

AVANTAGES ET DÉFIS DIDACTIQUES LIÉS À L'USAGE DE L'ENVIRONNEMENT VIRTUEL DE MINECRAFT EDUCATION POUR L'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

| THIBAUT* MATHIEU, MICHOT** SANDRINE, RIOUX*** STÉPHANIE, ROY**** MÉLANIE ET
PHILIBERT***** SHANIE

Résumé | Minecraft Education est un jeu sérieux ayant un potentiel pédagogique, mais peu d'études empiriques ont porté sur le potentiel didactique. Dans cette recherche collaborative, 8 enseignant·es et 6 conseiller·ères pédagogiques ont participé à des rencontres de travail. La collecte de données a été menée dans 10 classes d'élèves du primaire et du secondaire. L'analyse des entretiens individuels avec 12 enseignant·es et conseiller·ères pédagogiques a permis de faire ressortir des avantages et défis didactiques.

Mots-clés : Jeu sérieux, Minecraft Education, Affordance, Artefact numérique, Apprentissage des mathématiques

Abstract | Minecraft Education is a serious game with pedagogical potential, but few empirical studies have focused on its didactical potential. In this collaborative research, eight teachers and six educational consultants took part in working meetings. Data collection was carried out in 10 classes of primary and secondary school pupils. Analysis of individual interviews revealed didactic benefits and challenges.

Keywords: Serious game, Minecraft Education, Affordance, Digital artifact, Mathematics learning

I. MISE EN CONTEXTE

À notre époque, l'apprentissage par le jeu est répandu et il existe de nombreux environnements d'apprentissage technologiques. Des aspects de ces environnements peuvent être favorables (ou non) pour l'apprentissage et il convient donc de s'y pencher plus attentivement pour juger du potentiel d'apprentissage d'un jeu. Minecraft Education est un jeu vidéo en vogue (Kipnis, 2018) dans lequel les joueur·ses réalisent des constructions en utilisant librement divers blocs de construction cubiques. Ce jeu vidéo est de type « bac à sable », c'est-à-dire que la personne conceptrice du jeu n'a pas déterminé d'objectifs précis ou de ligne directrice stricte. Alors, la personne qui joue est libre d'accomplir les objectifs de son choix, ce qui favorise sa créativité et son imagination, puisqu'elle peut réaliser les scénarios de son choix et construire ses propres mondes à l'aide de blocs de construction. La Figure 1 donne un aperçu de l'environnement de Minecraft Education, où on peut construire (placer) et détruire (miner) des blocs cubiques et divers objets choisis dans l'inventaire.

* Université du Québec en Outaouais – Canada – mathieu.thibault@uqo.ca

** Université du Québec à Montréal – Canada – michot.sandrine@courrier.uqam.ca

*** RÉCIT MST, service national – Canada – stephanie.rioux@recit.qc.ca

**** Université du Québec en Outaouais – Canada – roym103@uqo.ca

***** Université du Québec en Outaouais – Canada – phis06@uqo.ca



Figure 1 – Aperçu de l'environnement de Minecraft Education

Quelques textes scientifiques ont permis de relever des avantages pédagogiques liés à l'utilisation de Minecraft Education en classe. Par exemple, il a été observé que ce jeu a un effet motivant chez les élèves (Andlauer et al., 2018 ; Bayliss, 2012 ; Kim et Park, 2018) et favorise la collaboration entre eux (Jensen et Hanghøj, 2020 ; Petrov, 2014), la créativité (Koroglu et Yildiz, 2021 ; Petrov, 2014) ainsi que le développement des compétences en technologie (Koroglu et Yildiz, 2021) et en communication (Petrov, 2014). L'utilisation de Minecraft Education permettrait aussi aux élèves de voir que des concepts mathématiques peuvent s'appliquer au quotidien et dans d'autres disciplines scolaires (Jensen et Hanghøj, 2020). Malgré ces constats, Minecraft Education comporte des limites et différents défis pédagogiques liés à son usage en classe. En effet, certaines personnes enseignantes sont réticentes à l'utiliser en classe puisque ce jeu demande certaines connaissances technologiques afin de l'intégrer dans leur enseignement (Petrov, 2014). Lorsque des élèves n'y ont jamais joué, ces novices peuvent se sentir désavantagés (Koroglu et Yildiz, 2021). Au contraire, pour les élèves qui ont l'habitude d'y jouer, la divergence du contexte scolaire et du contexte de jeu à la maison peut amener un désengagement de la tâche (Andlauer et al., 2018). Les avantages et défis pédagogiques ont donc été documentés dans quelques études et se rapportent à des éléments plutôt généraux sur la manière d'enseigner ou d'apprendre en classe, mais ne visent pas nécessairement l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

En ce qui a trait au potentiel didactique, il semblerait que Minecraft Education donne du sens à différents concepts mathématiques (Jensen et Hanghøj, 2020) notamment en géométrie et en algèbre (Kim et Park, 2018). Ce jeu peut aussi soutenir le développement d'habiletés spatiales (Koroglu et Yildiz, 2021) et la compréhension du sens des formules d'aire et de volume (Moore, 2018). Kim et Park (2018) mentionnent d'ailleurs que Minecraft Education peut être utilisé comme du matériel de manipulation virtuel qui soutient l'apprentissage des élèves. Néanmoins, les fonctionnalités du jeu limitent les concepts mathématiques qui peuvent être travaillés, en raison de la forme cubique des blocs et de leur taille (Koroglu et Yildiz, 2021).

Toutefois, peu d'études empiriques en langue française ont porté sur le potentiel didactique de Minecraft Education et encore moins en didactique des mathématiques. Ainsi, une étude plus approfondie est de mise afin de mieux cibler le potentiel didactique qu'offre ce jeu pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques. Précisons d'abord quelques concepts clés (jeux sérieux, avantage et défi didactique, affordance, artéfact et matériel de manipulation virtuel), avant de présenter nos choix méthodologiques et quelques résultats.

II. CADRE CONCEPTUEL : QUELQUES DÉFINITIONS DE CONCEPTS CLÉS

L'apprentissage par le jeu est central dans l'utilisation de Minecraft Education. De fait, il est considéré comme un *jeu sérieux* (*serious game*), c'est-à-dire une

application informatique, dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux (*serious*) tels, de manière non exhaustive et non exclusive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (*game*) [et] a donc pour but de s'écarter du simple divertissement (Alvarez, 2007, p. 249).

Ainsi, un jeu sérieux va bien au-delà du simple jeu, car il y a une intention d'apprentissage qui est au cœur de la situation et non pas seulement le plaisir de jouer. Selon cette définition, Minecraft Education peut être considéré comme un jeu sérieux.

Comme décrit précédemment, il aurait un potentiel didactique pour l'enseignement des mathématiques et, à cet effet, présenterait différents *avantages et défis didactiques*. D'un côté, en termes d'avantage didactique, le jeu sérieux peut influencer positivement (favorise / soutient / facilite / aide / optimise) l'apprentissage de concepts et processus mathématiques. D'un autre côté, son influence peut être plutôt négative (limite / restreint / nuit à cet apprentissage) et nous apparaît donc comme un défi didactique.

Afin d'étudier le potentiel didactique de cet environnement virtuel, nous avons recours au concept d'*affordance*, défini par Gibson (1977). Le terme *affordance* vient du verbe « to afford » qui a un double sens : être en mesure de faire quelque chose et offrir (qui est parfois traduit en termes de potentialité). L'*affordance* peut être définie selon des possibilités d'actions :

Les *affordances* sont les propriétés de l'environnement rendant possible une action à un individu en fonction des ressources dont il dispose. Le monde serait ainsi perçu en fonction des possibilités d'action suggérées par les objets de l'environnement. Par exemple, une chaise suggère à un individu de s'asseoir dessus, [mais] cette même chaise ne serait pas *affordante* pour un éléphant, car ses propriétés corporelles ne sont pas compatibles avec l'objet. (François, 2020, p. 49)

Le concept d'*affordance* permet donc de prendre des lunettes pour regarder nos données en termes d'avantages et de défis didactiques. En effet, dans le monde virtuel de Minecraft Education, le grand nombre d'objets virtuels (par exemple, divers matériaux de construction) ainsi que les commandes de base du jeu (placer et miner des blocs, se déplacer, etc.) offrent différentes possibilités d'actions chez les joueurs·ses. Ces objets, même virtuels, peuvent être considérés comme des *artefacts* au sens donné par Rabardel (1995). Nous introduisons alors les concepts d'*artefacts matériels et numériques*, afin de mieux saisir en quoi les objets virtuels sont des *artefacts*. Un *artefact matériel* est un objet réel fait de matière qui peut être manipulé, touché : il est tangible. On peut penser aux *artefacts* traditionnels tels les bouliers, les calculatrices, les instruments de géométrie, etc. Toutefois, le mot « *artefact* » doit être considéré plus largement : des *artefacts* non matériels tels les *artefacts* symboliques (ex. : la division euclidienne) ou les *artefacts* numériques existent. Selon Voltolini (2017), un *artefact numérique* permet de « re-matérialiser les objets mathématiques abstraits qui sont invisibles et virtuels » (p. 44). Minecraft Education est un environnement virtuel constitué de plusieurs *artefacts numériques*, dont l'*affordance* est par exemple de matérialiser le volume d'un prisme en le représentant à l'aide de blocs pour former ce solide. Par ailleurs, Voltolini (2017) considère que l'articulation des *artefacts matériels et numériques* est bénéfique pour l'apprentissage des élèves dans la mesure où l'*artefact numérique* enrichit l'*artefact matériel* et amène l'individu à utiliser de nouvelles stratégies de résolution.

Les *artefacts numériques* présents dans Minecraft Education peuvent être considérés comme du *matériel de manipulation virtuel*. De fait, il est défini comme une représentation visuelle interactive d'un objet dynamique, en ligne, qui offre des possibilités de construire des connaissances mathématiques (Moyer et al., 2002). Cette définition s'applique à Minecraft Education du fait qu'il est possible d'y représenter diverses constructions à l'aide de blocs de manière dynamique tout en travaillant des concepts mathématiques variés (représentation spatiale, volume, aire, périmètre, fractions, numération positionnelle, etc.).

De plus, les affordances obtenues pour la classe ne dépendent pas uniquement de l'outil ou de l'environnement en tant que tel, mais peuvent varier aussi selon l'exploitation qu'on en fait, du contexte éducatif et de la personne enseignante (Drijvers, 2003 cité dans Jeannotte et Corriveau, 2022). Ainsi, ce jeu sérieux peut être utilisé d'une manière qui n'avait pas nécessairement été envisagée par les personnes qui l'ont conçu et pourrait ainsi être employé afin de favoriser l'enseignement-apprentissage des mathématiques.

Dans un contexte d'accélération de l'intégration en classe des jeux sérieux, une prise de recul est nécessaire pour faire ressortir l'affordance de l'usage d'un tel jeu pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques. Nous avons donc ciblé cette question de recherche : Quels sont les avantages et les défis didactiques liés à l'usage de l'environnement virtuel de Minecraft Education pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques au primaire et au secondaire ?

III. CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES

Pour avancer sur cette question, une recherche collaborative a été menée au Québec, en s'appuyant sur les étapes de cosituation, de coopération et de coproduction (Bednarz, 2013). Prendre en compte les perspectives des praticien·nes afin de lier les mondes de la pratique et de la recherche est une avenue intéressante pour cerner les avantages et les défis didactiques de l'usage de Minecraft Education. En effet, ce maillage d'expertises complémentaires permet d'enrichir cette recherche et la présence des praticien·nes est même jugée primordiale en raison de leur expertise pratique et connaissances du milieu.

Cette recherche se décline en trois phases successives : *Démarrage*, *Action* et *Partage*. Lors de la phase de *Démarrage*, l'équipe de recherche s'est associée à des partenaires des milieux de pratiques, soit huit enseignant·es (six du primaire et deux du secondaire) et six personnes conseillères pédagogiques qui étaient familières avec l'usage de ce jeu en classe ou qui avaient un intérêt à recourir à cet environnement virtuel pour l'enseignement des mathématiques. À l'étape de cosituation, les préoccupations des chercheur·ses et partenaires ont été considérées dès la première rencontre, ce qui a permis d'affiner l'objet de recherche à explorer et de s'assurer d'une double pertinence sociale et scientifique. À l'étape de coopération, toutes ces personnes se sont rencontrées lors d'une journée et quatre demi-journées pour coconstruire dans Minecraft Education des tâches mobilisant plusieurs domaines mathématiques. Les tâches ont été coconstruites par le travail conjoint des partenaires et la rétroaction de l'équipe de recherche. Dans la phase d'*Action*, la collecte de données a été menée au printemps 2024 dans 10 classes regroupant 220 élèves allant de la 4^e année du primaire jusqu'à la 2^e année du secondaire (9-14 ans). Pour ce faire, les tâches coconstruites ont été mises à l'essai dans les classes respectives. Les chercheur·ses ont observé et questionné les enseignant·es et les élèves en classe, recueilli les productions des élèves et enregistré des discussions de groupes d'élèves. Peu après l'expérimentation en classe, des entretiens individuels semi-dirigés d'environ 30 minutes avec les huit enseignant·es et quatre conseiller·ères pédagogiques ont été menés, afin de recueillir respectivement leurs impressions par rapport aux tâches expérimentées et aux apprentissages effectués avec Minecraft Education. La phase de *Partage* est entamée par la diffusion de résultats (préliminaires pour l'instant) dans les milieux scientifiques et pratiques. D'ailleurs, dans une démarche de recherche collaborative, l'étape de coproduction vise à une double fécondité des résultats, c'est-à-dire produire des retombées pertinentes à la fois pour la communauté scientifique (par l'avancement des connaissances) et pour la communauté de pratique. Pour ce texte, ce sont les données découlant des entretiens qui ont été analysées.

IV. PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Une analyse thématique (Paillé et Mucchielli, 2016) des douze entretiens a permis de mettre en évidence des avantages et défis didactiques liés à l'usage de Minecraft Education pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques, dont certains sont présentés dans Thibault et al. (accepté). Pour ce texte faisant partie du GT8 concernant les technologies, nous avons choisi quelques avantages et défis didactiques liés à l'usage de l'environnement virtuel de Minecraft Education. Plus particulièrement, nous présentons deux avantages didactiques (liés au statut de l'erreur et à la manipulation) et deux défis didactiques (liés à la forme et la taille des blocs ainsi qu'aux traces), que nous discuterons brièvement au regard d'autres études.

1. *Avantage didactique #1 : le statut de l'erreur est modifié*

Lors des entretiens individuels semi-dirigés avec les huit enseignant·es et quatre conseiller·ères pédagogiques, la modification du statut de l'erreur dans l'environnement virtuel de Minecraft Education a été mentionnée à quelques reprises. En effet, Isabelle (pseudonyme) a dit :

« Je trouve que Minecraft c'est une belle façon [...] d'amener les élèves à faire des choix, à faire des essais, des erreurs, à faire des retours autres que sur une tâche papier. [...] Pour eux c'était plus facile de l'effacer [une erreur] dans Minecraft ».

Gabriel a aussi affirmé qu'il y est plus facile de corriger ses erreurs, ce qui favoriserait le rapport positif face à l'erreur et la prise de risque en mathématiques.

Ainsi, le statut de l'erreur semble différent sur Minecraft Education par rapport à des tâches papier-crayon, car il semblerait que les élèves soient plus enclins à prendre des risques dans l'environnement de ce jeu sérieux. Certes, une erreur de construction peut facilement être réparée, en construisant ou en détruisant des blocs, alors les élèves ne craignent pas de faire des erreurs et sont rapidement engagés dans la tâche proposée. Cela rejoint un résultat de Kim et Park (2018), où un participant mentionne qu'il est intéressant de pouvoir détruire et construire des blocs sans que ça fasse de dégâts en classe. Moore (2018) mentionne aussi que l'enseignant·e devrait laisser l'élève commettre des erreurs, afin d'apprendre de ces dernières. Au lieu de percevoir l'erreur comme quelque chose de nuisible à éviter, l'erreur peut alors y être considérée comme un levier d'apprentissage. Minecraft Education pourrait même avoir l'affordance de favoriser un changement de posture de l'enseignant·e, tel que suggéré par Thibault et al. (2022).

2. *Avantage didactique #2 : le matériel de manipulation virtuel soutient l'apprentissage*

Par ailleurs, ce jeu sérieux offre un espace de manipulation qui favorise l'apprentissage actif. En effet, huit des douze participant·es à l'entretien ont comparé la manipulation de blocs dans Minecraft Education à la manipulation d'objets tangibles. Pourtant, la manipulation est virtuelle et traite plutôt d'objets pseudo-concrets, au sens où ce sont des blocs virtuels. Le jeu sérieux semble ainsi avoir l'affordance de représenter et même de manipuler des objets mathématiques, même si les blocs ne peuvent pas être manipulés physiquement. Pour illustrer ces propos, Laurent a donné un exemple de la manipulation d'objets représentant des fractions, sur papier par rapport à la manipulation en trois dimensions dans le jeu : « Ça devient de la manipulation quand même, même si c'est de l'écran ou de la souris. Ça revient au même que de faire le geste de prendre mes [blocs] Lego ». Il est à noter que l'écran et la souris sont des artefacts tangibles que l'on peut toucher physiquement, ce qui n'est pas le cas des blocs virtuels. Comparativement à la manipulation de blocs Lego, cet enseignant précise d'ailleurs que la gestion du matériel est plus facile avec Minecraft Education puisqu'il n'y a aucune limite de matériel. Cet avantage du matériel virtuel a aussi été soulevé par Carl, qui apprécie d'avoir

accès à des matériaux variés, en grande quantité, sans contrainte d'espace. Marie a également relevé qu'il est possible de travailler avec une grande quantité de blocs contrairement à ce qui serait possible avec de (vrais) blocs tangibles :

« Avec le matériel, [...] si j'avais voulu travailler avec des blocs, à la grosseur qu'ils ont faite dans Minecraft, avec [l'ordre de grandeur des nombres] qu'on travaille en cinquième année, je n'y serais pas arrivé. Je n'ai pas assez de blocs pour cela. »

Alicia a elle aussi apprécié que les élèves puissent représenter les situations avec du matériel qui n'est habituellement pas disponible dans la classe : « Les élèves étaient engagés. Ils ont représenté avec du matériel qu'ils n'auraient peut-être pas nécessairement eu dans la classe ».

Quant à Gabriel, il a mentionné que la manipulation de blocs dans Minecraft Education permet aux élèves d'avoir un support visuel qui offre une meilleure compréhension du concept de fraction, à l'aide de blocs de différentes couleurs (ou transparence) : « Ça vient chercher une compréhension qui est différente, qui est visuelle. Pour les fractions, c'est facile, car ils manipulent. Au lieu d'être dans un côté un peu abstrait de la fraction, on vient chercher la pose de blocs qui les emmènent à bien comprendre ce que la fraction représente, surtout au niveau des fractions équivalentes et irréductibles, ça va vraiment aider et débloquer plusieurs élèves ». La Figure 2a illustre une représentation de la fraction $\frac{2}{3}$ à l'aide des blocs virtuels.

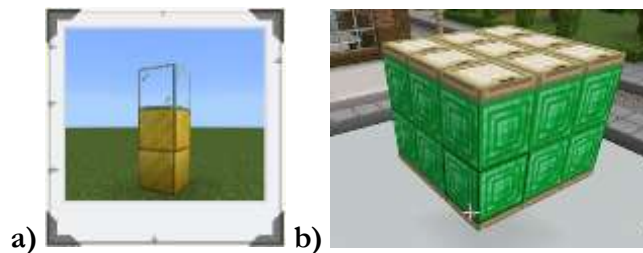


Figure 2 – Utilisation de Minecraft Education pour a) visualiser une fraction et b) représenter l'aire

Pour sa part, Patricia a évoqué que le jeu sérieux est utilisé pour manipuler et représenter différents concepts mathématiques, notamment l'aire (latérale et totale) d'un prisme comme dans la Figure 2b :

« Souvent il va y avoir la manipulation, il va y avoir les outils, les objets pour manipuler en classe. [...] De se représenter physiquement l'addition que l'élève doit faire, la soustraction, la fraction, l'aire, le volume, le périmètre, tout ça c'est extrêmement facile, selon moi, à faire en utilisant Minecraft. »

Il s'agit donc d'un avantage important, car ce jeu a le potentiel de travailler divers concepts mathématiques à l'étude en réduisant certaines contraintes logistiques et matérielles. Alors, il ne s'agit pas d'amener les élèves à travailler en surplus de ce qui est prévu par le programme de formation de l'école québécoise (MEQ, 2006a, 2006b). Il s'agit plutôt de travailler sur ces mêmes concepts, mais autrement, par l'affordance d'une manipulation de blocs virtuels. Il semblerait alors que le matériel de manipulation virtuel présente un avantage, notamment en favorisant le lien entre le matériel de manipulation tangible et les représentations abstraites des concepts mathématiques, tout comme l'ont aussi fait ressortir Özgün-Koca et Edwards (2011). Ceci dit, ce ne sont pas tous les concepts mathématiques qui peuvent être aisément travaillés à l'aide de Minecraft Education, ce qui nous amène à présenter des défis didactiques issus de l'analyse des entretiens.

3. Défi didactique #1 : la construction est limitée par la forme et la taille des blocs

Le premier défi didactique mentionné par onze des douze participant·es est lié à la forme et la taille des blocs dans Minecraft Education. En effet, les blocs sont cubiques et de taille unique (1 mètre cube) ce qui limite les possibilités de construction. Marie a mentionné que « c'est sûr que Minecraft est carré. Donc, tout ce qui est rond ou triangle, on est contraint un petit peu ». Patricia a aussi relevé la limite due à la forme des blocs et aux fonctionnalités, où on ne peut pas représenter précisément ce qui est circulaire : « on n'est pas capable de couper des blocs, on n'est pas capable de faire des rondeurs, des sphères ». De plus, selon Laurent on ne peut pas travailler les angles avec des cubes et que pour les prismes il n'y a pas de valeur ajoutée par rapport à du matériel de manipulation tangible :

« C'est sûr qu'en géométrie, tout ce qui est angulaire nous cause problème. Et [...] je ne suis pas convaincu de l'utilité en travaillant les solides, même si ce sont des prismes qui vont être réguliers [...]. Ce bout-là, j'ai de la [difficulté] à voir ma plus-value, versus prendre du matériel de manipulation ».

Noémie a elle aussi été déçue de ne pas pouvoir travailler plusieurs solides (pyramides, cylindres et boule) qui prennent pourtant une part importante de l'enseignement dans les programmes de formation au secondaire. Ainsi, en raison de la forme cubique des blocs et de leur taille, les fonctionnalités du jeu limitent les concepts mathématiques qui peuvent être travaillés, ce qui rejoint les constats de Koroglu et Yildiz (2021).

De son côté, Carl a précisé avoir essayé de construire d'autres prismes et solides avec les élèves. Un de ses élèves a tenté de construire une pyramide, mais « il a fallu casser le fait que, non, ce n'était pas une pyramide. Donc, ça ne respecte pas les caractéristiques d'une pyramide. [...] Donc, l'élève pourrait construire une mauvaise conceptualisation de la pyramide à ce moment-là ». Cet extrait fait ressortir qu'une représentation approximative peut renforcer une mauvaise conceptualisation de la pyramide, qui est plutôt ce qu'on appelle une pyramide à degrés. Cette construction pyramidale en forme d'escalier géant n'est pas lisse et n'a donc pas de vrais sommets (de la pyramide), comme on peut le voir dans la Figure 3 (malgré la tentative en arrière-plan d'utiliser des rails en diagonale pour rendre sa construction plus lisse). En raison de la limite de la forme et la taille des blocs, la représentation dans Minecraft Education pourrait ainsi engendrer des conceptions erronées dans certains cas.



Figure 3 – Utilisation limitée de Minecraft Education pour représenter approximativement une pyramide

4. Défi didactique #2 : l'artefact pour laisser des traces du raisonnement est limité

Un autre défi didactique mentionné par six des douze participant·es est lié aux traces. Par exemple, Marie a fait remarquer qu'il est difficile pour les élèves de laisser des traces écrites dans Minecraft Education. En effet, l'environnement n'a pas été conçu pour qu'on y note naturellement des traces, alors l'écriture n'est pas aussi abordable qu'on le souhaiterait. On peut y utiliser le *Livre et la plume*, qui est en fait un objet dans lequel le joueur peut écrire à l'aide du clavier. Il s'agit alors d'un artefact numérique qui a le potentiel de laisser des traces de son raisonnement. Il est à noter que ce sont les enseignant·es qui ont donné cette abordance au jeu, mais une telle utilisation (scolaire) du *Livre et la plume* peut faire perdre l'aspect du jeu sérieux et les fonctionnalités sont limitées : on ne peut pas écrire

d'exposant ou d'indice, les symboles mathématiques sont restreints, il est difficile d'effacer efficacement, etc.

Dans la Figure 4a, une production d'élève illustre la limite de l'écriture des indices (A_T), des exposants (c^2) et du symbole racine ($\sqrt{}$). D'ailleurs, cette production découle de la tâche associée, dont les consignes sont écrites dans un tableau de Minecraft Education (Figure 4b), lui aussi limité pour les symboles mathématiques (malgré une affordance de l'exposant).

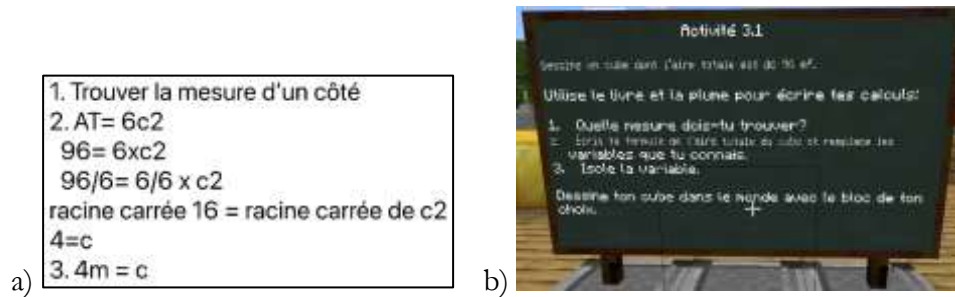


Figure 4 – Utilisation limitée de Minecraft Education a) pour laisser des traces écrites dans le Livre et la plume, puis b) pour donner des consignes dans une tâche

Rosalie a remarqué qu'il était difficile pour les élèves d'utiliser l'artefact numérique du *Livre et la plume* pour laisser des traces écrites afin de justifier leur raisonnement : « Je m'attendais peut-être à avoir de meilleures réponses dans le *Livre et la plume*. [...] Les élèves semblaient quand même perdus dans l'exploration du *Livre et la plume*. C'était difficile pour eux de mettre des mots sur les transformations ». Selon Noémie, cette gestion des traces est moins efficace que sur papier (tant du point de vue de l'enseignante que des élèves), notamment en ce qui concerne les enjeux pour les symboles mathématiques. Myriam a elle aussi expérimenté des difficultés lorsque ses élèves ont voulu laisser des traces de leurs calculs dans le *Livre et la plume*, en particulier pour les symboles mathématiques. Par exemple, puisque l'exposant deux ne s'écrit pas, elle avait peur que ça crée une erreur (faire une multiplication par deux au lieu d'élever au carré). De plus, puisqu'il n'est pas possible d'écrire dans le *Livre et la plume* et de voir le solide en même temps, les élèves devaient constamment fermer puis ouvrir le *Livre et la plume* pour observer le solide, puis répondre aux questions de la tâche. Enfin, pour recueillir des traces représentatives de l'apprentissage des élèves et les aider à structurer leurs constructions, Sophie a demandé aux élèves de faire un plan à l'échelle avant de faire leur construction. Ceci illustre qu'elle considère que les traces dans Minecraft Education ne sont pas aussi précises, efficaces et aidantes que sur papier, d'où la nécessité de prévoir des alternatives sur papier. Ces exemples divers font ressortir le manque d'affordance de Minecraft Education à pouvoir laisser des traces mathématiques complètes du raisonnement des élèves.

V. CONCLUSION

Notre analyse des entretiens individuels a fait ressortir deux avantages didactiques ainsi que deux défis didactiques. Il en découle de manière générale que Minecraft Education est un environnement favorable pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques.

De fait, un avantage didactique est que le statut de l'erreur est modifié par rapport à ce qu'on pourrait observer dans un environnement papier-crayon : les élèves sont engagés et plus enclins à prendre des risques, puisqu'ils peuvent facilement corriger leurs erreurs de construction. Aussi, les objets virtuels du jeu sérieux ont l'affordance d'être utilisés comme du matériel de manipulation virtuel par les élèves, ce qui pourrait les aider à représenter les concepts enseignés, sans qu'il y ait des désagréments liés à la gestion de matériel tangible.

Malgré cela, le défi didactique lié à la forme cubique et la taille des blocs restreint les constructions aux rectangles et prismes rectangulaires, ce qui rend l'enseignement de la géométrie plane et celle dans l'espace relativement pauvres. Enfin, l'artefact numérique du *Livre et la plume* (et du tableau) n'a pas l'affordance de recueillir des traces écrites représentatives de l'apprentissage et du raisonnement des élèves, car ces derniers ne peuvent y inscrire de symboles mathématiques et les fonctionnalités du jeu les empêchent de noter leurs réponses tout en construisant dans l'environnement virtuel.

Pour la suite du projet, la phase de *Partage* est à poursuivre dans la prochaine année, notamment par l'analyse des autres données (observations en classe, productions d'élèves et discussions de groupes avec des élèves). Cela nous permettra d'analyser nos données de manière complémentaire et de préciser nos résultats préliminaires, pour en apprendre davantage sur les avantages et les défis didactiques de l'usage de Minecraft Education pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques. Il nous semble important de révéler ces avantages et défis didactiques qui pourraient aider les enseignant·es à choisir si (et comment) l'affordance de cet environnement technologique peut soutenir (ou non) l'apprentissage en mathématiques, en cohérence avec les pistes soulevées par Hitt et al. (2012).

RÉFÉRENCES

- Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game, approches culturelle, pragmatique et formelle* [Thèse de doctorat, Université de Toulouse]. HAL theses. <https://hal.science/tel-01240683>
- Andlauer, L., Thiault, F. et Bolka-Tabary, L. (2018). Apprendre avec le jeu numérique Minecraft.edu dans un dispositif interdisciplinaire en collège. *Sciences du jeu*, (9), 1-15. <https://journals.openedition.org/sdj/1057>
- Bayliss, J. D. (2012). Teaching game AI through Minecraft mods. Dans *Actes de la 4^e conférence internationale Games Innovation Conference (IGIC2012)*, 7-9 septembre 2012, Rochester, USA (p. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGIC.2012.6329841>
- Bednarz, N. (2013). Regarder ensemble autrement : ancrage et développement des recherches collaboratives en éducation au Québec. Dans N. Bednarz (dir.), *Recherche collaborative et pratique enseignante : regarder ensemble autrement* (p. 13-29). L'Harmattan.
- François, C. (2020). *Intégration des interactions sensori-motrices et affectives dans le comportement d'achat* [Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes]. <https://theses.hal.science/tel-03167797>
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. Dans R. Shaw et J. Bransford (dir.), *Perceiving, acting, and knowing. Toward an ecological psychology* (p. 67-82). Lawrence Erlbaum Associates.
- Hitt, F., Cortés Zavala, C. et Rinfret, M. (2012). Utilisation des technologies dans la classe de mathématique au secondaire : des outils sous exploités. Dans J.-L. Dorier et S. Coutat (dir.), *Actes du colloque EMF2012 « Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21^e siècle »*, 3-7 février 2012, Université de Genève, Suisse (p. 849-862). <https://emf.unige.ch/colloques-invisible/actes-emf-2012>
- Jeannotte, D. et Corriveau, C. (2022). Manipulatives, affordance and the learning of fraction: The twelfth task. Dans A. E. Lischka, E. B. Dyer, R. S. Jones, J. N. Lovett, J. Strayer et S. Drown (dir.), *Proceedings of the 44th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 17-20 novembre 2022, Middle Tennessee State University. <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2044%202022%20Proceedings.pdf>

- Jensen, E. O. et Hanghøj, T. (2020). What's the math in Minecraft? A design-based study of students' perspectives and mathematical experiences across game and school domains. *Electronic Journal of e-LEARNING*, 18(3), 261-274. <https://www.researchgate.net/publication/343583766>
- Kim, Y. R. et Park, M. S. (2018). Creating a virtual world for mathematics. *Journal of Education and Training Studies*, 6(12), 172-183. https://digitalcommons.tamusa.edu/edci_faculty/3
- Kipnis, A. (2018). Communication through playful systems: Presenting scientific worlds the way a game might do. *Integrative and Comparative Biology*, 58(6), 1235-1246. <https://academic.oup.com/icb/article/58/6/1235/5056708>
- Köroğlu, M. N. et Yildiz, B. (2021). Design thinking in mathematics education: The Minecraft case. *Technology, Innovation and Special Education Research Journal*, 1(2), 150-179. <https://www.tiserjournal.com/wp-content/uploads/2022/01/Design-Thinking-in-Mathematics-Education-The-Minecraft-Case-3.pdf>
- Ministère de l'éducation du Québec [MEQ]. (2006a). Chapitre 6. Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie. Dans *Programme de formation de l'école québécoise : éducation préscolaire – Enseignement primaire*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/primaire/programmes/PFEQ-mathematique-primaire.pdf>
- Ministère de l'éducation du Québec [MEQ] (2006b). Chapitre 6 : Mathématique. Dans *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, premier cycle* (pp. 223–264). Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/programmes/PFEQ-mathematique-premier-cycle-secondaire.pdf>
- Moore, K. (2018). Minecraft comes to math class. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 23(6), 334–341. <https://www.jstor.org/stable/10.5951/mathteacmiddscho.23.6.0334>
- Moyer, P. S., Bolyard, J. J. et Spikell, M. A. (2002). What are virtual manipulatives? *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 372-377. <https://courses.edtechleaders.org/documents/elemmath/manipulatives.pdf>
- Özgün-Koca, S. et Edwards, T. (2011). Hands-on, minds-on or both? A discussion of the development of a mathematics activity by using virtual and physical Manipulatives. *Journal of Computers in Mathematics and Sciences Teaching*, 30(4), 389–402. <https://www.learntechlib.org/noaccess/34539/>
- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2016). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (4^e éd.). Armand Colin.
- Petrov, A. (2014). *Using Minecraft in education: A qualitative study on benefits and challenges of game-based education* [Mémoire de maîtrise, University of Toronto]. <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/67048>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin. <https://hal.science/hal-01017462/document>
- Thiault, F., Andlauer, L. et Bolka-Tabary, L. (2022). L'appropriation du jeu vidéo par les enseignants : les apports pédagogiques de l'usage de Minecraft. edu au collège. Dans Y. Rochat, S. Krichane et I. Pante (dir.), *Penser (avec) la culture vidéoludique*. PULG. <https://hal.science/hal-03705684/document>

- Thibault, M., Rioux, S., Michot, S., Roy, M. et Philibert, S. (2024, juin). Démarrage d'un projet portant sur les avantages et défis didactiques de Minecraft Education pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques [Communication]. Dans S. Dufour, N. Julien, R. Nolin, I. Oliveira et V. Robert (dir.), *Actes du Colloque du Groupe de didactique des mathématiques du Québec (GMD2024), 17-19 juin 2024, Sherbrooke, Canada* (p. 154-168). Université de Sherbrooke.
- Voltolini, A. (2017). *Duo d'artefacts numérique et matériel pour l'apprentissage de la géométrie au cycle 3* [Thèse de doctorat, Université de Lyon]. HAL theses. <https://theses.hal.science/tel-01585845>