage et l'action qu'il vient d'entreprendre. Les explications ne sont ainsi pas déconnectées des manipulations qui viennent d'être effectuées. Il en résulterait une prise de conscience plus importante du contenu d'apprentissage en cours de jeu. Cette approche contribuerait au développement de stratégies de calcul qui pourraient être utiles à l'apprenant pour la résolution des problèmes qui lui restent à traiter dans la suite du jeu et faciliter le transfert des connaissances en mettant immédiatement en évidence les éléments communs entre le jeu et l'explication théorique. Il pourrait en résulter une performance plus élevée au post-test que dans une version de jeu plus immersive.

5. Méthodologie

5.1. Participants

Les participants étaient 29 élèves (16 filles et 13 garçons), âgés de 11 à 12 ans. Ils provenaient de différentes classes et écoles primaires du canton de Genève, en Suisse. La majorité des sujets (73%) résidait dans des zones où règne une mixité sociale, tandis que le reste était issu de quartiers plus homogènes et privilégiés du point de vue social. La participation à l'expérience était volontaire. Les enfants avaient été avertis que l'expérience portait sur un jeu en mathématiques, sans recevoir de précision sur le thème, et que ce jeu serait suivi et précédé d'un questionnaire.

6.1. Procédure

L'expérience s'est déroulée en individuel, sur une seule session pour chacun des élèves. Elle durait environ 45 minutes. Après avoir reçu des explications sur le déroulement de l'expérience et le contexte dans lequel celle-ci s'inscrivait, les sujets répondaient d'abord à un questionnaire auto-administré sur leurs usages en matière de jeux électroniques et pédagogiques, leur degré de facilité en mathématique et leur motivation à découvrir le jeu. Suivait un test en mathématiques, d'une durée limitée dans le temps, composé de cinq questions en arithmétique afin d'évaluer l'aisance des apprenants en mathématique, et de dix questions en algèbre élémentaire (par ex. : si $4x + 15 = 35$, que vaut x ?). Avant qu'ils ne se lancent dans le jeu à proprement parler, une phase d'entraînement était proposée aux élèves pour qu'ils saisissent la logique et le fonctionnement du jeu. La phase de jeu en tant que telle était destinée à leur apprendre à résoudre, par la manipulation d'éléments, des problèmes pouvant être formulés algébriquement. Par ailleurs, des vidéos explicatives, permettant le passage du concret à l'abstrait, étaient diffusées en cours ou en fin de jeu selon la version du jeu qui était testée. Enfin, une phase de test post-apprentissage venait conclure l'expérience. Elle comprenait un questionnaire auto-administré d'une vingtaine de questions dont l'objectif était de mesurer l'état d'engagement des élèves durant le jeu et leur degré d'immersion ainsi que deux tests en mathématiques construits sur le même principe que pour le pré-test : l'un portant sur des calculs en arithmétique, l'autre centré sur l'apprentissage ciblé. Les élèves étaient répartis aléatoirement dans un des deux groupes de telle sorte que l'âge et le sexe des participants ne diffèrent pas significativement d'un groupe à l'autre.

7. Résultats

7.1. Les effets du jeu sur le score au post-test

La version du jeu - immersif versus non immersif - a un effet significatif ($F(1,27)= 5.09$, $p <.05$) sur le score total au post-test mesuré sur la base des réponses données au test sur les équations linéaires simples. Les apprenants se situant dans la version de jeu immersive, qui relègue les vidéos explicatives en fin de jeu, obtiennent des scores supérieurs aux apprenants dont le jeu est entrecoupé par les explications animées. Les différences entre les deux groupes (cf. Tableau 1) sont importantes du point de vue des moyennes (2.7 points d'écart sur une échelle de 0 à 10 points), des médianes (2,5 points d'écart) et des écarts-types (1.5 points d'écart). Le d de Cohen confirme l'importance de l'effet ($d = .85$) en indiquant que plus de 50% des apprenants des deux groupes ont des scores qui ne se recoupent pas. Dans la version immersive, la distribution est très centrée autour de la médiane alors que dans la version moins immersive, l'indice de kurtosis est beaucoup plus faible indiquant une distribution plus plate, plus étendue. Il y a donc une plus grande variabilité dans les résultats de la deuxième condition par rapport à ceux de la première condition.

	moyenne	médiane	variance	écart-type	kurtosis	skewness
Jeu immersif	8.50	9.50	5.35	2.31	2.01	-1.72
Jeu non immersif	5.80	7.00	15.03	3.88	-1.46	-.53

Tableau 1. Résultats au post-test selon la version du jeu

Les deux distributions sont asymétriques mais la première distribution l'est cependant plus (S = -1.72) que la deuxième (S = .53). Compte-tenu de la forme non normale de la distribution, nous avons complété l'analyse de variance par une analyse non paramétrique (Mann-Whitney, U = 53.50 et Wilcoxon, W = 173.50 (z = -2.3, p <. 05)) qui confirme un effet significatif de la version du jeu sur le score total au post-test. Par ailleurs, nous avons également procédé à deux transformations de manière à symétriser les données en prenant la racine carrée et le logarithme naturel de l'inverse de la variable dépendante. Ces transformations augmentent la symétrie des données et donnent des résultats identiques à la variable initiale.

L'effet de la version du jeu sur le gain d'apprentissage, calculé en soustrayant du score total au post-test le score total au pré-test, est également significatif ($F(1,27) = 6.51$, $p < .05$). Les différences selon les conditions d'immersion sont importantes et plus marquées que pour la performance au post-test; la moyenne du gain d'apprentissage est de 7.8 points pour la version immersive contre 4.5 points pour la version non immersive tandis que pour la médiane, on obtient respectivement 9 points et 4 points selon la version considérée.

7.2. Immersion et support pédagogique

La version du jeu n'a aucun effet significatif sur l'état d'immersion ressenti par les apprenants. L'immersion, selon la définition que nous avons retenue, se traduit par une perte de la conscience de son environnement et une perception altérée du temps. Les quatre items retenus pour mesurer l'immersion sont analysés séparément car l'alpha de Cronbach calculé pour ces quatre items est trop faible pour pouvoir considérer qu'ils font partie d'une même échelle. Ni l'oubli du lieu dans lequel se trouvait le joueur ($F(1.27) = 1.24$, $p = .28$) ni l'absence de dissipation durant le jeu ($F(1.27) = .45$, $p = .51$) ni le sentiment d'être pris par le jeu ($F(1.27) = .25$, $p = .62$) ou que le temps avait passé très vite ($F(1.27) = 1.26$, $p = .27$) n'ont été évalués de manière significativement différente selon que l'apprenant testait la version immersive ou non immersive du jeu.

Quelle que soit la condition d'immersion, le degré d'immersion dans le jeu est relativement élevé (échelle de points allant de 1 à 4) pour trois des quatre items considérés. Le tableau 2 présente les moyennes et écart-types de ces différents items en fonction de la version de jeu.

	Version du jeu			
	immersive		non immersive	
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type
Dissipation	1.14	.53	1.27	.46
Oubli du lieu présent	1.93	1.10	1.53	.84
Rapidité du temps écoulé	3.57	.65	3.27	.80

Tableau 2. *Degré d'immersion des apprenants selon la version du jeu*

Pour finir, l'inclusion, dans un modèle de régression, de l'immersion comme variable de modération de la version du jeu ne fait pas diminuer significativement l'effet de ce dernier.

8. Discussion et conclusion

Les résultats de l'expérience montrent que les apprenants dont la séquence de jeu n'est pas interrompue et qui bénéficient de vidéos explicatives à la suite du jeu, obtiennent de meilleurs résultats au post-test sur les équations linéaires simples que les apprenants qui visionnent les vidéos en cours de jeu. Même constatation pour les gains d'apprentissage : ils sont supérieurs dans la condition dite immersive. L'expérience a donc mis en évidence un effet de la version du jeu. A quoi peut être dû cet effet ? Les résultats du questionnaire standardisé montrent que le sentiment d'être immergé dans le jeu a été ressenti de manière identique par les joueurs-apprenants dans les deux versions de jeu : il est élevé dans les deux cas. Les joueurs dont le flow de l'activité a été entravé par les explications ne se sont pas sentis moins immergés dans le jeu que ceux dont l'activité n'a pas été interrompue.

Notons cependant que selon nos observations directes des élèves lors de l'expérimentation, ces derniers semblaient plus attentifs aux explications théoriques lorsqu'elles étaient fournies une fois le jeu terminé. Dans la version moins immersive, les élèves étaient moins réceptifs aux explications et certains d'entre eux montraient leur impatience durant les phases explicatives par une tenue nerveuse de la souris ou à travers des grommellements. Il est possible que ces interruptions ressenties comme inopinées aient une influence plus négative sur le degré de concentration des participants durant les explications que sur leur engagement dans le jeu une fois qu'ils se replongent dans celui-ci. Étant donné que la formalisation des problèmes sous forme d'équations ne sert pas directement à l'avancement dans le jeu, les apprenants ne sont pas incités à écouter attentivement des explications qui surgissent à un moment où ils désirent avant tout jouer. Ils peuvent faire abstraction des explications sans que cela ait d'incidences négatives sur leurs constructions.

Il est également possible que le fait de diffuser d'une seule traite les vidéos explicatives leur assure une plus grande cohérence et donne une vision moins fragmentée et plus globale du contenu d'apprentissage. Leur position en fin de jeu est aussi plus proche de la phase consacrée au test sur les équations linéaires et leur mémorisation à court terme peut en être privilégiée. Néanmoins, cet effet ne nous semble pas déterminant dans la mesure où dans la version immersive la majorité des vidéos explicatives sont concentrées en deuxième partie de jeu, les deux dernières vidéos étant d'ailleurs diffusées dans le dernier niveau de jeu. Par ailleurs, le test d'algèbre est précédé d'un questionnaire auto-administré ainsi que du test d'arithmétique qui modèrent l'effet de la proximité temporelle des vidéos explicatives.

En conclusion, des interventions explicatives en milieu de jeu ne sont pas propices à la réflexion et à une prise de conscience de l'apprentissage en cours, d'autant plus si elles ne s'avèrent pas nécessaires au bon déroulement du jeu. Il semble donc préférable, dans certaines situations qui méritent d'être précisées par de futures recherches, de ne pas empiéter sur le temps de jeu par des phases d'explications.

Quelques suggestions peuvent être faites dans la perspective d'affiner et de confirmer les résultats obtenus dans le cas de cette recherche. Il vaudrait la peine de répliquer l'expérience à une plus large échelle et d'évaluer, selon la version de jeu testée, le degré de rétention à moyen terme des notions abordées. Il serait également intéressant d'évaluer dans quelle

mesure des explications intervenant entre les différents niveaux de jeux, une fois qu'un niveau de difficulté est achevé, pourraient être bénéfiques pour les apprenants.

Par ailleurs, reste ouverte la question de savoir précisément dans quelle mesure *Equationtown* sert à sensibiliser et à initier les apprenants à l'algèbre élémentaire, et comment l'engagement dans le jeu participe à améliorer les scores au post-test en comparaison avec une situation caractérisée par la seule diffusion des vidéos explicatives. Une prise en compte plus complète des aspects didactiques liés à l'initiation à l'algèbre linéaire devrait être recherchée pour améliorer la conception du jeu et assurer que la démarche suivie permette d'atteindre effectivement les objectifs d'apprentissage visés.

9. Bibliographie

[BRANSFORD et al. 00] Bransford, J., D., Brown A., L., Cocking, R., R., M., *How people learn : Brain, mind, experience and school*, National Academy Press, Washington, DC, 2000.

[BROUSSEAU 03] Brousseau, G., Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques, 2003.

[CSIKSZENTMIHALYI 90] Csikszentmihalyi, M., *Flow : the psychology of optimal experience*, Harperperennial, New York, 1990.

[CLARK & MAYER 08] Clark, R., C., Mayer, R., E., *E-Learning and the Science of Instruction : Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*, Pfeiffer, Second Edition, 2008.

[CORDOVA & LEPPER 96] Cordova, D., Lepper, M., «Intrinsic motivation and the process of learning : Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice », *Journal of Educational Psychology*, n°88(4), 1996, p. 715-730.

[EGENFELDT-NIELSEN 05] Egenfeldt-Nielsen S., Beyond Edutainment : Exploring the Educational Potential of Computer Games, Thèse de doctorat, IT-University Copenhagen. 2005.

[GEE 03] *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy,* Palgrave/Macmillan, New York, 2003.

[HABGOOD 05] Habgood, M. P. J., « Zombie Division : Intrinsic Integration in Digital Learning Games »*, Paper presented at the 2005 Human Centred Technology Workshop*, Brighton, UK, 2005, p. 45-48.

[HABGOOD et al. 05] Habgood, M. P. J., Ainsworth, S. E., Benford, S. (Draft), « Endogenous Fantasy and Learning in Digital Game », *Simulation and Gaming*, n° 36(4), 2005, p. 483-498.

[HABGOOD 07] Habgood, M. P. J., The Effective integration of digital games and learning content, Thèse de doctorat, Université de Nottingham, 2007.

[KE 08] Ke, F., « A case study of computer gaming for math : Engaged learning from gameplay ? », *Computers and Education*, n°51, 2008, p.1609–1620.

[KELLNER 00] Kellner C., La médiation par le cédérom « ludo-éducatif » : Approche communicationnelle, Thèse de doctorat en Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Metz école doctorale « Pratiques interculturelles : écrits, médias, espaces, sociétés » Centre de Recherche sur les Médias, 2000.

[KLAWE 98] Klawe, M., When Does The Use Of Computer Games And Other Interactive Multimedia Software Help Students Learn Mathematics, 1998 (Manuscript).

[MALONE 81] Malone, T. W., « Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction », *Cognitive Science*, n°5(4), 1981, p. 333-369.

[MALONE & LEPPER 87] Malone, T.W. , Lepper, M.R., Making learning fun : a taxonomy of intrinsic motivations for learning, RE Snow & MJ Farr (Eds) *Aptitude, Learning, and Instruction, III : Cognitive and Affective Process Analysis*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1987, p 223-253.

[RIEBER et al. 04] Rieber, L., P., Tzeng, S.-C., Tribble, K., «Discovery learning, reprensentations, and explanation within a computer-based simulation : Finding the right mix», *Learning and Instruction*, n°14, 2004, p. 307-323.

[SZILAS & SUTTER WIDMER 09] Szilas, N., Sutter Widmer, D. , « Mieux comprendre la notion d'intégration entre l'apprentissage et le jeu », *Ateliers Jeux, EIAH*, Le Mans, 2009.