


médiations & médiatisations

Revue internationale sur le numérique en éducation et communication

N° 15, 2023



**Regards sur les technologies
immersives en éducation
et en formation**



Perspectives on Immersive Technologies in Education and Training



Perspectivas sobre las tecnologías inmersivas en la educación y la formación

DIRECTRICE DE LA RÉDACTION

Cathia Papi, Université TÉLUQ, Canada

RÉDACTEUR ASSOCIÉ

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, Université TÉLUQ, Canada

RESPONSABLE DU NUMÉRO THÉMATIQUE

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, Université TÉLUQ, Canada
Patrick Plante, Université TÉLUQ, Canada
Caroline Brassard, Université TÉLUQ, Canada

RESPONSABLES DE RUBRIQUE

Synthèses de connaissances ou revues systématiques de la littérature :

Valéry Psyché, Université TÉLUQ, Canada
Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, Université TÉLUQ, Canada

Articles de recherche :

Cathia Papi, Université TÉLUQ, Canada

Synthèses de travaux d'étudiants :

Isabelle Savard, Université TÉLUQ, Canada

Articles de praticiens :

Serge Gérin-Lajoie, Université TÉLUQ, Canada

Discussions et débats :

Patrick Plante, Université TÉLUQ, Canada

Témoignages et entretiens :

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, Université TÉLUQ, Canada

Notes de lecture :

Marilyn Baillargeon, Université TÉLUQ, Canada

Coordonnateurs à l'édition :

Claude Breault, Université TÉLUQ, Canada
Claude Potvin, Université TÉLUQ, Canada

POUR CE NUMÉRO, MÉDIATIONS ET MÉDIATISATIONS REMERCE LES EXPERTS SUIVANTS POUR LEUR TRAVAIL D'ÉVALUATION DES ARTICLES SOUMIS :

Alcino Ferreira, Alexandre Lepage, Amélie Vallières,
Andréanne Gagné, Cathy Rolland, Cendrine Mercier,
Chantal Tremblay, Christine Marquis, Christophe
Luxembourger, Daniel Lemire, François Lewis, Gustavo
Adolfo Angulo Mendoza, Jocelyne Kiss, Julien Contamines,
Kevin Papin, Marie-Michèle Lemieux, Martha Lucia Orellana
Hernandez, Mathieu Bégin, Michel Lacasse, Patrick Plante,
Philippe Lépinard, Sophie Callies, Sébastien Kubicki,
Sébastien Wall-Lacelle, Thierry Gobert, Victoria I. Marín

DOI: <https://doi.org/10.52358/mm.vi15>



© Université TÉLUQ 2023
ISSN 2562-0630

Université TÉLUQ
455, rue du Parvis
Québec (Québec) G1K 9H6
Canada

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Armando Guillermo Antúnez Sánchez, Université de Granma, Cuba
Jacques Audran, INSA de Strasbourg, France
Mireille Bétrancourt, Université de Genève, Suisse
Pierre Beust, Université de Caen Normandie, France
Hélène Bourdeloie, Université Sorbonne Paris Cité, France
Brenda Cabral Vargas, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexique
Bernadette Chalier, Université de Fribourg, Suisse
Bernard Coulibaly, Université de Haute Alsace, France
Florian Dauphin, Université de Picardie Jules Vernes, France
Nancy Gagné, Université TÉLUQ, Canada
Viviane Glikman, France
Thierry Gobert, Université de Perpignan Via Domitia, France
France Henri, Université TÉLUQ, Canada
Anna Joan Casademont, Université TÉLUQ, Canada
Marcelo Maina, Universitat Oberta de Catalunya, Espagne
Martin Maltais, Université du Québec à Rimouski, Canada
Victoria I. Marín, Universitat de Lleida, Espagne
Florent Michelot, Université de Moncton, Canada
Najoua Mohib, Université de Strasbourg, France
Dominic Newbould, Royaume-Uni
Don Olcott, Jr, Consultant mondial en enseignement supérieur, Roumanie
Martha Lucia Orellana Hernandez, Universidad Autonoma de Bucaramanga, Colombie
Béatrice Pudelko, Université TÉLUQ, Canada
Hélène Pulker, Open University, Royaume-Uni
Margarida Romero, Université de Nice Sophia Antipolis, France
Yolanda Soler Pellicer, Université de Granma, Cuba
Alain Stockless, Université du Québec à Montréal, Canada
Gaëtan Temperman, Université de Mons, Belgique
John Traxler, University of Wolverhampton, Royaume-Uni
Béatrice Verquin Savarieau, Université de Rouen, France

CONCEPTION GRAPHIQUE DE LA COUVERTURE

Service des communications et des affaires publiques,
Université TÉLUQ, Canada

RÉVISION LINGUISTIQUE EN FRANÇAIS

Manouane Théberge, Université TÉLUQ, Canada

TRADUCTION ET RÉVISION EN ANGLAIS

Nancy Gagné, Université TÉLUQ, Canada

TRADUCTION ET RÉVISION EN ESPAGNOL

Anna Joan Casademont, Université TÉLUQ, Canada

Note : La revue laisse la liberté aux auteurs et autrices d'utiliser la rédaction inclusive ou non.

Éditorial

Regards sur les technologies immersives en éducation et en formation	3
---	---

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, Patrick Plante, Caroline Brassard

Synthèses de connaissances ou revues systématiques de la littérature

Usage des technologies immersives (réalité virtuelle, augmentée et vidéo 360) dans l'enseignement supérieur	11
--	----

François Lewis, Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, Caroline Brassard, Patrick Plante

L'utilisation de la vidéo 360° dans la formation professionnelle des enseignants : une synthèse des connaissances	33
--	----

Lionel Roche, Cathy Rolland, Ian Cunningham

Articles de recherche

Scenario pédagogique et artefacts numériques de réalité virtuelle pour étayer l'activité de jeunes autistes vers un habitat inclusif partagé	50
---	----

Cécile Lacote-Coquereau, Patrice Bourdon, Cendrine Mercier, Gaëlle Lefer-Sauvage

La réalité augmentée en classe au service des apprentissages des élèves	78
--	----

Cendrine Mercier, Iza Marfisi-Schottman, Mohamed Ez-zaouia, Delphine Deshayes

Un processus et des principes pour le développement de jeux sérieux en réalité virtuelle immersive	99
---	----

Christine Marquis, Bruno Poellhuber, Sébastien Wall-Lacelle, Normand Roy

La création de récits d'anticipation en réalité virtuelle pour le développement de la compétence numérique et de la compétence en littératie médiatique multimodale des élèves au secondaire	123
---	-----

Martin Lalonde, Karine Blanchette, Géraldine Wuyckens, Emma June Huebne, Barbara Meilleur

Synthèses de travaux d'étudiants

L'apprentissage immersif peut-il améliorer la compréhension de la théorie de l'évolution?	141
--	-----

Edith Potvin-Rosselet

Articles de praticiens

- Tour 360 et jeu d'évasion : réalité virtuelle dans Moodle** 160
Étienne Roy
- Utilisation de la vidéo 360 interactive pour la formation par simulation clinique en santé : potentiels, limites et enjeux dans le cadre de la formation en soins infirmiers** 175
Julien Marceaux, Jean-Christophe Servotte, Bruno Pilote
- Concevoir une formation en réalité virtuelle : présentation du processus d'élaboration d'un entraînement pour les techniciens de la Marine royale canadienne** 185
Julien Marceaux, Myriam Brunet-Gauthier
- Le design, le développement et l'évaluation d'une simulation de gestion de projet agile avec Minecraft Education : partage d'une approche innovante en enseignement supérieur** 197
Marie-Claude Petit, Thibaut Coulon, Simon Bourdeau

Discussions et débats

- Les technologies immersives en formation : révolution numérique stratégique ou dispositifs parmi d'autres?** 214
Danielle Bebey
- Technologies immersives et acquisition de compétences : une discussion** 221
Yann Verchier, Christelle Lison, Chloé Duvivier

Notes de lecture

- Conception et diffusion d'une expérience de formation immersive, une note de lecture de l'ouvrage de Benjamin Fuzet et Clément Cahagne** 230
Edgard-Casimir Lalo-Sayo

Regards sur les technologies immersives en éducation et en formation

Perspectives on Immersive Technologies in Education and Training

Perspectivas sobre las tecnologías inmersivas en educación y formación

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.375>

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, professeur
Université TÉLUQ, Canada
gustavoadolfo.angulomendoza@teluq.ca

Patrick Plante, professeur
Université TÉLUQ, Canada
patrick.plante@teluq.ca

Caroline Brassard, professeure
Université TÉLUQ, Canada
caroline.brassard@teluq.ca

RÉSUMÉ

Les technologies immersives sont de plus en plus utilisées dans l'enseignement de plusieurs domaines. Or, il est essentiel de considérer certains aspects liés à la dimension pédagogique tels que les stratégies de scénarisation et la mesure de leur efficacité. Ce numéro propose une diversité de travaux explorant l'utilisation des technologies immersives dans l'éducation et la formation. Ces technologies permettent de créer des environnements d'apprentissage captivants, favorisant la compréhension approfondie et améliorant la rétention des connaissances. Néanmoins, des défis subsistent, tels que l'accessibilité à l'équipement, la formation des enseignants, la sélection de contenus pertinents et les préoccupations éthiques et de sécurité. Les avancées technologiques offrent de nouvelles possibilités pour une interaction intuitive et une personnalisation des expériences d'apprentissage. Les 14 articles présentés dans ce numéro contribuent à la réflexion sur l'utilisation des technologies immersives en éducation et en formation, dans l'espoir de susciter de nouvelles idées et initiatives innovantes pour des formations enrichissantes.



Mots-clés : technologies immersives, réalité virtuelle, réalité augmentée, vidéo à 360 degrés

ABSTRACT

Immersive technologies are increasingly used in education in several fields. However, it is essential to consider certain aspects related to the pedagogical dimension, such as scripting strategies and measuring their effectiveness. This issue proposes a variety of works exploring the use of immersive technologies in education and training. These technologies can create captivating learning environments that promote deeper understanding and improve knowledge retention. Nevertheless, challenges remain, such as equipment accessibility, teacher training, selection of relevant content, and ethical and safety concerns. Technological advances offer new possibilities for intuitive interaction and personalization of learning experiences. The 14 articles presented in this issue contribute to thinking about the use of immersive technologies in education and training, hoping to spark new ideas and innovative initiatives for enriching training.

Keywords: immersive technologies, virtual reality, augmented reality, video 360°

RESUMEN

Las tecnologías inmersivas son cada vez más utilizadas en la educación en distintos ámbitos. Sin embargo, es esencial considerar ciertos aspectos relacionados con la dimensión pedagógica, como las estrategias de creación de secuencias y la medición de su eficacia. Este número propone diversos trabajos que exploran el uso de las tecnologías inmersivas en la educación y la formación. Estas tecnologías pueden utilizarse para crear entornos de aprendizaje envolventes que promuevan una comprensión más profunda y mejoren la retención de conocimientos. Sin embargo, todavía quedan retos por superar, como la accesibilidad de los equipos, la formación de los docentes, la selección de contenidos pertinentes y las consideraciones éticas y de seguridad. Los avances tecnológicos ofrecen nuevas posibilidades de interacción intuitiva y personalización de las experiencias de aprendizaje. Los catorce artículos presentados en este número contribuyen a la reflexión sobre el uso de las tecnologías inmersivas en educación y formación, con la esperanza de suscitar nuevas ideas e iniciativas innovadoras para formaciones enriquecedoras.

Palabras clave: tecnologías inmersivas, realidad virtual, realidad aumentada, vídeo de 360°



Introduction

Dans certains domaines de formation, les technologies immersives jouent déjà un rôle de premier plan, notamment dans l'enseignement des sciences de la santé (Zhao, Jiang et Ding, 2020). Alors que de nombreux efforts sont déployés pour développer les aspects techniques des logiciels et surmonter les obstacles entravant leur adoption à grande échelle, il est tout aussi crucial de prendre en compte d'autres aspects liés à l'apprentissage. Les stratégies de scénarisation pédagogique émergent comme des outils prometteurs pour une utilisation pertinente et efficace de ces technologies. De plus, les approches pédagogiques qui exploitent ces technologies offrent des opportunités d'apprentissage efficaces. Il est également essentiel de développer des méthodes permettant de mesurer leur efficacité pédagogique. En effet, la seule disponibilité de ces technologies ne garantit pas une utilisation pertinente et efficace du point de vue pédagogique. C'est dans cette optique que nous avons coordonné ce numéro spécial qui propose une diversité de travaux explorant l'utilisation des technologies immersives dans le domaine de l'éducation et de la formation. Ces contributions englobent différentes perspectives et approches, offrant ainsi une vision complète des possibilités offertes par ces technologies dans un contexte pédagogique.

Les technologies immersives regroupent des applications technologiques qui enrichissent l'expérience éducative et favorisent le développement des compétences, telles que la réalité virtuelle (RV), la réalité augmentée (RA), la réalité mixte (RM), la vidéo à 360 degrés et la téléprésence. La RV se réfère à des interfaces informatiques qui permettent aux utilisateurs de plonger dans un monde simulé, offrant une expérience sensorielle proche de la réalité physique, tout en leur permettant d'interagir avec les objets de cet environnement simulé (Parsons *et al.*, 2017). Selon Milgram et Kishino (1994), on peut envisager un continuum allant de la réalité pure à la virtualité pure. Les environnements situés entre ces deux extrémités sont regroupés sous la catégorie de la réalité mixte (RM). La RA, quant à elle, consiste à enrichir le monde réel avec des objets virtuels perceptibles grâce à des dispositifs optiques spéciaux (Strojny et Dużmańska-Misiarczyk, 2023), tandis que la vidéo à 360 degrés (aussi appelée « vidéo 360 ») est une forme de contenu vidéo immersive qui permet à l'observateur d'explorer une scène dans toutes les directions, en modifiant son point de vue à l'aide de dispositifs de RV ou en interagissant directement avec l'écran.

Ces technologies ouvrent de nouvelles perspectives pour créer des environnements d'apprentissage captivants et interactifs. En utilisant la RV, par exemple, les apprenants peuvent plonger dans des contextes d'apprentissage spécifiques, tels que des laboratoires ou des sites historiques, et ainsi vivre des expériences concrètes et immersives. La RA peut enrichir les expériences d'apprentissage en apportant des éléments visuels interactifs et des informations contextuelles complémentaires. La vidéo à 360 degrés permet aux apprenants d'explorer des environnements réels ou virtuels à leur rythme, renforçant ainsi leur engagement et leur motivation. Ces technologies ont le potentiel de stimuler l'intérêt des apprenants, de favoriser une compréhension approfondie des sujets étudiés et d'améliorer la rétention des connaissances grâce à des expériences qui laissent une empreinte durable dans la mémoire et qui ont un impact significatif. Les apprenants peuvent également bénéficier d'une expérience pratique dans des environnements sécurisés et contrôlés, où ils peuvent expérimenter et résoudre des problèmes réels sans prendre de risques.

Que ce soit pour permettre aux apprenants de mener des expériences de laboratoire interactives, d'observer des phénomènes complexes en manipulant des éléments virtuels, de revivre des événements historiques à travers des reconstitutions immersives, ou de participer à des simulations réalistes d'interventions chirurgicales ou des diagnostics médicaux, ces technologies ont le potentiel de transformer les processus d'apprentissage et d'ouvrir de nouvelles perspectives pour les apprenants. Des études préliminaires (par exemple Wall-Lacelle *et al.*, 2021) ont montré que dans l'enseignement des sciences naturelles, les technologies immersives facilitent



l'observation, l'interaction avec des objets virtuels et l'utilisation du matériel de laboratoire. Dans les sciences sociales, elles ont le potentiel de favoriser le développement de compétences professionnelles et offrent une expérience d'apprentissage authentique (Marceaux et Dion-Gauvin, 2021).

Néanmoins, l'utilisation des technologies immersives en éducation et en formation rencontre divers défis. L'accessibilité à l'équipement constitue un obstacle majeur, nécessitant des investissements financiers et des partenariats avec l'industrie pour assurer une disponibilité plus large. La formation des enseignants est essentielle; il est donc nécessaire d'offrir des programmes de développement professionnel pour acquérir les compétences nécessaires à une utilisation efficace. La sélection de contenus pertinents est également un défi, nécessitant des ressources pédagogiques spécifiques pour partager des exemples de bonnes pratiques. Enfin, l'éthique et la sécurité sont primordiales. Des politiques claires et des protocoles de protection des données sont nécessaires pour garantir la confidentialité des informations collectées.

Les avancées technologiques continues pourraient élargir les perspectives d'utilisation des technologies immersives dans l'apprentissage. Les développements dans la capture de mouvement, la reconnaissance des gestes et la perception haptique peuvent ouvrir de nouvelles possibilités pour interagir avec des environnements virtuels de manière plus intuitive et réaliste. Les progrès de l'intelligence artificielle (IA) permettraient de personnaliser davantage les expériences d'apprentissage en adaptant le contenu et les activités en fonction des besoins individuels des apprenants. Les technologies immersives pourraient également être intégrées à d'autres contextes de l'apprentissage, tels que la formation professionnelle, la formation en ligne et la simulation de situations réelles dans différents milieux de travail.

Nous sommes convaincus que ce numéro, comprenant une sélection de 14 articles, constituera une référence pour enrichir la réflexion sur l'utilisation des technologies immersives en éducation et en formation. Ces articles abordent une variété de sujets pertinents, allant des stratégies pédagogiques efficaces à l'intégration des technologies immersives dans des domaines spécifiques tels que la formation professionnelle des enseignants, la mécanique navale et la gestion de projets. Ils offrent des perspectives stimulantes, des comptes rendus de pratiques inspirantes et des analyses approfondies sur les avantages, les défis et les meilleures pratiques liés à l'incorporation de ces technologies dans les processus d'apprentissage. Nous espérons que la lecture de ces articles suscitera de nouvelles idées, des discussions constructives et des initiatives innovantes visant à exploiter pleinement le potentiel des technologies immersives pour offrir une éducation de qualité et une formation enrichissante.

Contenu du numéro

Ce numéro compte deux articles de revue de littérature, quatre articles de recherche, un article de synthèse de travaux d'étudiants, quatre articles de praticiens, deux articles de discussions et débats, et une note de lectures.

Articles de synthèse de connaissances ou revues systématiques de la littérature

En collaboration avec les coordinateurs de ce numéro thématique, François Lewis vous propose une revue de littérature qui explore l'utilisation des technologies immersives dans le contexte de l'enseignement universitaire. Il porte une attention particulière aux applications utilisant des casques autonomes ou des lunettes assistées de réalité augmentée. Dans cet article, il a identifié divers attributs liés aux applications virtuelles, en décrivant à la fois leurs avantages et leurs limites en termes d'apprentissage. Les résultats de son analyse sont présentés de manière synthétique dans cinq thèmes majeurs : la conception et l'intégration de la dimension pédagogique, les théories et concepts sous-jacents, les méthodologies d'évaluation ainsi que la motivation et la collaboration.



Dans leur analyse systématique de la littérature, Lionel Roche, Cathy Rolland et Ian Cunningham examinent l'intégration de la vidéo à 360 degrés dans la formation des enseignants. Leur analyse révèle quatre catégories majeures où cette technologie apporte des avantages significatifs. Tout d'abord, l'utilisation de la vidéo à 360 degrés favoriserait le développement de la réflexivité sur l'enseignement, incitant les enseignants à examiner de manière critique leurs pratiques pédagogiques. Ensuite, elle pourrait s'avérer bénéfique dans la préparation et l'accompagnement des stages, permettant aux futurs enseignants de s'immerger dans des scénarios d'enseignement réels. De plus, cette approche améliore la perception des enseignants en leur offrant une perspective immersive sur les interactions en classe. Enfin, la vidéo à 360 degrés renforce la connaissance des contenus d'enseignement en fournissant des exemples concrets de mise en pratique des concepts théoriques. Cette analyse offre une vision éclairante des avantages de l'intégration de la vidéo à 360 degrés dans la formation des enseignants, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses pour l'amélioration des pratiques pédagogiques.

Articles de recherche

La recherche menée par Cécile Lacôte-Coquereau, Patrice Bourdon, Cendrine Mercier et Gaëlle Lefers-Sauvage se concentre sur l'utilisation de la RV pour aider les jeunes autistes ayant des difficultés cognitives et de langage à développer leurs compétences. Les résultats montrent que la RV peut être bénéfique sur plusieurs plans. Tout d'abord, les jeunes participants sont de plus en plus engagés dans l'utilisation de la RV, ce qui est associé à une amélioration de leur capacité à pointer des objets. Cela est important pour leur apprentissage et leur attention. De plus, la RV stimule leur attention conjointe, leurs interactions avec les autres et leurs capacités de mouvement et de perception. Ces résultats suggèrent que la RV peut être une approche prometteuse pour aider les jeunes autistes à développer des compétences sociales et cognitives. Cependant, davantage de recherches sont nécessaires pour comprendre pleinement ces effets et les appliquer dans d'autres contextes éducatifs. Il est également important de tenir compte des besoins et des intérêts individuels des personnes autistes lors de l'utilisation de la RV.

Dans le cadre d'une étude exploratoire, Cendrine Mercier, Iza Marfisi-Schottman, Mohamed Ez-Zaouia et Delphine Deshayes examinent comment l'utilisation d'un outil de réalité augmentée en classe de maternelle peut influencer la pratique pédagogique de l'enseignante envers ses élèves. Les résultats mettent en évidence plusieurs points prometteurs, notamment le développement des compétences sociocognitives chez les élèves et leur engagement dans l'apprentissage. L'outil de réalité augmentée apparaît également bénéfique pour répondre aux besoins éducatifs spécifiques des élèves ayant des besoins particuliers. Pour l'enseignante, il représente un nouvel outil pédagogique qui enrichit sa pratique et lui offre de nouvelles possibilités. Cette recherche ouvre des perspectives intéressantes quant à l'intégration de la réalité augmentée dans les salles de classe de maternelle, tant du point de vue des élèves que des enseignants. Il est important de poursuivre les études pour mieux comprendre les effets à long terme de cette technologie et de son application dans d'autres contextes éducatifs.

Christine Marquis, Bruno Poellhuber, Sébastien Wall-Lacelle et Normand Roy ont développé plusieurs jeux sérieux en RV pour l'enseignement des sciences au niveau collégial. Le processus de développement s'est appuyé sur des modèles de conception pédagogique et de jeux sérieux, ainsi que sur une approche itérative. Les résultats préliminaires indiquent que l'expérience des jeux sérieux en RV favorise l'engagement des étudiants et leur apprentissage tout en s'amusant. Les jeux ont été conçus en tenant compte des besoins pédagogiques spécifiques des enseignants et des étudiants, et les retours qualitatifs sont cohérents avec ces



objectifs. Le processus de développement, basé sur une approche itérative et collaborative, s'est avéré essentiel pour assurer la qualité des jeux. Six principes clés ont émergé de cette expérience, fournissant des lignes directrices pour d'autres projets similaires en RV. Bien que ce projet soit une première expérimentation à petite échelle, il a permis aux auteurs d'envisager des phases ultérieures de perfectionnement des jeux existants en collaboration avec d'autres établissements et partenaires de l'industrie.

Martin Lalonde, Karine Blanchette, Géraldine Wuyckens, Emma June Huebner et Barbara Meilleur examinent l'utilisation de la RV dans l'éducation artistique. Les résultats préliminaires des deux premières phases de la recherche se concentrent sur les compétences numériques et les compétences en littératie médiatique multimodale des élèves. Les données indiquent que la création d'environnements immersifs en RV stimule chez les élèves des capacités liées à l'interaction entre différents modes de communication, mobilisant ainsi de manière unique les aspects techniques, sémiotiques et multimodaux de la littératie médiatique multimodale.

Article de synthèse de travaux d'étudiants

Sous la supervision d'Alain Stockless et Diane Leduc, Edith Potvin-Rosselet mène une recherche doctorale visant à améliorer l'apprentissage de la théorie de l'évolution au niveau postsecondaire en utilisant les principes de l'apprentissage actif et du changement conceptuel. Son article avance l'hypothèse que l'apprentissage immersif, rendu possible grâce aux technologies de réalité virtuelle, est une stratégie prometteuse pour engager les apprenants et favoriser un changement conceptuel conduisant à une meilleure compréhension de la théorie de l'évolution. La doctorante présente une recension d'écrits à partir de laquelle elle dégage les avantages et les limites de l'apprentissage immersif, offrant ainsi des orientations pour le développement d'une expérience éducative immersive.

Articles de praticiens

Étienne Roy partage l'expérience de l'équipe du RÉCITFAD dans le développement de deux plugiciels pour Moodle. Le premier, appelé Tour 360, simplifie la création d'activités immersives qui permettent de visiter virtuellement des environnements en utilisant un casque de réalité virtuelle ou un support traditionnel. Le deuxième *plugin*, nommé Jeu d'évasion, permet de proposer des défis adaptés aux intentions pédagogiques de l'enseignant, avec des niveaux de difficulté variés. En plus de présenter ces deux plugiciels, l'article aborde l'importance de créer des activités immersives dans l'apprentissage à distance et donne quelques exemples concrets.

Julien Marceaux nous offre une analyse détaillée de deux expériences d'utilisation des technologies immersives dans des contextes de formation. Dans son premier article, rédigé en collaboration avec Jean-Christophe Servotte et Bruno Pilote, les avantages, les limites et les enjeux d'une intégration pédagogique réussie des simulations interactives par vidéo à 360 degrés sont présentés. Cette étude se concentre sur un projet mené à la Faculté des sciences infirmières de l'Université Laval, dans le cadre du programme de deuxième cycle de formation des infirmiers praticiens spécialisés. Son deuxième article, cosigné avec Myriam Brunet-Gauthier, résume les étapes de conception pédagogique et technique de simulations virtuelles destinées à la formation des techniciens de la Marine royale canadienne (MRC).

Marie-Claude Petit, Thibaut Coulon et Simon Bourdeau présentent le processus de refonte d'un scénario pédagogique dans des cours universitaires. L'objectif était de transposer une simulation de gestion de projet agile dans un environnement numérique, en l'occurrence Minecraft Education Edition (MEE). L'article met en évidence la valeur ajoutée des approches d'ingénierie pédagogique ADDIE et SAM2 pour exploiter de manière



judicieuse cette application numérique. Il souligne également l'importance de permettre aux apprenants de se familiariser avec l'environnement de MEE avant de plonger dans cet univers virtuel, souvent méconnu. Les apprenants, dotés de connaissances et d'expériences préalables, manifestent plus de confiance dans leur capacité à accomplir les tâches d'apprentissage requises. Les auteurs proposent des recommandations issues des réflexions et de l'expérience acquise dans le cadre de ce projet.

Articles de débats et discussions

Danielle Bebey souligne la nécessité de complémentarité entre les dispositifs existants plutôt que de privilégier certains d'entre eux. Malgré les avantages des technologies immersives, leurs limites peuvent être compensées par des approches traditionnelles ou moins immersives. Bien que des doutes subsistent quant à leur efficacité et à leur pertinence, elles offrent des possibilités pédagogiques intéressantes. Il est essentiel de les considérer comme des outils parmi d'autres dans une approche pédagogique authentique et diversifiée. Les *podcasts*, favorisant la mémorisation par la répétition, et les jeux d'évasion éducatifs en classe, encourageant la collaboration et la réflexion critique, sont des dispositifs complémentaires pertinents. Le choix d'un dispositif doit être basé sur son efficacité et sa pertinence dans un contexte spécifique, tout en tenant compte du retour sur investissement pour toutes les parties prenantes. Ainsi, les technologies immersives numériques sont efficaces lorsqu'elles sont intégrées de manière cohérente dans une stratégie pédagogique définie.

Yann Verchier, Christelle Lison et Chloé Duvivier nous présentent une discussion sur les technologies immersives et l'acquisition de compétences. Les auteurs soulèvent des questions sur les objectifs pédagogiques lors de l'utilisation de ces outils et sur leurs éventuelles limites. Ces dernières années, les outils numériques ont permis de créer et de dispenser des formations dans un espace-temps différent. Cependant, les interfaces classiques de visioconférence montrent leurs limites lorsqu'il s'agit d'une interaction en face à face sur un écran. L'émergence des technologies immersives ouvre de nouvelles possibilités pour les dynamiques de formation et les interactions, favorisant ainsi l'acquisition de compétences essentielles pour le monde du travail. Étant donné la diversité des domaines d'utilisation de ces technologies, leurs différentes applications et les publics auxquels elles s'adressent, il existe des opportunités intéressantes à explorer.

Notes de lectures

Edgard-Casimir Lalo-Sayo propose une critique intéressante sur l'ouvrage *Conception et diffusion d'une expérience de formation immersive : intégrer la réalité virtuelle dans un module pédagogique* rédigé par Benjamin Fuzet et Clément Cahagne. Au-delà des débats habituels sur les avantages de la réalité virtuelle, cet ouvrage plonge les lecteurs dans les coulisses de la création d'une formation immersive, en nous accompagnant à travers ses pages pour nous fournir les clés nécessaires à la conception d'une expérience de formation immersive. La note de lecture parcourt les sections de l'ouvrage qui correspondent aux étapes de l'approche systémique du design pédagogique, mettant en avant les éléments essentiels de chaque partie et soulignant certaines lacunes. Cette critique offre ainsi un aperçu éclairant de l'ouvrage, pour les lecteurs souhaitant mieux comprendre les principes et les aspects pratiques de la conception d'une formation immersive.



Références

- Marceaux, J. et Dion-Gauvin, M-A. (2021, 10 novembre). *Intégration pédagogique des technologies immersives* [communication orale]. Webinaire La grande famille des technologies immersives dans la série Technologies immersives et compétences. Québec. <https://monurl.ca/diongauvinmarceaux>
- Milgram, P., et Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.102.4646>
- Parsons, T., Gaggioli, A., et Riva, G. (2017). Virtual Reality for Research in Social Neuroscience. *Brain Sciences*, 7(12), 42. <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci7040042>
- Strojny, P., et Dużmańska-Misiarczyk, N. (2023). Measuring the effectiveness of virtual training: A systematic review. *Computers & Education: X Reality*, 2, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2022.100006>
- Wall-Lacelle, S., Poellhuber, B., Marquis, C. et Roy, N. (2021, 19 novembre). *Scénarisation pédagogique de simulations en réalité virtuelle au postsecondaire : « bons coups, bad coups » de la première itération d'une recherche collaborative*. Actes du Colloque ROC 2021 : Solidarités numériques en éducation : une culture en émergence. Québec (pp. 13-16). https://colloquero.c.telug.ca/teluqDownload.php?file=2023/02/roc2021_actes-colloque.pdf
- Zhao, J., Xu, X., Jiang, H., et Ding, Y. (2020). The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Medical Education*, 20(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-1994-z>



Usage des technologies immersives (réalité virtuelle, augmentée et vidéo 360) dans l'enseignement supérieur

Use of Immersive Technologies (Virtual and Augmented Reality and 360 Video) in Higher Education

El uso de tecnologías inmersivas (realidad virtual, aumentada y vídeo 360°) en educación superior

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.330>

François Lewis, doctorant
Université TÉLUQ, Canada
lewis.francois@univ.teluq.ca

Gustavo Adolfo Angulo Mendoza, professeur
Université TÉLUQ, Canada
gustavo.adolfo.angulo.mendoza@teluq.ca

Caroline Brassard, professeure
Université TÉLUQ, Canada
caroline.brassard@univ.teluq.ca

Patrick Plante, professeur
Université TÉLUQ, Canada
patrick.plante@univ.teluq.ca

RÉSUMÉ

Les applications pédagogiques qui font usage des technologies immersives sont de plus en plus présentes dans les établissements d'enseignement supérieur. Nous croyons ainsi qu'il est pertinent de faire le point sur l'impact de ces technologies virtuelles sur le transfert de connaissances aux apprenants ainsi que sur les limites et les risques inhérents à leurs usages.



Cette revue de littérature a pour objectif de dresser l'état actuel des connaissances en technologies virtuelles modernes appliquées à l'éducation supérieure. Nous nous intéressons particulièrement à la réalité virtuelle (RV) et à la vidéo 360 qui font usage d'un casque autonome « head-mounted display » (HMD), ainsi qu'aux applications en réalité augmentée (RA) qui emploient des lunettes assistées comme périphérique. Les résultats permettront d'identifier les attributs et mécanismes reliés aux applications virtuelles, et de décrire leurs avantages et leurs limites pour l'apprentissage. Nous avons eu recours à la méthode EPPI (*Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating*), pour effectuer cette revue de littérature. Le sommaire des données recueillies est regroupé dans cinq thèmes : 1) conception et intégration de la dimension pédagogique; 2) théories et concepts; 3) méthodologies d'évaluation; 4) motivation et 5) collaboration.

Mots-clés : technologie immersive, réalité virtuelle, réalité augmentée, vidéo 360, enseignement supérieur

ABSTRACT

Educational applications using immersive technologies are increasingly present in higher education institutions. However, we believe that it is relevant to review the impact of virtual technologies on the transfer of knowledge to learners as well as the risks and limits inherent to their use. This literature review aims to provide an overview of the current knowledge of modern virtual technologies in higher education. Specifically, we focus on virtual reality (VR) and 360 video that use an autonomous head-mounted display (HMD), as well as augmented reality (AR) applications that use assisted glasses as peripherals. The results allow us to identify the attributes and mechanisms related to virtual applications and describe their advantages and limitations for learning. We used the EPPI (*Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating*) method for this literature review. The summary of the data collected is grouped into five themes: (1) design and integration of the pedagogical dimension; (2) theories and concepts; (3) evaluation methodologies; (4) motivation; and (5) collaboration.

Keywords: immersive technology, virtual reality, augmented reality, 360 video, higher education

RESUMEN

Las aplicaciones educativas que emplean tecnologías inmersivas están cada vez más presentes en las instituciones de educación superior. Sin embargo, creemos que es relevante hacer un balance del impacto de estas tecnologías virtuales en la transferencia de conocimiento a los estudiantes, así como de los riesgos y límites inherentes a su uso. Esta revisión de la literatura tiene como objetivo proporcionar una visión general del estado actual del conocimiento sobre las tecnologías virtuales modernas en educación superior. Estamos particularmente interesados en la realidad virtual (RV) y en el vídeo de 360°, que utilizan un casco HMD, así como las aplicaciones de realidad aumentada (RA), que usan gafas asistidas como periféricos. Los resultados nos han permitido identificar los atributos y mecanismos relacionados con las aplicaciones virtuales, así como sus ventajas y limitaciones para el aprendizaje. Utilizamos el método EPPI (*Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating*) para llevar a cabo esta revisión bibliográfica. El resumen de los datos recopilados



se agrupa en cinco temas: (1) diseño e integración de la dimensión pedagógica; (2) teorías y conceptos; (3) metodologías de evaluación; (4) motivación y (5) colaboración.

Palabras clave: tecnologías inmersivas, realidad virtual, realidad aumentada, vídeo de 360°, educación superior

Introduction

L'objectif de la recension des écrits est de faire le point sur la situation actuelle du domaine de connaissance des technologies immersives consacrées à l'enseignement supérieur, afin d'approfondir nos connaissances et d'apporter des éléments de réponse à notre réflexion. Pour circonscrire cette étude, nous avons ciblé les publications explorant les applications pédagogiques virtuelles immersives qui font usage comme périphérique informatique d'un casque autonome de type HMD ou de lunettes assistées.

Dans le but de simplifier la lecture de notre étude, nous commençons par spécifier l'objet de recherche en décrivant les particularités des technologies immersives analysées. Par la suite, nous définissons la terminologie utilisée. La méthode est présentée et les informations recueillies lors de la lecture des articles sont regroupées et présentées par thème, soit la conception et l'intégration de la dimension pédagogique, les théories et concepts, les méthodologies d'évaluation, la motivation et la collaboration.

L'étude présente par la suite un sommaire des avantages, des risques et des limites identifiés, ainsi qu'une critique des informations analysées. Finalement, nous terminons ce travail par la formulation de nouvelles questions de recherche et de commentaires de nature réflexive.

Problématique

Les technologies virtuelles modernes dites immersives sont de plus en plus présentes dans les établissements d'enseignement supérieur. Or, l'intégration de ces technologies dans les établissements fait face à de nombreux défis, notamment quant aux compétences technopédagogiques nécessaires au développement d'une application virtuelle originale et aux coûts élevés qui sont associés à l'acquisition et à l'implantation de ces technologies. Ces enjeux sont importants et représentent des obstacles pour engager les directions d'établissement à développer et à intégrer leurs propres applications informatiques, mais des initiatives d'intégration des technologies immersives sont de plus en plus présentes et documentées par la recherche.

Au départ, il est approprié de bien définir l'objet de recherche, puisque les technologies immersives se différencient sur plusieurs aspects. De plus, Radianti *et al.* (2020) mentionnent que les termes utilisés dans ce domaine ne sont pas consensuels.

Trois technologies immersives sont analysées dans cette étude : la réalité virtuelle (RV), la réalité augmentée (RA) et la vidéo 360. De plus, toutes les études sélectionnées tirent profit soit d'un casque autonome de type *head-mounted display* (HMD) utilisé dans les applications en RV et les vidéos 360, soit



de lunettes assistées pour les applications en RA. L'utilisation d'un casque en RV n'est pas nouvelle, toutefois elle est devenue fréquente depuis l'arrivée sur le marché des produits grand public plus légers et abordables, notamment les casques Oculus Rift, Oculus Quest ou encore HTC Vive pro. Ces casques modernes permettent la connexion Bluetooth à un téléphone intelligent ou à un ordinateur et offrent la liberté de mouvement pour les usagers. En revanche, les lunettes assistées en RA n'ont pas suivi la même trajectoire : elles demeurent dispendieuses et sont principalement destinées aux professionnels.

Les technologies observées ont des caractéristiques et des fonctionnalités différentes. Premièrement, Wang *et al.* (2018) font remarquer que la RV avec un casque HMD est la technologie la plus immersive, puisqu'elle se définit par un univers entièrement conçu avec des objets irréels et numériques qui déconnecte l'utilisateur du monde réel. Dans le même sens, Somrak *et al.* (2019) indiquent que la sensation d'immersion est de plus en plus accentuée par l'usage des casques HMD et des interfaces secondaires, notamment des gants, des vestes haptiques, des systèmes de suivi des yeux, etc.

Dans un univers créé en RA, on peut superposer des informations par l'entremise de lunettes assistées (Loh et Misselhorn, 2020). Gellweiler et Krishnamuthi (2020) ajoutent que la RA élargit la perception des usagers, mais est moins immersive que la RV. La RA est très exploitée dans plusieurs domaines d'enseignement, notamment par la médecine, l'archéologie, la muséologie, l'ingénierie et les sciences (Altinpulluk, 2019).

Quant à la vidéo 360 associée à un casque HMD, elle permet à une personne de s'immerger à l'intérieur d'une scène réelle ou artificielle. Cette technologie permet d'explorer, de manière interactive, des sites éloignés comme des musées ou des univers créés virtuellement, et même d'assister en temps réel à une opération chirurgicale, des commandes permettant de modifier la perspective d'observation.

Plusieurs auteurs (Aljohaney, 2019; Blair *et al.*, 2021; Issleib *et al.*, 2021) mentionnent les avantages que représentent les technologies virtuelles en éducation, notamment sur l'augmentation de la motivation et l'amélioration de la compréhension de concepts abstraits. En revanche, d'autres comme Rodríguez-Abad *et al.* (2021) et Sultan *et al.* (2019) sont critiques sur les avantages des technologies immersives. En outre, le manque d'études systématiques ne permet pas d'évaluer les effets de ces technologies sur l'efficacité du transfert de connaissances (Butti *et al.*, 2020).

Ainsi, nous croyons pertinent d'interroger plusieurs aspects de ce domaine de connaissances. Quels sont les attributs et les mécanismes reliés aux applications virtuelles? Comment et sur quelles bases se réalisent les recherches à ce sujet? Quels sont leurs avantages et leurs limites pour l'apprentissage?



Méthodologie de la revue de littérature

La méthodologie utilisée se divise en trois étapes. Premièrement, nous effectuons une analyse des documents selon le processus *Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating* (EPPI-Center, 2010)¹. Cette méthode systématique permet d'identifier et de représenter fidèlement les faits décrits dans les études retenues (tableau 1).

Par la suite, nous regroupons le sommaire des informations recueillies par thème : conception et intégration de la dimension pédagogique, théories et concepts, méthodologies d'évaluation, motivation et collaboration. Finalement, nous présentons un sommaire des avantages et des limites qui émergent quant à la conception et à l'usage des technologies immersives en enseignement supérieur.

Tableau 1

Étapes du processus de recension EPPI

1. Définir la question de recherche
2. Choisir les bases de données pertinentes
3. Choisir les descripteurs (*thesaurus terms*) pour chaque base de données
4. Définir les critères d'insertion
5. Effectuer la recherche systématique
6. Importer les résultats
7. Analyser sommairement et choisir les articles sélectionnés

Le déroulement de sélection des articles

Au départ, 29 bases de données, qui sont offertes dans l'outil de recherche Sofia, ont été choisies. Par la suite, les bases de données ont été interrogées avec les expressions de recherche suivantes :

[(Réalité virtuelle OU Virtual reality) ET (Higher education OU Enseignement supérieur)]

[(Réalité augmentée OU Augmented reality) ET (Higher education OU Enseignement supérieur)]

[(Vidéo 360 OU 360 video) ET (Higher education OU Enseignement supérieur)]

Les articles devaient avoir été publiés de 2018 à 2022 (puisque les premiers résultats des études qui font usage de casques HMD remontent à 2018) et être disponibles en langue anglaise ou française. Au total, 3409 publications sans doublon ont été identifiées (voir tableau 2).

¹ Récupéré du site EPPI-Centre : <https://eppi.ioe.ac.uk/cms/>



Tableau 2

Nombre d'articles répertoriés à partir des bases de données identifiées

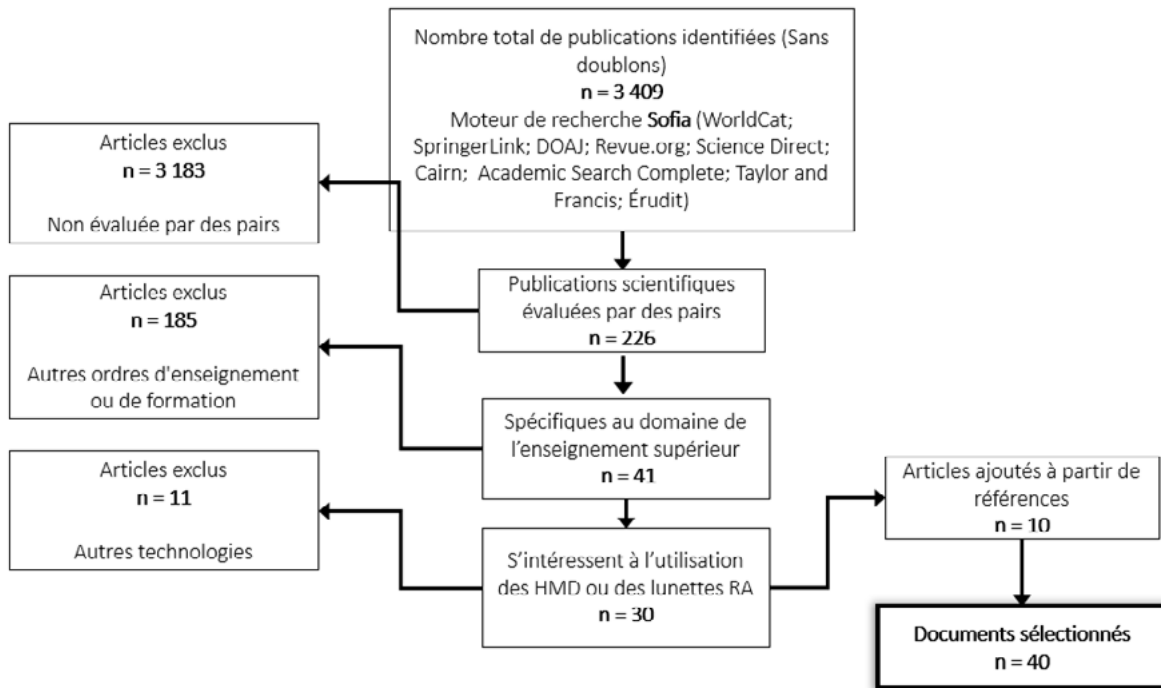
<i>Base de données</i>	<i>Nbre d'articles</i>
WorldCat.org	2266
SpringerLink	780
Directory of Open Access Journals	19
Revue.org	36
ScienceDirect	95
Cairn.info Magazines	48
Academic Search Complete	41
Taylor and Francis Journals	28
Érudit	96
	3409

Suivant le processus représenté dans la figure 1, le nombre total de 3409 articles a été restreint selon les critères d'exclusion indiqués. En premier lieu, nous limitons la recension aux publications scientifiques évaluées par des pairs, ce qui réduit le corpus à 226. Ensuite, nous ne retenons que les articles en contexte postsecondaire ainsi que ceux qui décrivent l'intégration de la dimension pédagogique. Pour ce critère, nous avons sélectionné les études à la lecture des titres et des résumés, réduisant ainsi le nombre d'articles à 41. Parmi ce nombre, nous avons sélectionné les articles analysant des expériences où était utilisé un casque autonome de type HMD ou des lunettes assistées, ce qui a réduit le nombre d'articles à 30. Nous annexons 10 articles liés aux théories du domaine et qui apportent une valeur ajoutée. Enfin, le nombre total d'articles sélectionnés se limite à 40.



Figure 1

Processus de sélection d'articles selon les critères d'exclusion



Notons que 28 % des articles retenus proviennent de deux pays : la Chine (6) et les États-Unis (5). Le reste se répartit comme suit : Europe (16), Moyen-Orient (4), Asie (4), Amérique (4) et Océanie (1) (voir tableau 3).

Tableau 3

Cartographie des études sélectionnées

Région	Occurrences
Amérique	9
Asie	10
Europe	16
Moyen-Orient	4
Océanie	1



Résultats

Lors de la sélection des études, nous nous sommes concentrés sur les articles qui apportent des éléments de réponse à la question de recherche, par l'identification et l'analyse des liens observés, dans le but d'établir les convergences et les divergences entre les auteurs. Nous nous sommes intéressés à ceux qui présentent les étapes de la conception et de l'intégration des composantes éducatives, ainsi que ceux qui décrivent la méthode que les auteurs ont employée pour évaluer la capacité de transfert des connaissances et d'acquisition de nouvelles compétences. Les assises théoriques et conceptuelles des recherches ont également été observées, de même que deux facteurs importants en éducation, soit la motivation et la collaboration. À cette fin, les données recueillies dans les articles sont regroupées dans les cinq thèmes mentionnés. Nous énumérons par la suite les limites et avantages inhérents aux applications.

Conception et intégration de la dimension pédagogique

Vingt-six (26/40) articles se penchent sur la conception et l'intégration de la dimension pédagogique dans des applications immersives. Les applications mentionnées sont diversifiées; on les retrouve dans les domaines médical, artistique, historique et archéologique, notamment pour effectuer des visites virtuelles de musées ou de sites anciens éloignés (Hodgson *et al.*, 2019). De même, les applications sont présentes en astronomie pour l'observation de l'infiniment grand et dans le domaine des sciences pures et appliquées, pour l'observation par exemple de phénomènes qui ne sont pas visibles à l'œil nu. Les chercheurs priorisent également les applications virtuelles pour la compréhension de sujets complexes et abstraits.

CONSIDÉRATIONS PÉDAGOGIQUES

Les concepteurs d'applications pédagogiques doivent mettre l'accent sur le transfert de connaissances et de compétences (Lewis *et al.*, 2021). Comme le font remarquer Radianti *et al.* (2020), les applications pédagogiques en RV sont rares et peu d'entre elles sont fondées sur des théories de l'apprentissage. Les applications sont plutôt concentrées sur des connaissances procédurales et la pratique de manipulations précises (Altinpulluk, 2019). Radianti *et al.* (2020) indiquent que les concepteurs doivent appliquer les principes efficaces pour l'apprentissage dans les applications immersives. Entre autres, un bon apprentissage exige que les apprenants soient actifs et pas seulement des destinataires passifs (Ke *et al.*, 2020). Dans ce contexte, ils seraient judicieux de concevoir un protocole et une procédure pour la conception des applications pédagogiques immersives (Radianti *et al.*, 2020). Chang *et al.* (2019) insistent sur l'importance d'un partenariat entre éducateurs et concepteurs d'apprentissage. La synergie est essentielle pour intégrer le matériel pédagogique dans une application immersive adaptée aux besoins des apprenants et qui maximise le transfert de connaissances. De plus, Hodgson *et al.* (2019) font remarquer qu'il est efficace de faire participer les apprenants lors de la conception de l'application, notamment pour valider l'ergonomie de l'interface.

La conduite d'un projet technopédagogique doit suivre une démarche de gestion de projet des plus rigoureuse. Il est essentiel de définir des objectifs pédagogiques et de tenir compte de la charge cognitive associée au média qu'on prévoit d'intégrer. Selon İbili (2019), la charge cognitive est un facteur essentiel à prendre en considération lors de la conception des applications immersives. Il faut éviter une charge cognitive élevée en planifiant les activités d'apprentissage de manière progressive. Par exemple,



l'application réalisée par Danny *et al.* (2018) pour l'apprentissage de la microchirurgie des cataractes est divisée en quatre modules avec différents niveaux de difficulté. Les modules sont fondés sur les connaissances nécessaires aux transferts de compétences et d'habiletés liées à la tâche. De plus, on peut intervenir au départ pour minimiser certains risques associés aux applications immersives. Leung et Hon (2019) indiquent qu'il est opportun lors de la conception de réduire les effets du « mal du transport » causé par des actions stimulées virtuellement, entre autres en familiarisant les usagers graduellement et par la réduction de la vitesse de rotation dans les mouvements.

DÉVELOPPEMENT ET LOGICIELS ASSOCIÉS

Un certain nombre d'articles présentent des systèmes auteurs qui permettent aux enseignants de développer des applications simplement. Par exemple, le programme de recherche de Chang *et al.* (2019) est fondé sur une plateforme qui permet aux enseignants de développer des applications virtuelles. La plateforme offre des outils innovants de création de contenu virtuel, de modules de formation et de collaboration pour les enseignants et les apprenants. Liangfu (2021), pour sa part, fait usage d'une plateforme pédagogique interactive pour la conception d'applications en RV. La plateforme conçoit des images et des animations vidéo de qualité à l'aide des moteurs 3ds Max et Unity.

Quelques chercheurs partagent en libre accès les produits de leurs recherches tels que l'application médicale sur la dissection humaine Dynamic Anatomy développée par Bogomolova *et al.* (2020). Ke *et al.* (2020) emploient la plateforme du serveur virtuel en libre accès Open Simulator pour développer leur application en formation pédagogique. Bonenberger *et al.* (2018) ajoutent qu'il est réalisable de développer une application avec la technologie WebBased, ce qui permettrait d'utiliser une multitude de systèmes d'exploitation, entre autres Windows, iOS et Android. L'objectif est d'économiser du temps lors de la conception d'une application pédagogique, en réutilisant les éléments structurants. Selon Bonenberger *et al.*, il est pertinent d'utiliser une plateforme Web Assembly, notamment le Web RTC qui est une interface de programmation JavaScript développée pour permettre la communication en temps réel en audio et/ou en vidéo, dans des pages Web.

Les technologies employées pour la conception d'applications immersives sont variées. Les logiciels les plus cités pour le développement des applications sont les moteurs de jeu Unity, Leap Motion et Vuforia. Toutefois, la maîtrise de ces logiciels demeure complexe et n'est pas à la portée de tous les enseignants. De plus, selon Maas et Hughes (2020), la conception d'une application immersive demeure dispendieuse.

RÉALITÉ VIRTUELLE

Trois études s'intéressent à des dispositifs exploitant un casque HMD Oculus Rift (Han *et al.*, 2021; Paszkiewicz *et al.*, 2021 et Xie *et al.*, 2019). Han *et al.* (2021) ont développé et évalué une application médicale en RV pour l'enseignement des examens neurologiques. Les chercheurs expliquent que l'application permet à l'enseignant de modifier les paramètres spécifiques au type d'atteinte neurologique, tels que la taille de la pupille, les mouvements oculaires ou une déficience auditive. Selon Han *et al.*, pour effectuer un examen neurologique sur un patient virtuel, les apprenants portent un casque HMD, sélectionnent un ordre verbal sur le côté gauche de l'écran, puis choisissent sur le côté droit de l'écran l'outil neurologique adéquat (Han *et al.*, 2021) (figure 2).



Figure 2

Interface des lunettes HMD pour l'application médicale



Note. Han *et al.* (2021, figure 1). Sous licence CC-BY 4.0.

L'application de Paszkiewicz *et al.* (2021) simule une procédure pour éteindre un incendie dans une usine, figure 3 (Paszkiewicz *et al.*, 2021). La tâche la plus complexe est de sélectionner l'extincteur approprié parmi trois classes d'extincteurs. Paszkiewicz *et al.* indiquent qu'au départ une formation à l'utilisation de la RV a été réalisée. La formation consistait à apprendre les principes de mouvement dans l'univers virtuel et le fonctionnement du contrôleur. Par la suite, chacun des participants devait effectuer successivement l'ensemble des exercices, c'est-à-dire arrêter la machine, localiser et sélectionner l'extincteur approprié, l'atteindre, le sortir de la boîte et éteindre le feu, sans changer les étapes et sans l'intervention d'un instructeur.

Xie *et al.* (2019) ont conçu une application en RV, comme un jeu vidéo en 3D. L'application simule la procédure pour l'entretien des turbines de moteur d'avion. Xie *et al.* précisent que le mouvement des mains est reproduit avec l'aide du logiciel Leap Motion. Les auteurs mentionnent que l'unité pédagogique se compose de trois éléments : une introduction au domaine, un tutoriel théorique sur les différents éléments qui composent une turbine, et finalement un module pour démonter et assembler les éléments de l'engin. Les exercices de chaque module sont fondés sur les manuels d'entretien des manufacturiers.



Figure 3

Interface pour le choix d'un extincteur



Note. Source : Paszkiewicz *et al.* (2021, figure 3). Sous licence CC-BY 4.0.

RÉALITÉ AUGMENTÉE

Selon Rodríguez-Abad *et al.* (2021), les logiciels les plus utilisés pour développer les applications en RA sont le moteur de jeu Unity associé à Vuforia. Les périphériques d'interface les plus utilisés sont les lunettes assistées HoloLens de Microsoft. On retrouve cette combinaison technologique dans les articles de Loh et Misselhorn (2020), de Tang *et al.* (2020) et de Wang *et al.* (2018).

L'étude de Loh et Misselhorn (2020) fait des expériences qui portent sur la conduction thermique des métaux. À l'aide des informations qui sont superposées à travers les lentilles des lunettes HoloLens, l'apprenant peut reconnaître le moment du transfert de chaleur. Les lunettes HoloLens modifient la couleur sur la tige de métal lorsque la chaleur requise est atteinte. L'affichage des lunettes assistées est transparent, les objets virtuels ne sont que superposés électroniquement aux éléments réels. Cela signifie qu'il n'y a aucun problème de traitement dans l'affichage du monde physique, car aucune caméra n'est nécessaire.

La recherche de Tang *et al.* (2020) évalue l'efficacité de la RA pour l'apprentissage de la conception industrielle selon la créativité des apprenants dans un cours de design. Tang *et al.* ajoutent que les lunettes HoloLens permettent de superposer du contenu numérique ou des modèles de construction autodéveloppés avec un environnement réel tel qu'un mur, une table ou d'autres objets. Wang *et al.* (2018) présentent des études de cas sur la conception d'application pédagogique qui font usage de la RA, notamment dans un cours de robotique et un cours en ingénierie.



L'étude de Ille *et al.* (2021) emploie la représentation d'un cerveau réel en 3D d'un patient qui a subi une microchirurgie. Le logiciel en RA utilise des lunettes Google pour faire apparaître l'image du cerveau et des données essentielles pour effectuer un diagnostic.

APPROCHE MIXTE

Plusieurs articles mentionnent une combinaison de logiciels et de périphériques. Par exemple, l'application de Nijman *et al.* (2019) permet aux personnes souffrant de troubles psychotiques de pratiquer la reconnaissance des émotions faciales en mode virtuel. Nijman *et al.* indiquent que l'univers de l'application est immersif et s'affiche dans un casque HMD Oculus Rift. Les participants explorent et interagissent avec l'environnement virtuel à l'aide d'une manette de commande. Chang *et al.* (2019) décrivent une application conçue avec le moteur de jeu Unity qui représente un système terrestre en 3D pour l'apprentissage des sciences de la terre. Cette application permet à l'apprenant de modifier certains paramètres avec une télécommande sans fil et d'observer l'environnement. Chen *et al.* (2020) utilisent plutôt le moteur de jeu Unreal Engine associé au casque HMD, dans une application médicale qui consiste à évaluer l'efficacité pédagogique d'un modèle de crâne en RV par rapport au modèle d'enseignement traditionnel utilisant un crâne de cadavre humain. Chen *et al.* ajoutent que la dimension pédagogique de l'application est fondée sur la numérisation en 3D de squelettes humains qui sont utilisés dans des facultés de médecine.

Dans l'article de Katz *et al.* (2020), l'application utilise un casque Samsung RV intégré au logiciel de réalité mixte de Windows. L'étude de Katz *et al.* examine l'utilité d'un système entièrement immersif basé sur la RV pour augmenter les compétences d'une formation avancée en réanimation cardiaque, et le compare avec la méthode de la simulation haute-fidélité traditionnelle (HFS). Katz *et al.* indiquent que le module a été conçu selon la méthode de simulation traditionnelle. Le participant, dans le rôle de chef d'équipe, prend soin d'un patient en situation critique dans une salle de radiologie. L'application en RV utilise des commandes vocales et offre l'opportunité de déléguer des tâches à une équipe virtuelle. L'application en VR était financièrement rentable, puisqu'elle permet de faciliter l'évaluation de l'apprentissage; cependant, la méthode HFS était supérieure pour livrer la rétroaction aux participants.

L'application de l'étude de Du *et al.* (2020) a été conçue comme un casse-tête avec le logiciel Autodesk 3ds Max et le moteur de jeu Unity. Les apprenants devaient identifier et reconstruire 25 muscles et 25 os du corps humain à l'aide d'un casque HMD HTC Vive, de 2 contrôleurs et de 2 émetteurs laser infrarouges.

La recherche de Saredakis *et al.* (2020) fait usage d'une vidéo 360 en RV avec YouTube VR pour la lecture et un casque HMD Oculus Go. Les auteurs ont mené une entrevue avec des questions spécifiques à la mémoire des individus, avant de développer une application fondée sur les lignes directrices de la thérapie de la réminiscence.

ASPECT FINANCIER

Les coûts reliés au développement d'une application virtuelle et à l'acquisition de matériel jouent un rôle de premier ordre. Comme le fait remarquer Liangfu (2021), il est faisable de créer une plateforme d'enseignement interactive simple en utilisant un casque HMD (entrée de gamme) connecté à un téléphone intelligent. Dans la recherche de Garcia *et al.* (2021), les participants se sont servis d'un casque HMD Pico G2 4K, à prix abordable et d'utilisation facile. L'application de Garcia *et al.* est fondée sur un programme médical de compétences en matière de soulagement de la douleur pour la lombalgie chronique. Le programme introduit, entre autres, des stratégies de contrôle de la douleur comme l'entraînement de la respiration, la relaxation et la pleine conscience.



En revanche, Chang *et al.* (2019) utilisent un kit de développement logiciel (SDK) pour concevoir et développer des logiciels en RA. Selon Chang *et al.*, un SDK se compose de tous les éléments nécessaires à la réalisation des applications, notamment les effets visuels et auditifs, et les objets en 3D qui se superposent à la réalité. Plusieurs SDK sont vendus sur le marché, dont Google Scale, Leap Motion, DayDream et Vuforia (Chang *et al.*, 2019).

Blair *et al.* (2021) font remarquer qu'il est possible avec des équipements peu dispendieux de réaliser une application vidéo 360 en 3D. Les auteurs mentionnent qu'il ne faut qu'une caméra 360 et un casque HMD. En revanche, comme l'indique Blair *et al.*, il n'est pas possible de faire des montages sophistiqués, et l'application demeure plus passive qu'une application en RV ou en RA. Entre autres, Blair a constaté que les apprenants avaient une expérience utilisateur moins intéressante lorsqu'ils utilisaient un casque de qualité moyenne comme le Samsung 360. Les apprenants ressentaient plus de symptômes de cybermalaise qu'avec un casque Oculus.

Or, Blair *et al.* (2021) indiquent que pour faire des vidéos 360 en 3D interactives, les coûts des équipements nécessaires à la conception sont élevés. Les auteurs indiquent que le système Odyssey GoPro VR, combiné avec l'application Jump de Google, permet de réaliser des vidéos 360 en 3D de qualité. Toutefois, Blair *et al.* font remarquer qu'il en coûte environ 15 000 dollars américains pour se procurer l'équipement nécessaire.

Théories et concepts

Nous présentons ici les théories et les concepts sur lesquels les auteurs s'appuient pour concevoir leurs applications.

Blair *et al.* (2021) mentionnent plusieurs théories, notamment la « Multimedia Cone of Abstraction » (MCoA) qui est fondé sur la « Cone of Experience » (CoE). La CoE est une hiérarchie d'expériences d'apprentissage allant de la participation directe à l'expression symbolique abstraite. L'objectif du MCoA est d'aider les concepteurs pédagogiques à sélectionner la technologie la mieux adaptée au contexte d'apprentissage. Blair *et al.* présentent également le modèle motivationnel « Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction » (ARCS) développé par Keller (2000). Selon ce modèle, il faut développer un environnement d'apprentissage adapté et motivant pour les apprenants, qui peut les mettre en confiance et qui offre du soutien à l'apprentissage. L'article de Blair *et al.* s'appuie aussi sur la théorie de l'adaptation à la communication, qui est fondée sur l'idée que les personnes adaptent leur communication selon leur interlocuteur.

L'étude de Butti *et al.* (2020) de même que celle de Nijman *et al.* (2019) sont fondées sur la théorie de l'esprit et de la reconnaissance des états affectifs. La théorie de l'esprit correspond à la capacité de décoder ses propres sentiments et ceux des autres personnes. En revanche, la reconnaissance des états affectifs est la capacité de reconnaître les émotions à partir des expressions faciales. Des applications permettent l'observation des relations entre les personnages virtuels et l'évaluation des états mentaux par la reconnaissance des émotions faciales.

L'article de Radianti *et al.* (2020) traite de l'immersion et de la présence qui sont des concepts connus dans le domaine éducationnel. Selon Radianti *et al.*, l'immersion est un état psychologique où l'apprenant n'est plus relié à la réalité tandis que la présence est observée lorsque l'utilisateur se croit dans un monde différent de sa propre réalité. Lewis *et al.* (2021) se penchent sur la théorie immersive du « flow » qui explique l'importance pour l'apprenant d'éprouver du plaisir lors de son apprentissage (Csikszentmihalyi, 1990).



İbili (2019) mentionne l'importance de tenir compte de la théorie de la charge cognitive qui est basée sur l'architecture cognitive humaine. Selon cette théorie, les activités d'enseignement jouent un rôle important dans l'augmentation de la capacité de la mémoire de travail. La mémoire de travail sert à mémoriser un nombre restreint d'informations, que nous manipulons et conservons pendant une courte durée, le temps d'effectuer un travail de réflexion et de raisonnement.

Selon Wang *et al.* (2018), la RA favorise la construction des connaissances par l'apprenant. L'apprenant est conscient de ce qui se passe dans son esprit et utilise ses facultés cognitives à partir de ses connaissances actuelles, particulièrement lors d'apprentissages par la découverte ou la résolution de problèmes.

Méthodologie d'évaluation

Cette section présente les méthodologies d'évaluation que les chercheurs ont appliquées pour évaluer l'efficacité des technologies immersives en enseignement. La technique d'évaluation la plus citée est la méthode empirique.

Un certain nombre d'études (12) ont adopté une méthodologie expérimentale, en divisant les participants dans 2 groupes (contrôle et expérimental). Le test de Mann-Whitney a été adopté pour comparer les groupes, avec une valeur p de $<0,05$ considérée comme statistiquement significative. Voici une brève description des études :

- Butti *et al.* (2020) valident l'efficacité de leur application en RV sur des personnes qui présentent des troubles cérébelleux. On évalue leurs capacités motrices et leurs habiletés sociales;
- l'étude de Chen *et al.* (2020) mesure l'efficacité de la rétention des connaissances sur l'anatomie humaine. Les auteurs ont comparé les résultats sur trois groupes d'apprenants : un premier utilise l'application en RV, un deuxième apprend sur des cadavres et finalement un groupe suit une formation traditionnelle;
- la recherche de Danny *et al.* (2018) évalue la perception des apprenants en ophtalmologie qui utilisent ou non une simulation en RV pour retirer des cataractes;
- l'application virtuelle de Du *et al.* (2020) consiste à identifier et à reconstruire 25 muscles et 25 os du corps humain. Les auteurs ont comparé les résultats de trois groupes : le premier a suivi une formation traditionnelle, le deuxième a utilisé l'application RV de manière individuelle, tandis que le troisième a utilisé l'application en RV multi-usagers;
- l'étude de Garcia *et al.* (2021) mesure l'efficacité d'une application en RV avec une dimension sérieuse comparativement à une application en RV consacrée à la détente. L'expérimentation consiste à s'autoadministrer à domicile durant huit semaines un programme médical en RV spécialisé sur les stratégies sur le soulagement de la douleur. Cette étude est fondée sur le jugement des participants : chaque patient évalue le niveau de la douleur qu'il ressent;



- Han *et al.* (2021) ont effectué une étude prospective, randomisée, en simple aveugle. Le groupe contrôle a évalué des patients standards (acteurs professionnels) qui se plaignaient de vertige lors d'un examen neurologique, tandis que le groupe expérimental a utilisé une application en RV. Les apprenants ont utilisé une description verbale, des photographies et des vidéos avant de produire un diagnostic;
- Issleib *et al.* (2021) comparent une formation en réanimation cardiorespiratoire (RCP) conventionnelle avec une formation en RV. L'évaluation se fait par un test simulé sur un mannequin. On évalue les techniques utilisées et le temps nécessaire pour appliquer la procédure. L'étude mesure également la perception des apprenants sur leur gain d'apprentissage;
- Nijman *et al.* (2019) évaluent les effets de la RV sur l'intégration sociale de personnes atteintes d'un trouble psychotique. Le groupe contrôle utilise une application en RV (VrRelax) fondée sur un programme de relaxation, tandis que le groupe expérimental a recours à l'application RV (DiSCoVR) basée sur la théorie de l'esprit. L'évaluation se fait à partir de tests psychologiques élaborés pour l'inférence sociale, la performance sociale et le degré d'invalidité sociale;
- l'expérimentation de Rahm *et al.* (2018) consiste à effectuer des tâches d'arthroscopie du genou et de l'épaule sur un simulateur d'arthroscopie du genou et de l'épaule en réalité virtuelle. Les auteurs ont évalué les données métriques du simulateur à l'aide d'un score z et de l'évaluation des compétences en chirurgie arthroscopique avec l'outil (ASSET);
- l'étude de Saredakis *et al.* (2020) vise à évaluer si la RV peut être utilisée pour fournir une thérapie pour la mémoire et examiner l'intérêt des participants souffrant d'apathie. Saredakis *et al.* indiquent qu'ils ont mesuré la pathologie à l'aide de l'échelle d'évaluation de l'apathie, mesuré la fluidité verbale qui représente l'amélioration de l'apathie et fait des entretiens pour recueillir les commentaires des participants. Au départ, l'état cognitif a été obtenu à partir des dossiers actuels des résidences pour personnes âgées;
- la recherche de Sultan *et al.* (2019) consiste à évaluer les habiletés des étudiants en médecine à communiquer avec les patients et à collaborer avec les autres membres de l'équipe médicale. Les auteurs ont comparé un groupe expérimental qui a utilisé une application vidéo 360 en 3D et un groupe contrôle qui a suivi une formation par conférence interactive;
- Tang *et al.* (2020) ont comparé les résultats des apprenants qui ont suivi une formation en design industriel traditionnelle par rapport aux apprenants qui l'ont suivi en RA. Trois critères ont été évalués : les capacités en visualisation de modèles, l'analyse géométrique et la créativité.

On utilise également des questionnaires à la fin de l'expérimentation (Butti *et al.*, 2020; Chang *et al.*, 2019; Ke *et al.*, 2020; Saredakis *et al.*, 2020; Somrak *et al.*, 2019) ainsi que des sondages au début et à la fin de l'expérimentation (Garcia *et al.*, 2021; Issleib *et al.*, 2021; Ke *et al.*, 2020; Radianti *et al.*, 2020).



La motivation

La motivation est un facteur essentiel en éducation et l'un des aspects les plus mentionnés dans les écrits; nous avons répertorié 19 (19/40) articles qui se penchent sur ce sujet.

Blair *et al.* (2021) font remarquer que la motivation des usagers est le principal avantage des technologies virtuelles. Les technologies immersives améliorent la persévérance des apprenants en augmentant leur motivation et leur attention (Blair *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2020; Ibili, 2019; Maas et Hughes, 2020; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021; Xie *et al.*, 2019). De plus, Ille *et al.* (2021) indiquent que les participants aiment leur expérience et croient que la technologie est utile pour l'apprentissage et la collaboration. Sans oublier que les technologies immersives améliorent la confiance et le sentiment de réussite (Issleib *et al.*, 2021).

Les jeunes apprenants réagissent positivement aux nouvelles technologies, puisqu'ils interagissent avec des informations numériques depuis un jeune âge (Altinpulluk, 2019; Danny *et al.*, 2018; Du *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2021; Sultan *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2018). De plus, comme le font remarquer Radianti *et al.* (2020) et Loh et Misselhorn (2020), un des avantages de la RV est la possibilité d'intégrer des interactions ludiques pour bonifier l'expérience utilisateur et augmenter la motivation. Loh et Misselhorn (2020) ajoutent que la RA améliore la motivation des apprenants en les impliquant lors de l'apprentissage à l'exploration, et favorise la pensée créative.

La collaboration

Nous avons répertorié huit (8/40) articles qui se penchent sur la collaboration.

Selon Du *et al.* (2020), les apprenants qui ont utilisé une application en RV multi-usagers ont ressenti plus de stress, principalement à cause de l'esprit de compétition. En revanche, Du *et al.* font remarquer que les applications multi-usagers favorisent les échanges et améliorent le potentiel d'apprentissage. Ille *et al.* (2021) ajoutent que les différents intervenants, professeurs, apprenants et spécialistes ont la possibilité de partager leur point de vue et leur expérience pour arriver à un diagnostic médical. La RA permet également aux apprenants de collaborer pour résoudre des problèmes complexes (Altinpulluk, 2019).

La RV augmente la capacité de communiquer et de collaborer avec des personnes dans des endroits éloignés (Gellweiler et Krishnamuthi, 2020; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2018). Or, Chang *et al.* (2019) font remarquer qu'une plateforme en ligne permet aux enseignants et aux apprenants de partager leurs expériences.

Les avantages

La majorité des auteurs des articles mentionnent que les technologies virtuelles offrent des avantages intéressants pour l'éducation supérieure. Comme le font remarquer Paszkiewicz *et al.* (2021), le potentiel des technologies virtuelles dans le processus éducatif est réel.



Nous avons recueilli les avantages mentionnés dans 34 (34/40) articles. Nous les avons regroupés et les présentons selon le plus grand nombre cité. Les technologies virtuelles :

- sont efficaces pour le transfert de nouvelles connaissances et l'apprentissage de nouvelles compétences (Alismail *et al.*, 2019; Bogomolova *et al.*, 2020; Danny *et al.*, 2018; Du *et al.*, 2020; Han *et al.*, 2021; Issleib *et al.*, 2021; Ke *et al.*, 2020; Loh et Misselhorn, 2020; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Rahm *et al.*, 2018; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021; Sultan *et al.*, 2019; Tang *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2018);
- réduisent les coûts liés à la formation, notamment dans les laboratoires de sciences pures et appliquées, dans le domaine médical et lors de visite de sites éloignés (Chang *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2020; Hodgson *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2021; Ille *et al.*, 2021; Katz *et al.*, 2020; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Rahm *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2018; Xie *et al.*, 2019);
- permettent aux apprenants d'améliorer la compréhension de concepts abstraits (Altinpulluk, 2019; Chang *et al.*, 2019; Hodgson *et al.*, 2019; Ibili, 2019; Ke *et al.*, 2020; Maas et Hughes, 2020; Ramirez et LaBarge, 2018; Wang *et al.*, 2018);
- améliorent la kinesthésie et les compétences visuospatiales, particulièrement lors de manipulation minutieuse (Altinpulluk, 2019; Bogomolova *et al.*, 2020; Chang *et al.*, 2019; Ke *et al.*, 2020; Loh et Misselhorn, 2020; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Radianti *et al.*, 2020). Xie *et al.* (2019) ajoutent que la RA est bien adaptée à la manipulation d'objets concrets;
- offrent un espace de collaboration et favorisent l'enseignement interactif (Gellweiler et Krishnamuthi, 2020; Ille *et al.*, 2021; Ke *et al.*, 2020; Loh et Misselhorn, 2020; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021; Sultan *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2018);
- stimulent les fonctions cognitives et les aptitudes sociales (Blair *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2019; Garcia *et al.*, 2021; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Somrak *et al.*, 2019);
- prodiguent un enseignement personnalisé à l'apprenant et lui permet de pratiquer à son rythme (Lewis *et al.*, 2021; Nijman *et al.*, 2019; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Saredakis *et al.*, 2020);
- autorisent l'expérimentation sans les risques associés, notamment avec des substances dangereuses (Chang *et al.*, 2019; Danny *et al.*, 2018; Hodgson *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2018);
- augmentent la motivation, la concentration, la confiance et l'intérêt des apprenants (Chen *et al.*, 2020; Radianti *et al.*, 2020; Issleib *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2018);
- réduisent la charge cognitive de l'apprenant et améliorent la mémoire à long terme (İbili, 2019; Maas et Hughes, 2020; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021).



Les limites et les risques associés

Chaque technologie a ses limites et ses risques; les technologies immersives ne font pas exception. Vingt et un (21/40) articles ont mentionné un potentiel de risque associé aux technologies virtuelles. Nous les avons regroupés selon le nombre d'auteurs qui les citent. Les technologies immersives :

- ont permis de générer peu d'applications virtuelles pédagogiques sur le marché et les ressources spécialisées pour leur conception sont rares (Chang *et al.*, 2019; Lewis *et al.*, 2021; Liangfu, 2021; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Radianti *et al.*, 2019; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2018);
- sont dispendieuses à implanter, sans oublier que leur acceptabilité sociale est faible (Hodgson *et al.*, 2019; Lewis *et al.*, 2021; Liangfu, 2021; Paszkiewicz *et al.*, 2021; Radianti *et al.*, 2020; Sultan *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2018);
- peuvent faire vivre des symptômes de cybermalaise aux usagers (utilisation des casques HMV), entre autres la nausée, le mal de tête, le vertige et de la fatigue (Chen *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2021; Leung et Hon, 2019; Rahm *et al.*, 2018; Saredakis *et al.*, 2020; Somrak *et al.*, 2019);
- ne permettent pas le transfert de connaissances, puisque la plupart des études analysées portent sur un petit échantillon dans un seul établissement, ce qui rend difficile la généralisation des données (Butti *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2020; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021);
- introduisent un risque de cyberdépendance et des problèmes éthiques (Paszkiewicz *et al.*, 2021; Ramirez et LaBarge, 2018);
- présentent des interfaces visuelles pas toujours conviviales, entre autres lors de l'ajustement des verres à la vue des usagers, et la superposition dans les lunettes assistées n'est pas toujours constante lors des mouvements de la tête (Bogomolova *et al.*, 2020; İbili, 2019);
- augmentent la charge cognitive de l'apprenant si l'application est mal conçue (Lewis *et al.*, 2021; Loh et Misselhorn, 2020);
- sont complexes à concevoir et à adapter aux besoins des apprenants (Radianti *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2018).

Discussion

Cette revue de littérature met en lumière plusieurs éléments. Sur le plan pédagogique, on constate l'émergence de plusieurs initiatives intéressantes et celles-ci font l'objet de recherches qui utilisent souvent des méthodologies pouvant favoriser la constitution éventuellement de données probantes. Les assises théoriques sont principalement orientées vers les approches cognitives et nous constatons un début de démocratisation des technologies nécessaires au développement et à l'exploitation des technologies immersives en éducation.

Plusieurs avantages ont été répertoriés dans des recherches récentes, que ce soit sur l'amélioration du transfert de connaissances, du potentiel de collaboration avec des experts éloignés, de la diminution des coûts en éducation, notamment dans les laboratoires. Gellweiler et Krishnamuthi (2020) ajoutent que la



RA permet l'augmentation des capacités humaines par l'ajout de données numériques qui s'affichent dans des lunettes assistées. En revanche, selon Blair *et al.* (2021), la motivation des usagers est le principal avantage de la technologie virtuelle. Le casque HMD permet à l'apprenant de se concentrer dans son apprentissage, puisqu'il rend l'univers immersif. Sans oublier que les technologies permettent de pratiquer sans les risques et peuvent être personnalisées à l'apprenant.

Or, plusieurs questions sont présentement sans réponse et liées aux limites et risques. Comment minimiser le risque d'éprouver un cybermalaise avec l'utilisation des casques HMD (Kenwright, 2018; Somrak *et al.*, 2019)? Les technologies immersives sont-elles efficaces et accessibles en contexte éducatif où les ressources sont limitées? Serait-il possible d'optimiser la dimension pédagogique dans les applications immersives?

Finalement, les recherches dans ce domaine portent sur un petit échantillon et ne sont effectuées que dans un seul établissement, ce qui rend difficile la généralisation des résultats (Butti *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2020; Rodríguez-Abad *et al.*, 2021). Il est essentiel que les recherches dans le domaine s'accroissent (Butti *et al.*, 2020), notamment sur le potentiel de transfert de connaissances qu'offrent les technologies virtuelles immersives ainsi que sur leurs risques associés.

Conclusion

Un logiciel pédagogique pertinent doit pouvoir évaluer les compétences des apprenants et ainsi offrir un continuum d'informations et d'activités d'apprentissage adaptées à l'acquisition de connaissances. L'avantage des logiciels pédagogiques est leur potentiel à s'ajuster à chaque apprenant selon son rythme et ses habiletés d'apprentissage. Comme le mentionnent Ramirez et LaBarge (2018), l'intérêt des technologies immersives est de pouvoir reproduire une expérience dans un monde virtuel dans le but d'améliorer les connaissances des apprenants. La RV offre de multiples avantages : diminution des coûts de formation, réduction des déplacements, élimination des risques lors de manipulation de substances dangereuses, etc. En revanche, elle permet un tel réalisme qu'il pourrait être risqué de faire vivre des expériences non acceptables dans notre société. Sans pour autant les interdire, il serait pertinent de bien encadrer leur pratique, particulièrement dans les établissements d'enseignement.

Liste de références

- Altinpulluk, H. (2019). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education & Information Technologies*, 24(2), 1089-1114. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9806-3>
- Aljohaney, A. A. (2019). Predictors of virtual reality simulation bronchoscopy performance among novice bronchoscopists. *Advances in Medical Education and Practice*, 10, 63-70.
- Alismail, A., Thomas, J., Daher, N. S., Cohen, A., Almutairi, W., Terry, M. H., Huang, C. et Tan, L. D. (2019). Augmented reality glasses improve adherence to evidence-based intubation practice. *Advances in Medical Education and Practice*, 10, 279-286.
- Blair, C., Walsh, C. et Best, P. (2021). Immersive 360° videos in health and social care education: a scoping review. *Bmc Medical Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-021-03013-y>



- Bogomolova, K., van der Ham, I., Dankbaar, M., van den Broek, W. W., Hovius, S., van der Hage, J. A., et Hierck, B. P. (2020). The Effect of Stereoscopic Augmented Reality Visualization on Learning Anatomy and the Modifying Effect of Visual-Spatial Abilities: A Double-Center Randomized Controlled Trial. *Anatomical Sciences Education*, 13(5), 558-567. <https://doi.org/10.1002/ase.1941>
- Bonenberger, Y., Rambach, J., Pagani, A. et Stricker, D. (2018). *Universal Web-Based tracking for augmented reality applications*. Dans P. Bourdot, S. Cobb, V. Interrante, H. Kato, et D. Stricker. (dir.), *Virtual reality and augmented reality* (p. 18-27). Springer.
- Butti, N., Biffi, E., Genova, C., Romaniello, R., Redaelli, D. F., Reni, G., Borgatti, R. et Urgesi, C. (2020). Virtual Reality Social Prediction Improvement and Rehabilitation Intensive Training (VR-SPIRIT) for paediatric patients with congenital cerebellar diseases: study protocol of a randomised controlled trial. *Trials*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s13063-019-4001-4>
- Chang, C.-Y., Debra Chena, C.-L. et Chang, W.-K. (2019). Research on Immersion for Learning Using Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality. *Enfance*, 3, 413-426. <https://www.cairn.info/revue-enfance-2019-3-page-413.htm>
- Chen, S., Zhu, J., Cheng, C., Pan, Z., Liu, L., Du, J., Shen, X., Shen, Z., Zhu, H., Liu, J., Yang, H., Ma, C. et Pan, H. (2020). Can virtual reality improve traditional anatomy education programmes? A mixed-methods study on the use of a 3D skull model. *BMC Medical Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02255-6>
- Csikszentmihalyi, M. (1990). Literacy and Intrinsic Motivation. *Daedalus*, 119(2), Literacy in America, 115-140. <http://www.jstor.org/stable/20025303>
- Danny, S.-C. N., Zihan, S., Alvin, L. Y., Simon, T.-C. K., Jerry, K.-H. L., Timothy, Y.-Y. L., Shameema, S. et Clement, C. T. (2018). Impact of virtual reality simulation on learning barriers of phacoemulsification perceived by residents. *Clinical Ophthalmology*, 885-893. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S140411>
- Du, Y.-C., Fan, S.-C. et Yang, L.-C. (2020). The impact of multi-person virtual reality competitive learning on anatomy education: A randomized controlled study. *BMC Medical Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02155-9>
- Garcia, L. M., Birckhead, B. J., Krishnamurthy, P., Sackman, J., Mackey, I. G., Louis, R. G., Salmasi, V., Maddox, T. et Darnall, B. D. (2021). An 8-Week Self-Administered At-Home Behavioral Skills-Based Virtual Reality Program for Chronic Low Back Pain: Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial Conducted During COVID-19. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2), e26292. <https://doi.org/10.2196/26292>
- Gellweiler, C. et Krishnamuthi, L. (2020). Editorial: How Digital Innovators Achieve Customer Value. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 15(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-18762020000100101>
- Han, S. G., Kim, Y. D., Kong, T. Y. et Cho, J. (2021). Virtual reality-based neurological examination teaching tool(vrnet) versus standardized patient in teaching neurological examinations for the medical students: a randomized, single-blind study. *BMC Medical Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02920-4>
- Hodgson, P., W. Y. Lee, V., C. S. Chan, J., Fong, A., S. Y. Tang, C., Chan, L. et Wong, C. (2019). Immersive virtual reality (IVR) in higher education: Development and implementation. Dans C. tom Dieck et T. Jung, (2019), *Augmented reality and virtual reality* (p.161-172). Springer Nature.
- İbili, E. (2019). Effect of augmented reality environments on cognitive load: pedagogical effect, instructional design, motivation and interaction interfaces. *International Journal of Progressive Education*, 15(5), 42-57. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2019.212.4>
- Ille, S., Ohlerth, A.-K., Colle, D., Colle, H., Dragoy, O., Goodden, J., Robe, P., Rofes, A., Mandonnet, E., Robert, E., Satoer, D., Viegas, C. P., Visch-Brink, E., van Zandvoort, M. et Krieg, S. M. (2021). Augmented reality for the virtual dissection of white matter pathways. *Acta Neurochirurgica: The European Journal of Neurosurgery*, 163(4), 895-903. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04545-w>
- Issleib, M., Kromer, A., Pinnschmidt, H. O., Süß-Havemann, C. et Kubitz, J. C. (2021). Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students: a randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 29(1). <https://doi.org/10.1186/s13049-021-00836-y>



- Katz, D., Shah, R., Kim, E., Park, C., Shah, A., Levine, A. et Burnett, G. (2020). Utilization of a Voice-Based Virtual Reality Advanced Cardiac Life Support Team Leader Refresher: Prospective Observational Study. *Journal of medical Internet research*, 22(3), 17425. <https://doi.org/10.2196/17425>
- Ke, F., Pachman, M. Dai, Z. (2020). Investigating educational affordances of virtual reality for simulation-based teaching training with graduate teaching assistants. *Journal of Computing in Higher Education: Integration of Instructional Technology*, 32(3), 607-627. <https://doi.org/10.1007/s12528-020-09249-9>
- Keller, J. (2000) *How to integrate learner motivation planning into lesson planning: The ARCS model approach*. Présentation au VII Semanario, Santiago, Cuba, février 2000. <https://tinyurl.com/ya7dllp2>
- Kenwright, B. (2018). Virtual Reality: Ethical Challenges and Dangers [Opinion]. *IEEE Technology & Society Magazine*, 37(4), 20-25. <https://doi.org/10.1109/MTS.2018.2876104>
- Leung, A. K. et Hon, K. L. (2019). Motion sickness: an overview. *Drugs in context*, 8, 9-4. <https://doi.org/10.7573/dic.2019-9-4>
- Lewis, F., Plante, P. et Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, (5), 11-27. <https://revue-mediations.telug.ca/index.php/Distances/article/view/161>
- Liangfu, J. (2021). Virtual Reality Action Interactive Teaching Artificial Intelligence Education System. *Complexity*. <https://doi.org/10.1155/2021/5553211>
- Loh, W. et Misselhorn, C. (2020). Augmented learning, smart glasses and knowing how. *Ai & Society: Journal of Knowledge, Culture and Communication*, 35(2), 297-308. <https://doi.org/10.1007/s00146-019-00881-3>
- Maas, M. J. et Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K-12 education: a review of the literature. *Technology, Pedagogy & Education*, 29(2), 231-249. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1737210>
- Nijman, S. A., Veling, W., Greaves-Lord, K., Vermeer, R. R., Vos, M., Zandee, C. E. R., Zandstra Daniëlle C, Geraets, C. N. W. et Pijnenborg, G. H. M. (2019). Dynamic Interactive Social Cognition Training in Virtual Reality (DiSCoVR) for social cognition and social functioning in people with a psychotic disorder: study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Psychiatry*, 19(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2250-0>
- Paszkiwicz, A., Salach, M., Dymora, P., Bolanowski, M., Budzik, G. et Kubiak, P. (2021). Methodology of Implementing Virtual Reality in Education for Industry 4.0. *Sustainability*, 13, 5049. <https://doi.org/10.3390/su13095049>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. et Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computer & Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rahm, S., Wieser, K., Bauer, D. E., Waibel, F. W. A., Meyer, D. C., Gerber, C. et Fucentese, S. F. (2018). Efficacy of standardized training on a virtual reality simulator to advance knee and shoulder arthroscopic motor skills. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 19(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-2072-0>
- Ramirez, E.J. et LaBarge, S. (2018). Real moral problem in the use of virtual reality. *Ethics and Information Technology*, 20, 249-263. <https://doi.org/10.1007/s10676-018-9473-5>
- Rodríguez-Abad, C., Fernández-de-la-Iglesia, J.-D.-C., Martínez-Santos, A.-E. et Rodríguez-González, R. (2021). A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>
- Saredakis, D., Keage, H. A. D., Corlis, M. Loetscher, T. (2020). Using Virtual Reality to Improve Apathy in Residential Aged Care: Mixed Methods Study. *Journal of Medical Research*, 22(6), 17632. <https://doi.org/10.2196/17632>
- Somrak, A., Humar, I., Hossain, M.S., Alhamid, M.F., Hossain, M.A. et Guna, J. (2019). Estimating VR Sickness and user experience using different HMD technologies: An evaluation study. *Future Generation Computer Systems*, 94, 302-316. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.11.041>
- Sultan, L., Abuznadah, W., Al-Jifree, H., Khan, M. A., Alsaywid, B. et Ashour, F. (2019). An Experimental Study On Usefulness Of Virtual Reality 360° In Undergraduate Medical Education. *Advances in Medical Education and Practice*, 10, 907-916. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S219344>



- Tang, Y. M., Au, K. M., Lau, H. C. W., Ho, G. T. S. et Wu, C. H. (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (MR) in higher education. *Virtual Reality*, 24(4), 797-807. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00427-9>
- Wang, M., Callaghan, V., Bernhardt, J., White, K. et Pena-Rios, A. (2018). Augmented reality in education and training: pedagogical approaches and illustrative case studies. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9, 1391-1402. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0547-8>
- Xie, Y., Zhang, Y. et Cai, Y. (2019). Virtual Reality Engine Disassembly Simulation with Natural Hand-Based Interaction. Dans Cai, Y., van Joolingen, W. et Walker, Z (dir.), *VR, Simulations and Serious Games for Education* (p. 121-128). Springer.

L'utilisation de la vidéo 360° dans la formation professionnelle des enseignants : une synthèse des connaissances

The Use of 360° Video in Teacher Education: A Synthesis of Knowledge

El uso del vídeo de 360° en la formación del profesorado: Síntesis de conocimientos

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.360>

Lionel Roche, professeur
Université du Québec à Montréal, Canada
roche.lionel@uqam.ca

Cathy Rolland, maître de conférences
Université Clermont Auvergne, France
cathy.rolland@uca.fr

Ian Cunningham, lecturer
School of Applied Sciences, Edinburgh Napier, Scotland
i.cunningham@napier.ac.uk

RÉSUMÉ

La vidéo 360° est un nouvel outil qui s'est développé et son usage dans la formation des enseignants a débuté il y a moins de 10 ans. À partir d'une analyse systématique de la littérature existante en utilisant les principales bases de données, notre objectif est de rendre compte des principaux résultats de recherche actuels et de pouvoir envisager de nouvelles perspectives de recherche, mais aussi des pistes pour intégrer ce nouvel outil dans le cadre de la formation des enseignants. Quatre principaux points de résultats ont pu être dégagés : 1) la vidéo 360° comme



outil pour développer la réflexivité sur l'enseignement, 2) la vidéo 360° comme outil de préparation et d'accompagnement des stages, 3) la vidéo 360° comme outil de développement de la perception des enseignants, 4) la vidéo 360° comme outil d'amélioration de la connaissance des contenus d'enseignement.

Mots clés : formation des enseignants, vidéo 360°, réflexivité, stages, connaissances, formation professionnelle

ABSTRACT

The 360° video is a new tool that has been developed, and its use in teacher training started less than ten years ago. From a systematic analysis of the existing literature using the main databases, our objective is to report the main current research results and to be able to consider new research perspectives and avenues for integrating this new tool in the teacher training framework. Four main points of results have been identified: 1) 360° video as a tool for developing reflexivity about teaching, 2) 360° video as a tool for preparing and accompanying internships, 3) 360° video as a tool for developing teachers' perceptions, 4) 360° video as a tool for improving knowledge of teaching content.

Keywords: teacher training, 360° video, reflexivity, internships, knowledge, professional training

RESUMEN

El vídeo de 360° es una nueva herramienta desarrollada cuyo uso en la formación del profesorado comenzó hace menos de 10 años. A partir de un análisis sistemático de la literatura existente utilizando las principales bases de datos, nuestro objetivo es dar cuenta de los principales resultados actuales de la investigación y poder prever nuevas perspectivas de investigación, pero también pistas para integrar esta nueva herramienta en el marco de la formación de profesores. Se identificaron cuatro puntos principales de resultados: 1) el vídeo de 360° como herramienta para desarrollar la reflexividad sobre la enseñanza, 2) el vídeo de 360° como herramienta para preparar y acompañar cursos de formación, 3) el vídeo de 360° como herramienta para desarrollar las percepciones de los profesores, 4) el vídeo de 360° como herramienta para mejorar el conocimiento del contenido de la enseñanza.

Palabras clave: formación del profesorado, vídeo de 360°, reflexividad, prácticas, conocimientos, formación profesional



Introduction

L'avènement récent du métavers (Mystakidis, 2022) semble constituer une étape et un moyen de rassembler sous une même appellation l'ensemble des technologies immersives comme la réalité virtuelle (RV), la réalité augmentée (RA), la réalité mixte (RM) et la réalité étendue (RE) (Mystakidis, 2022). Si l'appellation « métavers » (*metaverse* en anglais) semble parfois fortement portée par des enjeux commerciaux sous-jacents, elle n'apporte pas de véritable positionnement de ces technologies les unes par rapport aux autres, comme avaient pu le faire Milgram et Kishino (1994). En effet, ces auteurs avaient positionné les technologies immersives au regard d'un continuum rendant compte de leur proximité plus ou moins importante avec l'environnement réel ou l'environnement virtuel. Cette classification a notamment été enrichie au regard des développements technologiques récents (Skarbez *et al.*, 2021). Ces auteurs ont mis en évidence que la réalité virtuelle parfaite ne peut être atteinte et que la RM est bien plus large que lors des travaux de Milgram et Kishino (1994). Désormais, la vidéo 360° s'inscrit dans cet ensemble. Toutes ces technologies prolongent la réalité que nous expérimentons soit en mélangeant les mondes virtuel et réel soit en créant une expérience totalement immersive. L'avènement et le développement des usages des technologies immersives en éducation, mais aussi en formation professionnelle, a notamment conduit Gobin Mignot et Wolff (2019) à souligner que nous assistons actuellement à un véritable bouleversement dans le champ des apprentissages et de la formation.

Cependant, si la réalité étendue semble trouver sa place dans le cadre de la formation des enseignants Ferdig, Kosko et Gandolfi (2022) et que Kosko, Ferdig et Roche (2021) soulignent que la recherche sur la réalité étendue dans la formation des enseignants émerge à un rythme croissant, la vidéo 360° apparaît encore peu présente dans la littérature au regard des autres technologies immersives comme la réalité virtuelle. Lampropoulos *et al.* (2021) soulignent néanmoins qu'en raison de sa nature immersive et interactive, la vidéo 360° devient de plus en plus populaire, bien que l'on sache peu de choses concernant l'utilisation de cette technologie en contextes éducatifs.

La problématique de notre synthèse des connaissances repose sur le décalage existant entre les connaissances communes de l'objet technique vidéo 360° et sa mobilisation et ses usages effectifs par le corps des formateurs.

Vidéo 360° : de quoi parle-t-on vraiment?

La vidéo 360° n'est pas une technologie aussi ancienne que la RV et, à l'inverse de cette dernière, elle ne permet pas la simulation fine de gestes ou de certaines actions, ce qui peut limiter son usage dans le cadre de certaines formations spécifiques. Les prémices des technologies immersives semblent pouvoir être identifiées avec le Sensorama développé par Morton Heiling de 1956 à 1962. Ce dernier avait développé une machine constituant en quelque sorte un cinéma du futur, prenant la forme d'une borne d'arcade, au sein de laquelle le spectateur plaçait son visage et pouvait ainsi vivre diverses expériences comme une balade à moto. Plus récemment, Fuchs (2018) a rappelé que la RV et ses premières applications professionnelles remontent au début des années 1990 et qu'elle demeure utilisée quotidiennement dans certaines entreprises. Le développement de la vidéo 360° demeure beaucoup plus contemporain. Les travaux de Nayar (1997) à l'Université de Columbia à la fin des années 90 au sein du Computer Vision Laboratory semblent précurseurs,



notamment avec la mise au point de la première technique de captation à 360° à l'aide de caméras catadioptriques. La démocratisation de cette technologie a été rendue possible par :

- 1) la baisse des coûts d'achat des caméras 360° (Ranieri *et al.*, 2022; Snelson et Hsu, 2020);
- 2) des avancées technologiques qui ont offert la possibilité à partir de 2015 de lire en ligne des vidéos 360° grâce à certaines plateformes (Westmoreland, 2020);
- 3) la facilité d'usage de cette technologie (Gandolfi, Kosko et Ferdig, 2021; Geng *et al.*, 2019).

Dans le champ de la formation des enseignants, le recours à cette technologie a été plus tardif. Kosko, Ferdig et Roche (2021) identifient les premiers travaux dans le champ de la formation des enseignants avec les travaux de Roche et Gal-Petifaux (2017). Il est désormais possible d'identifier des usages de cette technologie dans différentes disciplines d'enseignement comme l'éducation physique (Roche et Rolland, 2020), les mathématiques (Kosko, Ferdig et Zolfaghari, 2019), l'économie (Feurstein, 2018) ou encore l'apprentissage des langues (Berns *et al.*, 2018; Guichon *et al.*, 2022), mais aussi dans différents pays comme les États-Unis (Ferdig, Gandolfi et Kosko, 2020), la France (Roche et Gal-Petifaux, 2017), le Chili (Joglar Campos et Rojas-Rojas, 2019) ou encore l'Australie (O'Keeffe *et al.*, 2020).

La vidéo 360° permet de réaliser des enregistrements vidéo dans lesquels une vue dans toutes les directions est enregistrée en même temps (Wohl, 2017) grâce au recours à une caméra spécifique avec un objectif de type « fish-eye ». Rupp *et al.* (2019) définissent les vidéos produites avec des caméras 360° comme des vidéos panoramiques omnidirectionnelles. Contrairement au point de vue fixe d'une vidéo traditionnelle en 2D, ces vidéos permettent aux apprenants d'avoir une vision panoramique dans un cercle ininterrompu, et permettent à celui qui visionne la vidéo de mener une activité d'exploration de la vidéo (Roche et Rolland, 2020) en pouvant changer l'angle de visionnement à sa guise en cours de visionnement. Là où la vidéo 2D impose un cadrage choisi par la personne qui filme, la vidéo 360° offre la possibilité à celui qui visionne de choisir son angle de visionnement, mais aussi de modifier ce dernier (Snelson et Hsu, 2020). De plus, ce type de vidéo offre diverses modalités de visionnement : 1) sur écran d'ordinateur, 2) grâce à un téléphone intelligent (avec ou sans visiocasque RV pour téléphone) et 3) via visiocasque de RV.

Cependant, Snelson et Hsu (2020) soulignent un certain flou dans la nomination de cette technologie dans la littérature scientifique actuelle. Ainsi, elle est reconnue sous les termes « vidéo 360° » (Barić, Havârneau et Mäirean, 2020), « réalité virtuelle basée sur la vidéo sphérique » (Chang *et al.*, 2019), « vidéo à 360° en réalité virtuelle » (Kittel *et al.*, 2020) ou encore « vidéo panoramique immersive » (Pirker et Dengel, 2021). Ce flou langagier s'explique en partie par la nouveauté de cet outil technologique, mais aussi par le fait que ce champ de recherche en émergence (Snelson et Hsu, 2020) est nécessairement peu mature (Paraskevaidis et Fokides, 2020). Cette diversité terminologique peut poser des difficultés pour identifier un corpus de recherches. Cependant, dans le champ de la formation des enseignants, l'appellation usitée demeure « vidéo 360° ».

Objectif

Notre contribution prend la forme d'une synthèse des connaissances issues de la littérature scientifique portant sur le recours à la vidéo 360° dans le champ de la formation des enseignants. Notre objectif est de rendre compte des principaux résultats de recherche actuels et d'envisager de nouvelles perspectives de recherche ainsi que des pistes pour intégrer cet outil dans le cadre de la formation des enseignants.



Méthodologie

Afin d'identifier la littérature existante actuellement dans le champ de la vidéoformation des enseignants ayant recours à la vidéo 360°, nous avons réalisé une recherche manuelle en utilisant les principales bases de données, à savoir ERIC, ScienceDirect, LearnTechLib, Proquest, PubMed (pour la littérature anglophone) et CAIRN (pour la littérature francophone). Pour mener à bien cette recherche, nous avons utilisé les mots clés suivants pour les bases anglophones : « teacher », « education », « video 360 ». Pour la base francophone, nous avons utilisé les mots clés suivants : « formation », « enseignant », « vidéo 360 ». Le choix a été d'inclure uniquement les articles et actes de colloque basés sur des données empiriques et publiés de 2017 à 2022. Les actes de colloque se limitant à un résumé ont été exclus (tableau 1).

Tableau 1

Résultats de recherche dans les différentes bases de données

Base de données utilisée	Date de la recherche	Nombre d'articles trouvés	Articles retenus
ERIC	20/12/2022	186,473	12
ScienceDirect	20/12/2022	1681	5
LearnTechLib	20/12/2022	755	10
Proquest	20/12/2022	288368	3
Pubmed	20/12/2022	4	0
Cairn	20/12/2022	607	1

Note. © Auteurs.

La sélection des articles a été réalisée par deux chercheurs et, en cas de désaccord, le troisième chercheur était sollicité afin de décider si un article était inclus ou non. Le nombre total d'articles retenus après avoir retiré les doublons est de 23 (tableau 2).

Tableau 2

Articles retenus pour l'analyse

	Année	Auteurs	Pays	Discipline d'enseignement	Public	Type de vidéo	Échantillon
1	2017	Roche et Gal-Petifaux	France	Éducation physique	Enseignant en formation	Autre enseignant	N = 1
2	2019	Balzaretti, Ciani, Cutting, O'Keeffe et White	Australie	Mathématiques	Enseignants en formation	Soi	N = 28
3	2019	Theelen, van den Beemt et den Brok	Pays-Bas	Histoire, géographie, économie, néerlandais, allemand, anglais, mathématiques, physique	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 141



	Année	Auteurs	Pays	Discipline d'enseignement	Public	Type de vidéo	Échantillon
4	2019	Walshe et Driver	Angleterre	Cours de pédagogie	Enseignants en formation	Soi	N = 4
5	2020	Ferdig et Kosko	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 34
6	2020	Gold et Windscheid	Allemagne	Observation et évaluation de la gestion de classe	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 59
7	2020	Roche et Rolland	France	Éducation physique	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 2
8	2020	Tan, Wiebrands, O'Halloran & Wignell	Australie	Sciences et mathématiques	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 239
9	2020	Theelen, van den Beemt & den Brok	Pays-Bas	Histoire, géographie, économie, néerlandais, allemand, anglais, mathématiques, physique	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 141
10	2020	Zolfaghari, Austin, Kosko et Ferdig	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 34
11	2021	Buchbinder, Brisard, Butler et Sharon	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Soi	N = 9
12	2021	Cross, Wolfenden et Adinolfi	Inde	Observation des pratiques de classe	Enseignants en formation (EF), enseignants titulaires (ET), formateur (F)	Autre enseignant	N = 2 (EF) N = 3 (ET) N = 2 (F)
13	2021	Gandolfi, Austin, Heisler et Zolfaghari	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 118



	Année	Auteurs	Pays	Discipline d'enseignement	Public	Type de vidéo	Échantillon
14	2021	Kosko, Ferdig et Zolfaghari	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 33
15	2021	Kosko, Weston et Amador	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation, enseignants titulaires	Autre enseignant	N = 34
16	2021	Roche, Cunningham et Rolland	France	Éducation physique	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 82
17	2021	Roche et Rolland	France	Éducation physique	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 1
18	2021	Tarantini	Suisse	Droit, économie, commerce pour les hautes écoles	Enseignants en formation	Soi	N = 10
19	2021	Weston et Amador	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Soi	N = 2
20	2022	Gandolfi, Ferdig et Kosko	États-Unis	Technologies éducatives	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 92
21	2022	Kosko	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Élèves	N = 15
22	2022	Kosko, Heisler et Gandolfi	États-Unis	Technologies éducatives	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 44
23	2022	Kosko, Zolfaghari et Heisler	États-Unis	Mathématiques	Enseignants en formation	Autre enseignant	N = 21

Note. © Auteurs.

Résultats

Une accélération du nombre de publications relatives à l'usage de la vidéo 360° dans la formation des enseignants est remarquable : une publication en 2017, contre 10 et 5 respectivement en 2021 et 2022. Ces publications rendent compte d'un usage de la vidéo 360° pour la formation des enseignants sur l'ensemble des continents, excepté l'Afrique. Elles révèlent quatre axes principaux relatifs aux ambitions de formation associées à l'usage de cette technologie.



La vidéo 360° comme support pour développer la réflexivité sur l'enseignement

En référence aux travaux de Schön (1983), la réflexivité est souvent envisagée selon deux temporalités : la réflexion dans l'action qui a lieu au cours même de l'activité professionnelle, dans le feu de l'action, et la réflexion sur l'action qui se développe a posteriori de l'activité dans une perspective de progrès. Les études qui rendent compte d'interventions à visée de développement de l'activité réflexive révèlent un usage de vidéos d'activités de soi, de pairs ou d'enseignants inconnus. Les enregistrements audiovisuels y constituent des ressources pour engager les formés à se saisir de leur pratique d'intervention comme objet de réflexion.

Balzaretti, Ciani, Cutting, O'Keeffe et White (2019) montrent que le visionnement de vidéos 360° de lui-même permet à l'enseignant de mieux comprendre et saisir en profondeur ce qui se passe autour de lui lorsqu'il intervient. Les activités individuelles des élèves ainsi que l'ensemble des interactions (enseignant-élèves mais aussi élève-élève) sont appréhendées notamment lors des temps de passation et de réception des consignes. Les enseignants débutants parviennent à se décentrer de leur propre intervention pour envisager leur présence en classe dans une logique d'interactions avec les élèves. Ces résultats sont confortés par ceux de Tarantini (2021) pour qui le visionnement de vidéos 360° de soi facilite la réflexion sur son propre enseignement. Cette facilitation est obtenue notamment si le visionnement est accompagné de *feedbacks* de pairs et/ou d'experts, mais aussi du recours à d'autres technologies comme la captation de vidéos 2D associée à une plateforme d'annotations de celles-ci. Cette démarche s'inscrit dans une approche de type expérientielle en référence aux travaux de Kolb (1984), qui considère que l'expérience concrète constitue le point de départ de la réflexion. Pour Tarantini (2021), la vidéo 360° s'avère utile pour repérer et suivre dans le temps, avec une granularité fine, les interactions enseignant-élèves.

Dans cette même veine, les travaux de Walshe et Driver (2019) insistent sur les particularités de l'expérience provoquée par le visionnement de vidéos 360° avec un visiocasque. Les enseignants débutants qui en ont fait usage se sont saisis de la possibilité de visionner la situation d'intervention sous des angles nouveaux que ceux procurés par leurs engagements corporels initiaux dans la situation. Ils changeaient d'angles de visionnement, en tournant la tête ou le corps en entier. Leur engagement corporel dans la situation visionnée les a conduits à redécouvrir les aspects spatiaux de la classe. La réflexion initiée par cette expérience est dite incorporée, incarnée car fondée sur une expérience corporelle, sensible, proche de ce point de vue de celle vécue réellement *in situ*. Cependant, Walshe et Driver (2019) soulignent que cette activité de visionnement avait eu peu d'impacts sur le développement de la réflexion relative à la pratique pédagogique. Les auteurs expliquent cela notamment par le fait que les enseignants sont en début de formation.

Un autre intérêt formatif de la réflexion fondée sur l'activité réelle de professionnels a été mis en évidence par Theelen, van den Beemt et den Brok (2019). Leur étude a montré que le recours à une classe virtuelle (qu'ils définissent comme un enseignement théorique accompagné par le visionnement de vidéos 360°) permet aux enseignants en formation de mobiliser de façon plus précise et adaptée un nombre plus important de connaissances et de concepts relatifs à l'enseignement et à l'apprentissage. En effet, à l'issue d'un enseignement portant sur les connaissances relatives aux relations interpersonnelles enseignant-élèves, associé à un visionnement de vidéos 360° où il était demandé aux enseignants de focaliser leurs observations sur l'enseignant et ses interactions avec les élèves, les auteurs ont pu identifier un usage plus contextualisé et une meilleure mobilisation des connaissances théoriques. D'autres études ont également mis en évidence les processus de construction de connaissances engagés dans l'activité réflexive, outillée par le visionnement de vidéos 360°. Roche *et al.* (2021a), Roche et Rolland (2020), Roche et Rolland (2021) initient l'activité réflexive en proposant aux étudiants de visionner des vidéos d'enseignants inconnus sur un écran d'ordinateur. Ils notent le développement de réflexions davantage centrées sur l'activité des élèves, notamment grâce à des consignes spécifiques de visionnement. Une consigne demandant à des enseignants



débutants de concentrer leurs observations sur l'activité des élèves (Roche et Rolland, 2021) a conduit ces derniers à construire des connaissances nouvelles sous forme d'un registre d'erreurs observables commises par les élèves. Ces études mettent en évidence le fondement pragmatique de la construction de connaissances tournées vers les interventions futures potentielles. Cette projection dans les activités d'interventions futures, éveillée par la réflexion, la discussion sur des activités passées (la sienne ou celle d'autrui), peut également être exploitée pour préparer les stages.

La vidéo 360° comme outil de préparation et d'accompagnement des stages

Mestre *et al.* (2006) définissent la présence dans un environnement virtuel comme la sensation « d'être là », d'être partie prenante de l'environnement virtuel visionné. Les premiers travaux sur l'usage de vidéos 360° dans la formation des enseignants (Roche et Gal-Petifaux, 2017) ont mis en évidence dès le départ qu'il suscitait la sensation d'être présent dans la classe visionnée, et ce, même si les vidéos étaient observées sur un écran d'ordinateur. Ce fort sentiment de présence a par la suite été confirmé par les travaux de Ferdig et Kosko (2020), Gold et Windscheid (2020) ou encore Walshe et Driver (2019). Si ces études s'accordent sur l'aspect immersif de la vidéo 360°, Walshe et Driver (2019) ainsi que Ferdig et Kosko (2020) ont montré que leur visionnement suscitait un sentiment de présence plus fort que le visionnement d'une vidéo en 2D, alors que les résultats de Gold et Windscheid (2020) ne font pas ressortir de réelles différences entre ces deux types de vidéos. Ce résultat s'explique peut-être par des conditions de visionnement différentes, sur ordinateur pour Gold et Windscheid (2020) et avec visiocasque pour les deux autres expérimentations. De plus, Ferdig et Kosko (2020) ont montré que le visionnement d'une vidéo 360° avec visiocasque suscitait un sentiment de présence plus fort que le visionnement de la même vidéo sur ordinateur, mais aussi que la même vidéo en 2D. Même s'il apparaît que les conditions de visionnement sont plus ou moins propices à générer une expérience immersive chez les usagers, le recours à cette ressource présente des intérêts pour préparer les enseignants en formation à leurs premières expériences en classe. Les stages s'accompagnent généralement d'une découverte parfois brutale de situations dont la complexité peut dérouter. L'usage de vidéos 360° de situations de classe diverses permet de les plonger préalablement au cœur de cette complexité et de les y familiariser. Ce visionnage aide les futurs enseignants à découvrir les conditions de classe et l'organisation spatiale avant leurs premiers stages (Roche et Gal-Petifaux, 2017; Roche et Rolland, 2021) et les aide également à comprendre la complexité des pratiques d'enseignement. En effet, le fait de pouvoir explorer les scènes filmées les aide à saisir les spécificités des contextes d'enseignement et leur permet d'observer l'activité de chaque élève dans ces contextes (Roche et Gal-Petifaux, 2017). Par leurs activités d'exploration d'une vidéo 360°, les enseignants en formation se sentent entrer virtuellement en classe et vivre une immersion substitutive, c'est-à-dire être plongés dans la classe comme s'ils étaient en situation d'enseigner. Ce type d'expérience se manifeste notamment par des dilemmes vécus au cours de leurs observations, identiques à ceux vécus en situations réelles d'enseignement (focalisation sur un seul élève ou sur le groupe, par exemple) (Roche *et al.*, 2021a).

Dans la perspective de préparer les stages de pratique d'intervention, la vidéo 360° peut être utilisée conjointement avec d'autres ressources dans la formation des enseignants. En effet, Roche *et al.* (2021a) montrent notamment une complémentarité des vidéos 2D et 360° pour observer et découvrir la variété et la complexité des situations de classe. Les étudiants manifestent un fort intérêt pour ce type de ressources en amont des stages pour se familiariser avec des situations de classe qu'ils appréhendent souvent. D'autre part, à la suite des stages, le visionnement de vidéos 360° les a aidés à affiner leurs observations (amorçées *in situ* lors des stages) de l'activité motrice des élèves (en éducation physique) dans les tâches proposées. Leurs résultats montrent que le visionnement de vidéos 360° et 2D, pour accompagner les stages et prolonger les activités déployées en situation, permettait une évolution de l'observation des enseignants, d'une focalisation prioritaire sur l'ambiance de classe et la gestion de classe avant les stages à une focalisation



prioritaire sur l'activité des élèves dans la tâche. Enfin, Zolfaghari *et al.* (2020) ont testé un dispositif vidéo multiperspective à 360° (basé sur plusieurs caméras 360° positionnées dans la même salle de classe). Avec ce dispositif, l'enseignant peut changer de perspectives de visionnement et ainsi se déplacer virtuellement dans la salle de classe. Pour les auteurs, ces conditions permettent aux enseignants en formation de vivre des expériences très proches des expériences réelles en classe qui peuvent compléter et non remplacer les expériences réelles.

La vidéo 360° peut être considérée comme une représentation intéressante de la pratique d'intervention (Kosko, Weston et Amador, 2021) pour préparer mais aussi accompagner les stages (Roche *et al.*, 2021a). Exploitée par les formés pour situer tous les protagonistes dans un même empan temporel et pour saisir leurs activités respectives, elle permet de saisir la complexité des situations d'intervention et se préparer à y exercer.

La vidéo 360° comme outil de développement des compétences perceptives des enseignants

La vision professionnelle constitue une compétence clé pour les enseignants. Elle repose sur la capacité à identifier des éléments pertinents dans une situation d'enseignement afin de réfléchir sur celle-ci et d'envisager les actions à mettre en œuvre (Seidel et Stürmer, 2014). Le visionnement de vidéos 360° permet de développer une activité d'observation plus active et centrée sur l'activité des élèves (Walshe et Driver, 2019; Roche *et al.*, 2021a; Kosko, Zolfaghari et Heisler, 2022). En effet, Kosko, Ferdig et Zolfaghari (2021) montrent que le visionnement de vidéos 360° permettait à des enseignants en formation de davantage se focaliser sur l'activité des élèves que de la vidéo 2D, car les actions de chaque élève sont plus facilement observables du fait de la possibilité de changer d'angle de visionnement. Conjointement, Ferdig et Kosko (2020) révèlent une focalisation plus forte des enseignants sur les aspects pédagogiques en lien avec la discipline. Kosko, Ferdig et Zolfaghari (2021) notent une plus forte centration sur les contenus proposés aux élèves lorsqu'ils visionnent une vidéo 360° en comparaison avec une vidéo 2D.

Pour Buchbinder *et al.* (2021), le visionnement de vidéos 360° conduit à une plus forte centration sur l'enseignant et plus précisément sur les interactions enseignants-élèves, ce qu'ont aussi confirmé les travaux de Theelen *et al.* (2019, 2020). De plus, les auteurs ont aussi montré une centration sur la façon d'enseigner les contenus (ce qui est enseigné) et une plus faible centration sur les connaissances mobilisées par les élèves ainsi que sur leur activité cognitive. Pour Buchbinder *et al.* (2021) tout comme Ferdig et Kosko (2020), le visionnement sur écran d'ordinateur améliore avantageusement la capacité à identifier des indices pertinents dans une situation d'enseignement par rapport à une vidéo 2D.

Quant à Kosko, Weston et Amador (2021), ils révèlent que la focalisation attentionnelle des enseignants est liée aux mouvements de l'enseignant visionné, à l'organisation spatiale de la classe et des groupes. Ces aspects déterminent plus ou moins si les enseignants en formation se focalisent sur l'activité des élèves. De plus, l'observation que réalisent les enseignants en formation est aussi influencée par le positionnement de la caméra dans la salle de classe. Kosko, Heisler et Gandolfi (2022) ont étudié ce que les enseignants en formation placent dans leur champ de vision lorsqu'ils visionnent une vidéo 360° avec un visiocasque afin de rendre compte des focalisations attentionnelles de ces derniers. Ils ont mis en évidence que ce qui est positionné au centre du champ de vision constitue la focalisation attentionnelle principale. En effet, lorsque les enseignants en formation placent l'enseignant visionné au centre du champ de vision, ils sont plus préoccupés par les questions relatives à la gestion de classe, alors que lorsqu'ils positionnent les élèves au centre, ils s'intéressent davantage au contenu disciplinaire enseigné et à l'activité des élèves, à la façon dont ils réalisent la tâche demandée. Ces résultats constituent des éléments intéressants afin de concevoir des ressources de formation permettant d'orienter l'observation des enseignants en formation.



La vision professionnelle est indissociablement liée à des connaissances incorporées pour Kosko (2022), comme avait pu l'avancer Ibrahim-Didi (2015). Pour lui, le recours à la vidéo 360° dans la formation des enseignants permettrait de développer des capacités d'observation liées à des connaissances incorporées, notamment grâce à la vue et à l'ouïe qui sont sollicitées par le visionnement immersif permis par les visiocasques. Les choix réalisés dans le visionnement relatifs aux éléments positionnés dans le champ de vision relèvent de ce type de savoirs incarnés (Kosko, Heisler et Gandolfi, 2022). L'engagement dans le visionnement et l'observation demeurent plus actifs et les aspects incorporés de l'observation ont aussi été confirmés par d'autres études (Walshe et Driver, 2019; Kosko, Ferdig et Zolfaghari, 2021). Enfin, au cours du visionnement de vidéos 360°, les focalisations attentionnelles ne sont pas uniformes, mais fluctuent (Roche et Rolland, 2021). En effet, en fonction des consignes données, mais aussi des angles de visionnement, les enseignants en formation seront plus préoccupés par l'observation, l'analyse ou encore la projection vers des interventions futures, ce qui confirme en partie les résultats de Kosko, Heisler et Gandolfi (2022).

Pour Ferdig et Kosko (2020), la vidéo 360° possède la capacité de représenter et de rendre perceptibles certains aspects d'un scénario d'enseignement, y compris, mais sans s'y limiter, ce qui est potentiellement visible. Cette affordance que fournit la vidéo 360° est définie par ces auteurs comme la « perceptuel capacity ». Les vidéos 360° constitueraient donc une ressource de choix pour faciliter et encourager le repérage de certains éléments (aussi bien visuels que sonores) d'une situation d'enseignement (Kosko, Ferdig et Zolfaghari, 2021). Gandolfi, Ferdig et Kosko (2022) ont aussi souligné l'importance du recours à un son ambisonique comparativement à un son monosonique afin de faciliter la focalisation attentionnelle des enseignants en formation sur l'activité des élèves.

Le 360° comme outil d'enrichissement de la connaissance des contenus d'enseignement

Buchbinder *et al.* (2021) ont montré que le visionnement de vidéos 360° permettait aux enseignants en formation de développer des connaissances sur leur propre façon d'agir, leur propre façon d'enseigner au regard de l'activité d'apprentissage des élèves, mais aussi au regard de leurs choix pédagogiques *in situ*, au regard des réactions des élèves. Cet affinement des connaissances relatives aux relations interpersonnelles enseignant-élèves a aussi été démontré par les travaux de Theelen *et al.* (2019, 2020). En effet, les auteurs ont montré que la combinaison d'apports théoriques et de visionnages de vidéos 360° avec un visiocasque aide les enseignants en formation à développer des connaissances plus structurées et plus précises des notions portant sur les relations interpersonnelles. Ce type de dispositif contribue aussi positivement à la mobilisation de ce type de connaissances lors de situations d'observation et d'analyse de vidéos de situation de classe. Les enseignants en formation développent une utilisation plus adaptée des connaissances formalisées sur les relations interpersonnelles lorsqu'ils décrivent et analysent des situations de classe. Ces résultats se traduisent notamment par la production de cartes conceptuelles plus riches (mobilisant un plus grand nombre de concepts) après le visionnement de vidéos 360° accompagnant les apports théoriques sur les relations interpersonnelles. Ces résultats convergent vers ceux de Walshe et Driver (2019), qui ont pu démontrer que le recours à la vidéo 360° permet aux enseignants en formation de développer une compréhension plus nuancée des pratiques pédagogiques observées.

L'étude de Kosko, Ferdig et Zolfaghari (2021) a prouvé que l'utilisation d'un casque pour visionner des vidéos 360° favorise le développement de connaissances plus précises chez les enseignants en formation, relativement au contenu disciplinaire à enseigner (les mathématiques dans cette étude). De plus, Kosko (2022) a montré que le visionnement de vidéos 360° aide les enseignants en formation à développer des connaissances plus précises sur le raisonnement mathématique des élèves. Ces résultats confirment ceux



de Roche *et al.* (2021a) qui ont établi que le visionnement de vidéos 360° associé à des stages favorise le développement de connaissances précises sur les diverses catégories de difficultés rencontrées par les élèves lors de la réalisation d'une tâche motrice en éducation physique. Au regard de ces points de résultats, il apparaît que les formations d'enseignants, nécessairement adossées à des contenus de formation, trouvent un appui technologique de choix dans les vidéos 360° en fournissant des opportunités de : 1) verbalisation de connaissances d'expérience implicites; 2) mobilisation de notions et de concepts formalisés et partagés dans la communauté; 3) valorisation pragmatique de connaissances.

Discussion

Les résultats de notre revue de littérature mettent en évidence que la vidéo 360° constitue un outil que les formateurs mobilisent pour développer la réflexivité des enseignants en formation sur des situations de classe (les leurs ou celles d'autres enseignants). Cependant, d'autres ressources sont à même d'être utilisées pour les mêmes fins, comme la RV (p. ex. Richter *et al.*, 2022) ou encore la vidéo 2D (Viau-Guay et Hamel, 2017). La RV peut être utilisée pour l'apprentissage de certaines habiletés procédurales spécifiques très précises (p. ex. Ros *et al.*, 2020), mais peu d'études basées sur le recours à la vidéo 360° se sont intéressées à l'apprentissage d'habiletés motrices spécifiques (Tak *et al.*, 2023; Yoganathan *et al.*, 2018) et aucune dans le champ de la formation des enseignants, par exemple pour apprendre à réaliser une démonstration nécessitant une habileté motrice. Il nous semble donc pertinent, au vu de ces résultats, d'envisager de plus amples recherches sur le recours combiné à ces différentes ressources dans le cadre d'un même dispositif, à l'instar des travaux de Roche et Gal-Petifaux (2015) ou encore de Tarantini (2021), qui ont étudié le recours à divers formats vidéo.

De plus, si le recours positif à la vidéo 360° a été démontré pour accompagner des enseignements plus théoriques (Theelen *et al.*, 2019, 2020), pour améliorer la concentration, l'intérêt, l'immersion des étudiants par rapport à des vidéos en 2D ainsi que soutenir une participation plus active que dans les cours magistraux traditionnels (Kim, Kim et Kim, 2022), Tan, Wiebrands, O'Halloran et Wignell (2020) soulignent la nécessité de développer des ressources plus interactives. En effet, des vidéos 360° comportant des notes ou des informations complémentaires afin d'orienter les focalisations attentionnelles semblent constituer une piste intéressante à explorer, comme l'indiquent Tan *et al.* (2020) et le préconisent Roche *et al.* (2021b) ainsi que Walshe et Driver (2019). Le recours à un son ambisonique constitue aussi une piste de recherche à approfondir, car à ce jour, seuls les travaux de Ferdig, Kosko et Gandolfi (2022) et Gandolfi, Ferdig et Kosko (2022) se sont penchés sur cette question, en révélant notamment un effet immersif intéressant.

Cependant, un défi majeur à relever afin de pouvoir démocratiser l'usage de cette technologie dans la formation des futurs enseignants consiste à favoriser la mise en œuvre de formations à destination de leurs formateurs. Austin et Kosko (2022) ont montré que les formateurs utilisent prioritairement la vidéo 2D en raison d'une plus grande familiarité avec cette ressource qu'avec la vidéo 360°, bien que Cross *et al.* (2022) aient montré un enthousiasme certain des formateurs pour utiliser cette technologie.

Il importe donc de rester prudent et nuancé au sujet des plus-values du recours à la vidéo 360°. En effet, pour Gandolfi, Ferdig et Kosko (2022), l'ajout de la vidéo 360° dans la formation des enseignants ne garantit pas de façon systématique des effets positifs en formation. Un risque inhérent à leur usage est la surcharge cognitive en raison du nombre conséquent d'informations qui peuvent être perçues simultanément, comme Lahlou *et al.* (2012) ont par exemple pu démontrer dans le champ de l'analyse du travail. De plus, Tarantini (2021) ou encore Theelen *et al.* (2019) ont notamment rendu compte de symptômes de nausée, de maux de tête, de déséquilibres causés par le recours au visiocasque, cela en raison d'une perturbation du système



vestibulaire occasionné par les images visionnées. Enfin, Theelen *et al.* (2019) ou encore Tan *et al.* (2020) mentionnent des difficultés et des réticences des enseignants en formation relativement à l'adoption de cette technologie.

Conclusion

La vidéo 360° est aujourd'hui utilisée dans un grand nombre de champs de formation, comme l'enseignement du sauvetage aquatique (Araiza-Alba *et al.*, 2021), l'entraînement en basketball (Panchuk, Klusemann et Hadlow, 2018), la formation à l'enseignement de l'économie (Feurstein, 2019), les formations en santé (Ulrich *et al.*, 2019), l'entraînement des sapeurs-pompiers (Sarkar *et al.*, 2022), l'orientation scolaire et la découverte des milieux professionnels (Assilmia *et al.*, 2017), ou encore la lutte contre les appréhensions liées au milieu aquatique (Roche *et al.*, 2022).

La vidéo 360° semble constituer aujourd'hui une ressource de choix à disposition des formateurs et nous avons pu montrer les effets potentiels du recours à cette technologie à l'aide des résultats scientifiques actuels. Cependant, Buchbinder *et al.* (2021) soulignent que, malgré l'intérêt croissant pour l'utilisation de la vidéo 360° dans la formation des enseignants, la recherche sur ce sujet demeure encore limitée en raison de sa nouveauté. En effet, si le champ de la vidéoformation recourant à la vidéo 2D s'est développé depuis les années 60, celui du recours à la vidéo 360° s'est développé depuis 2017 et les travaux précurseurs de Roche et Gal-Petifaux (2017). Il nous semble donc nécessaire que de plus amples études soient menées afin d'identifier des effets sur des échantillons plus larges (certaines études sont basées sur des études de cas) afin d'envisager l'intégration du recours à la vidéo 360° dans les parcours de formation des enseignants. Cela aussi bien en formation initiale qu'en formation continue, car excepté deux études (Cross, Wolfenden et Adinolfi, 2022; Kosko, Weston et Amador, 2021), toutes les autres se sont focalisées sur la formation initiale.

Liste de références

- Araiza-Alba, P., Keane, T., Matthews, B., Simpson, K., Strugnell, G., Chen, W. S., et Kaufman, J. (2021). The potential of 360-degree virtual reality videos to teach water-safety skills to children. *Computers & Education*, 163, 104096. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104096>
- Assilmia, F., Yun, S. P., Okawa, K., et Kunze, K. (2017). IN360: A 360-Degree-Video Platform to Change Students Preconceived Notions on Their Career. Dans *CHI Conference Extended abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2359-2365). ACM. <https://doi.org/10.1145/3027063.3053211>
- Austin, C. K., et Kosko, K. W. (2022). Representations of Practice Used in Mathematics Methods Courses. *Contemporary Issues in Technology and Mathematics Teacher Education*, 22(1). <https://citejournal.org/wp-content/uploads/2022/03/v2i1i1Math1.pdf>
- Balzaretti, N., Ciani, A., Cutting, C., O'Keeffe, L., et White, B. (2019). Unpacking the Potential of 360Degree Video to Support Pre-Service Teacher Development. *Research on Education and Media*, 11(1), 63-69. <https://doi.org/10.2478/rem-2019-0009>
- Barić, D., Havârneanu, G. M., et Măirean, C. (2020). Attitudes of learner drivers toward safety at level crossings: Do they change after a 360° video-based educational intervention? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 69, 335-348. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.01.018>
- Berns, A., Mota, J. M., Ruiz-Rube, I., et Doderó, J. M. (2018). Exploring the potential of a 360° video application for foreign language learning. In F.J. Garcia-Penalvo (dir.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp.776-780). <https://doi.org/10.1145/3284179.3284309>



- Buchbinder, O., Brisard, S., Butler, R., et McCrone, S. (2021). Preservice Secondary Mathematics Teachers' Reflective Noticing from 360-degree Video Recordings of Their Own Teaching. *Journal of Technology and Teacher Education*, 29(3), 279-308. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10356268>
- Chang, C. Y., Sung, H. Y., Guo, J. L., Chang, B. Y., et Kuo, F. R. (2019). Effects of spherical video-based virtual reality on nursing students' learning performance in childbirth education training. *Interactive Learning Environments*, 30(3). <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1661854>
- Cross, S., Wolfenden, F. et Adinolfi, L. (2022). Taking in the complete picture: framing the use of 360-degree video for teacher education practice and research, *Teaching and Teacher Education*, 111, 103597. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103597>
- Ferdig, R. E., et Kosko, K. W. (2020). Implementing 360 Video to Increase Immersion, Perceptual Capacity, and Noticing. *TechTrends*, 64, 849-859. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00522-3>
- Ferdig, R.E., Gandolfi, E. et Kosko, K.W. (2020). Preservice Teacher Noticing and Perceptual Capacity with 360 Video and VR Headsets. Dans D. Schmidt-Crawford (dir.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (p. 740-742). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10165983>
- Ferdig, R.E., Kosko, K.W. et Gandolfi, E. (2022). Using the COVID-19 Pandemic to Create a Vision for XR-based Teacher Education Field Experiences. *Journal of Technology and Teacher Education*, 30(2), 239-252. <https://www.learntechlib.org/primary/p/221194/>
- Feurstein, M.S. (2018). Towards an Integration of 360-Degree Video in Higher Education. Workflow, challenges and scenarios Dans D. Schiffner (dir.), *Proceedings of DeLFI Workshops 2018 co-located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2018)*, Vol. 2250 (p. 1-12). http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper3.pdf
- Feurstein, M. S., (2019). Exploring the Use of 360-degree Video for Teacher- Training Reflection in Higher Education. Dans S. Schulz (dir.), *Proceedings of DELFI Workshops 2019* (p. 144-151). Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.z. (S. 153). <https://di.gi.de/handle/20.500.12116/27956>
- Fuchs, P. (2018). *Théorie de la réalité virtuelle : les véritables usages*. Presses des Mines.
- Gandolfi, E., Austin, C., Heisler, J., et Zolfaghari, M. (2021). Immersive Presence for Future Educators: Deconstructing the Concept of Presence in Extended Reality Environments for Preservice Teachers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 29(3), 339-367. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10340473>
- Gandolfi, E., Kosko, K.W., et Ferdig, R.E. (2021). Situating presence within extended reality for teacher training: Validation of the extended Reality Presence Scale (XRPS) in preservice teacher use of immersive 360 video. *British Journal of Educational Technology*, 52, 824-841. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10274526>
- Gandolfi, E., Ferdig, R., et Kosko, K.W. (2022). Preservice teachers' focus in 360 videos: understanding the role of presence, ambisonic audio, and camera placement. *Journal of Technology and Teacher Education*, 30(3), 321-339.
- Geng, J., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., et Luk, E. T. H. (2019). Understanding the pedagogical potential of Interactive Spherical Video-based Virtual Reality from the teachers' perspective through the ACE framework. *Interactive Learning Environments*, 618-633. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1593200>.
- Gobin Mignot, E. et Wolff, B. (2019). *Former avec la réalité virtuelle. Comment les techniques immersives bouleversent l'apprentissage*. Dunod.
- Gold, B., et Windscheid, J. (2020). Observing 360-degree classroom videos – Effects of video type on presence, emotions, workload, classroom observations, and ratings of teaching. *Computers & Education*, 156, 103960. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103960>
- Guichon, N., Thiburce, J., Lascar, J., et Doufauquar, S. (2022). Concevoir des parcours immersifs en français langue seconde pour préparer les étudiants étrangers à la mobilité. *Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication*, 25(2).
- Ibrahim-Didi, K. (2015). Immersion within 360 video settings: Capitalising on embodied perspectives to develop reflection-in-action within pre-service teacher education. Dans T. Thomas, E. Levin, P. Dawson, K. Fraser et R. Hadgraft (dir.) *Research and Development in Higher Education: Learning for Life and Work in a Complex World*. vol. 38, 235-45. Melbourne, Australia.



- Joglar Campos, C., et Rojas-Rojas, S. (2019). Reflection upon the practice and profile of the movement of the planes of thought in pre-service teachers of science through the use of 360° video recordings. Dans L. Gómez Chova, A. Lópoez Martínez, I. Candel Torres (dir.), *Proceedings of the 13th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 9595-9600). <https://dx.doi.org/10.21125/inted.2019.2384>
- Kim, J., Kim, K. et Kim, W. (2022). Impact of Immersive Virtual Reality Content Using 360-Degree Videos in Undergraduate Education, Dans *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(1), 137-49. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3157250>
- Kittel, A., Larkin, P., Elsworth, N., Lindsay, R., et Spittle, M. (2020). Effectiveness of 360° virtual reality and match broadcast video to improve decision-making skill. *Science and Medicine in Football* 4, 255-62. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1754449>.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning*. Prentice-Hall.
- Kosko K. W., Ferdig R. E., et Zolfaghari M. (2019). Preservice teachers' noticing in the context of 360 video. Dans S. Otten, A.G. Candela, Z. de Araujo, C. Haines, C. Munter. (dir.), *Proceedings of the 41st Annual Meeting of the North American Chapter for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 1167-1171). University of Missouri.
- Kosko, K. W., Ferdig, R. E., et Roche, L. (2021). Conceptualizing a Shared Definition and Future Directions for Extended Reality (XR) in Teacher Education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 29(3), 257-277. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10340467>
- Kosko, K. W., Ferdig, R. E., et Zolfaghari, M. (2021). Preservice Teachers' Professional Noticing When Viewing Standard and 360 Video. *Journal of Teacher Education*, 72(3), 284-297. <https://doi.org/10.1177/0022487120939544>
- Kosko, K.W., Weston, T., L. et Amador, J.M. (2021). 360 Video as an Immersive Representation of Practice: Interactions between Reported Benefits and Teacher Noticing. *Mathematics Teacher Education and Development*, 23(4), 162-181. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1339843.pdf>
- Kosko, K. W. (2022). Pre-service teachers' professional noticing when viewing standard and holographic recordings of children's mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(4), em0706. <https://doi.org/10.29333/iejme/12310>
- Kosko, K. W., Heisler, J., et Gandolfi, E. (2022). Using 360-degree video to explore teachers' professional noticing. *Computers and Education*, 180, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104443>
- Kosko, K.W., Zolfaghari, M., et Heisler, J. (2022). Using 360-degree video footage to support the preparation and development of teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(9). <https://doi.org/10.29333/ejmste/12267>
- Lahlou, S., Nosulenko, V., et Samoylenko, E. (2012). *Numériser le travail: Théories, méthodes et expérimentations*. Lavoisier.
- Lampropoulos, G., Barkoukis, V., Burden, K., et Anastasiadis, T. (2021). 360-degree video in education: An overview and a comparative social media data analysis of the last decade. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00165-8>
- Mestre, D., Fuchs, P., Berthoz, A., et Vercher, J. L. (2006). *Immersion et présence. Le traité de la réalité virtuelle*. École des Mines de Paris, 309-338.
- Milgram, P., et Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality visual display. *IEICE Transactions on Information System*, E77-D(12).
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2, 486-497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Nayar, S. (1997). Catadioptric omnidirectional camera. *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'97)*, 482-488. <https://doi.org/10.1109/CVPR.1997.609369>
- O'Keeffe, L., Rosa, A., Vannini, I., et White, B. (2020). Promote Informal Formative Assessment practices in Higher Education: the potential of video analysis as a training tool. *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, 20(1), 43-61. <http://dx.doi.org/10.13128/form-8241>
- Panchuk, D., Klusemann, M. J., et Hadlow, S. M. (2018). Exploring the Effectiveness of Immersive Video for Training Decision-Making Capability in Elite, Youth Basketball Players. *Frontiers in Psychology*, 9, 2315. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02315>
- Paraskevaidis, P., et Fokides, E. (2020). Using 360° Videos for Teaching Volleyball Skills to Primary School Students. *Open Journal for Information Technology*, 3(1), 21-38. <https://doi.org/10.32591/coas.ojit.0301.03021p>



- Pirker, J., et Dengel, A. (2021). The Potential of 360-Degree Virtual Reality Videos and Real VR for Education: A Literature Review. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41(4), 76-89. <https://doi.org/10.1109/MCG.2021.3067999>
- Ranieri, M., Luzzi, D., Cuomo, S., et Bruni, I. (2022). If and how do 360° videos fit into education settings? Results from a scoping review of empirical research. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1199-1219. <https://doi.org/10.1111/jcal.12683>
- Richter, E., Hußner, I., Huang, Y., Richter, D., et Lazarides, R. (2022). Video-based reflection in teacher education: comparing virtual reality and real classroom videos. *Computers & Education*, 104601. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104601>
- Roche, L., et Gal-Petitfaux, N. (2015). A video-enhanced teacher learning environment based on multimodal resources: A case study in PETE. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 11(2), 91-110. <http://doi.org/10.20368/1971-8829/1022>
- Roche, L., et Gal-Petitfaux, N. (2017). Using 360° video in Physical Education Teacher Education. Dans P. Resta & S. Smith (dir.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3420-3425). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://tinyurl.com/4bpm8ftz>
- Roche, L., et Rolland, C. (2020). Scaffolding professional learning with 360° video for pre-service teachers. Dans E. Langran (dir.), *Proceedings of SITE Interactive 2020 Online Conference* (pp. 569-576). Online: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://hal.science/hal-03092206>
- Roche, L., Cunningham, I., et Rolland, C. (2021a). Enriching Internship with 360° Video. *Journal of Technology and Teacher Education*, 29(3), 369-388. Waynesville, NC USA: Society for Information Technology & Teacher Education. <https://hal.uca.fr/hal-03417479>
- Roche, L., Kittel, A., Cunningham, I., et Rolland, C. (2021b). 360° video integration in teacher education: A SWOT Analysis. *Frontiers In Education*, 6, 761176. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.761176>
- Roche, L., et Rolland, C. (2021). Former les enseignants d'EPS en temps de pandémie. Le recours à la vidéo 360°. *Recherche & formation*, (96), 65-80. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.7860>
- Roche, L., Cunningham, I., Rolland, C., Fayaubost, R., et Maire, S. (2022). Reducing fear of water and aquaphobia through 360 degree video. *Frontiers in Education*, 7:898071. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.898071>
- Ros, M., Debien, B., Cyteval, C., Molinari, N., Gatto, F., et Lonjon, N. (2020). Applying an immersive tutorial in virtual reality to learning a new technique. *Neurochirurgie*, 66(4), 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2020.05.006>
- Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A., et McConnell, D. S. (2019). Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education*, 128, 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.015>
- Sarkar, A., Nguyen, A., Yan, Z., et Nahrstedt, K. (2022). A 360-Degree Video Analytics Service for In-Classroom Firefighter Training. *2022 Workshop on Cyber Physical Systems for Emergency Response (CPS-ER)*, pp. 13-18. <https://doi.org/10.1109/CPS-ER56134.2022.00009>
- Schön, D.A. (1983). *Le praticien réflexif. À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Éditions Logiques.
- Seidel, T., et Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. *American Educational Research Journal*, 51(4), 739-771. <https://doi.org/10.3102/0002831214531321>
- Skarbez R, Smith, M., et Whitton, M.C. (2021) Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality* (2)647997. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>
- Snelson, C., et Hsu, Y.C. (2020). Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: a Scoping Review of the Emerging Research. *TechTrends*, 64, 404-412. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00474-3>
- Tak, N.-Y., Lim, H.-J., Lim, D., Hwang, Y.-S., et Jung, I.-H. (2023). Effect of self-learning media based on 360° virtual reality for learning periodontal instrument skills. *European Journal of Dental Education*, 27(1), 1-8. <https://doi.org/10.1111/eje.12769>
- Tan, S., Wiebrands, M., O'Halloran, K., et Wignell, P. (2020) Analysing student engagement with 360-degree videos through multimodal data analytics and user annotations. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(5), 593-612, <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1835708>
- Tarantini, E. (2021). 360° video reflection in teacher education: a case study. 18th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2021). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED621339.pdf>



- Theelen, H., van den Beemt, A., et den Brok, P. (2019). Using 360-degree videos in teacher education to improve preservice teachers' professional vision. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35, 582–594. <https://doi.org/10.1111/jcal.12361>
- Theelen, H., van den Beemt, A., et den Brok, P. (2020). Enhancing authentic learning experiences in teacher education through 360-degree videos and theoretical lectures: Reducing preservice teachers' anxiety. *European Journal of Teacher Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827392>
- Ulrich, F., Helms, N. H., Frandsen, U. P., et Rafn, A. V. (2019). Learning Effectiveness of 360° Video: Experiences from a Controlled experiment in Healthcare Education. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 98-111. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1579234>
- Viau-Guay, A. et Hamel, C. (2017). L'utilisation de la vidéo pour développer la compétence réflexive des enseignants. Une recension des écrits. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 39(1), 129-146. <https://bop.unibe.ch/sjer/article/download/5003/7293/>
- Walshe, N., et Driver, P. (2019). Developing reflective trainee teacher practice with 360-degree video. *Teaching and Teacher Education: An International Journal of Research and Studies*, 78(1), 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.11.009>
- Westmoreland, M.R. (2020). 360° Video. Dans P. Vannini (dir.), *The Routledge International Handbook of Ethnographic Film and Video* (pp. 256-266). Routledge.
- Weston, T.L., et Amador, J.M. (2021). Investigating Student Teachers' Noticing Using 360 Video of their Own Teaching. *Journal of Technology and Teacher Education*, 29(3), 309-338. <https://www.learntechlib.org/primary/p/219535/>
- Wohl, M. (2017). *The 360° Video Handbook: A Step-by-step Guide to Creating Video for Virtual Reality (VR)*. Michael Wohl.
- Yoganathan, S., Finch, D. A., Parkin, E., et Pollard, J. (2018). 360° virtual reality video for the acquisition of knot tying skills: A randomised controlled trial. *International Journal of Surgery*, 54, 24-27. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2018.04.002>
- Zolfaghari, M., Austin, C. K., Kosko, K., et Ferdig, R. E. (2020). Creating Asynchronous Virtual Field Experiences with 360 Video. *Journal of Technology and Teacher Education*, 28(2), 315-320. <https://www.learntechlib.org/primary/p/216115/>

Scénario pédagogique et artéfacts numériques de réalité virtuelle pour étayer l'activité de jeunes autistes vers un habitat inclusif partagé

Educational Scenario and Virtual Reality Digital Artifacts to Support the Activity of Young People With Autism Towards a Shared Inclusive Habitat

Escenario educativo y artefactos digitales de realidad virtual para apoyar la actividad de jóvenes con autismo hacia un hábitat inclusivo compartido

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.348>

Cécile Lacote-Coquereau, doctorante
Nantes Université, France
cecile.lacote-coquereau@univ-nantes.fr

Patrice Bourdon, maître de conférences
Nantes Université, France
patrice.bourdon@univ-nantes.fr

Cendrine Mercier, maîtresse de conférences
Nantes Université, France
cendrine.mercier@univ-nantes.fr

Gaëlle Lefer-Sauvage, maîtresse de conférences
Université de Mayotte, France
gaelle.lefer-sauvage@univ-mayotte.fr



RÉSUMÉ

Le programme de recherche Participe 3.0 vise à accompagner huit jeunes adultes autistes dyscommunicants vers un habitat inclusif partagé, par l'introduction d'outils de réalité virtuelle consacrés à la préparation du repas (Fuchs, 2018; Cherix *et al.*, 2019). Il s'agit d'analyser comment, en contexte d'éducation/formation, un environnement immersif 3D peut favoriser l'attention et les interactions pour un public aux percepts langagiers et psychosensoriels caractéristiques (Bogdashina, 2020; Mottron, 2004). Les recherches attestent que les outils numériques peuvent encourager l'engagement dans l'activité, au sens de Leontiev (1975/2022), d'enfants avec autisme (Bourgueil *et al.*, 2015; Mercier *et al.*, 2022). Mais qu'en est-il, lors de l'immersion au sein de capsules de réalité virtuelle, de leur capacité visuoattentionnelle et praxique, inhérente au couplage perception-action? Dans quelle mesure ces technologies immersives pourraient-elles minorer les troubles attentionnels, déficit cognitif fréquemment rapporté, et favoriser l'engagement dans l'activité? Les résultats montrent l'importance d'un scénario pédagogique conçu en démarche collaborative, centré sur l'utilisateur (Guffroy *et al.*, 2017; Bourdon, 2021) pour majorer la participation et l'attention, et étayer les apprentissages d'apprenants dyscommunicants. Ils mettent en lumière la pertinence d'artefacts immersifs, au sein d'un environnement capacitant, pour acquérir une autonomie progressive (Rocque *et al.*, 2001).

Mots clés : éducation inclusive, instrumentation numérique, réalité virtuelle, autisme, dyscommunication, autodétermination

ABSTRACT

The research program "Participe 3.0" aims to accompany eight young adults with autism and dyscommunication towards a shared, inclusive habitat via the introduction of Virtual Reality tools dedicated to meal preparation (Fuchs, 2018 ; Cherix et al., 2019). The aim is to analyze how, in an educational/training context, a 3D immersive environment can foster attention and interactions for an audience with characteristic language and psycho-sensory percepts (Bogdashina, 2020 ; Mottron, 2004). Research shows that digital tools can encourage engagement in the activity (Leontiev, 1975/2022) of children with autism (Bourgueil et al., 2015 ; Mercier et al., 2022) . But what about their visual-attentional and praxical capacity, inherent in the perception-action coupling, during immersion in virtual reality capsules, and their visual-attentional capacity, inherent to the perception-action cognitive coupling? To what extent could these immersive technologies reduce attentional disorders, a cognitive deficit frequently reported and promote new operations for activity? The results show the importance of a pedagogical scenario designed in a collaborative approach centred on the user (Guffroy et al., 2017 ; Bourdon, 2021) (to increase participation, attention and support the activity of dys-communicative learners. They highlight the relevance of immersive artifacts within an enabling environment to acquire progressive autonomy (Rocque et al., 2001).

Keywords: inclusive education, digital instrumentation, virtual reality, autism, dyscommunication, self-determination

RESUMEN

El programa de investigación "Participe 3.0" tiene como objetivo acompañar a ocho jóvenes adultos con autismo y discomunicación hacia un hábitat inclusivo compartido, mediante la



introducción de herramientas de Realidad Virtual dedicadas a la preparación de comidas (Fuchs, 2018; Cherix et al., 2019). El objetivo es analizar cómo, en un contexto de educación/formación, un entorno inmersivo 3D puede fomentar la atención y la interacción de un público con percepciones lingüísticas y psicosenoriales especiales (Bogdashina, 2020; Mottron, 2004). Las investigaciones demuestran que las herramientas digitales pueden fomentar el compromiso con la actividad (Leontiev, 1975/2022) de los niños con autismo (Bourgueil et al., 2015; Mercier et al., 2022). Pero, ¿qué pasa con su capacidad visual-atencional, inherente al acoplamiento cognitivo percepción-acción, cuando se sumergen en cápsulas de realidad virtual? ¿Hasta qué punto estas tecnologías inmersivas podrían reducir los trastornos de la atención, un déficit cognitivo del que se informa con frecuencia, y promover nuevas operaciones para la actividad? Los resultados muestran la importancia de un escenario pedagógico colaborativo y centrado en el usuario (Guffroy et al., 2017; Bourdon, 2021) para aumentar la participación, la atención y apoyar la actividad de los alumnos discomunicativos. También destacan la relevancia de los artefactos inmersivos, dentro de un entorno propicio, para adquirir una autonomía progresiva (Rocque et al., 2001).

Palabras clave: educación inclusiva, instrumentación digital, realidad virtual, autismo, discomunicación, autodeterminación

Introduction

« Tous les enfants partagent la capacité d'apprendre et de progresser [...] sans distinction » (code de l'éducation, 2021). Dans une perspective d'éducabilité (Alin, 2019) et de participation citoyenne (Ebersold, 2021), le programme pluridisciplinaire Participe 3.0 vise à accompagner huit jeunes adultes autistes dyscommunicants vers un habitat inclusif partagé.

Les droits des personnes handicapées ont trouvé leur résonance internationale avec la Déclaration d'Incheon (UNESCO, 2015) portant notamment l'objectif d'« assurer l'accès à tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité et de promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie ». Notre recherche envisage « d'apporter des solutions innovantes d'accompagnement » aux personnes en situation de handicap (Haute Autorité de Santé, 2022, p. 1) au moyen des outils de réalité virtuelle¹ (VR) centrés sur l'expérience utilisateur (Guffroy *et al.*, 2017). Le dispositif s'inscrit dans un contexte de formation où l'activité du sujet participant (Bourdon, 2021) est médiatisée par un casque de VR et un scénario pédagogique dédié. La capsule immersive élaborée en expertises plurielles a pour but le développement d'habiletés sociales et domestiques (préparation du repas en autonomie), telles que décrites par l'échelle d'adaptation sociale Vineland-II². Si la finalité de la VR est de permettre à toute personne une activité sensorimotrice et cognitive dans un environnement symbolique, simulant certains aspects du monde réel (Fuchs, 2016), il s'agit ici de déployer des stratégies éducatives idoines pour rendre cette activité accessible à un public vulnérable, porteurs de trouble du spectre de l'autisme (TSA), du développement intellectuel (TDI) et du langage (OMS, 2022). Bénéficiant d'une mesure de protection juridique, du fait d'une altération des facultés cognitives,

¹ Nous utiliserons le sigle anglophone VR (*Virtual Reality*) pour « réalité virtuelle ».

² <https://www.pearsonclinical.fr/vineland-ii-echelle-devaluation-du-comportement-socio-adaptatif-de-vineland>



relationnelles, ou corporelles (Commission nationale consultative des droits de l'homme, 2015), les personnes dites « vulnérables » présentent un « état de sensibilité et de moindre résistance aux exigences du réel, qui appelle la prévention » (Alin, 2021, p. 233). Comme le définit l'OCDE (2008), toute personne avec besoins éducatifs particuliers³ (BEP) légitime des aménagements et des mesures éducatives spécifiques en situation d'apprentissage (Plaisance, 2009).

Dans ce contexte, notre article propose d'analyser comment un environnement tridimensionnel en VR peut favoriser la participation, l'attention conjointe et les interactions sensorimotrices d'un public dyscommunicant avec des percepts cognitifs et psychosensoriels spécifiques (Bogdashina, 2020; Alin, 2021). Dans un environnement virtuel⁴ rendu capacitant, quelles sont les potentialités pour l'usager en situation de handicap de percevoir, de décider, d'agir lors d'interactions intersubjectives propices au développement de son autonomie (Fernagu Oudet, 2012; Fuchs, 2018)? Corrélées aux usages des technologies immersives dans le champ des TSA, nos entrées théoriques s'appliquent aux motifs d'engagement dans l'activité, au sein de la communauté (Leontiev, 1975/2022; Engeström, 1987). Plusieurs résultats emblématiques montrant la pertinence de ces usages et les artefacts efficaces seront consécutivement analysés et discutés.

Enjeux du dispositif de formation en réalité virtuelle

Potentialités réalité virtuelle/autisme

Les troubles neurodéveloppementaux, auxquels est rattaché le TSA, sont une cause majeure d'incapacités et de handicaps fonctionnels durables (American Psychiatric Association, 2013; OMS, 2022). Dès le début des années 1990, dans la perspective du traitement des dysfonctionnements cognitifs, chercheurs et thérapeutes se sont saisis des possibilités offertes par la VR : « dispositifs permettant de créer un environnement virtuel autour d'un individu par stimulation de ses sens » (Fallet *et al.*, 2022). Ces technologies offrent à l'être humain « de nouveaux espaces d'interaction et d'expression dans lesquels il peut être immergé » en toute sécurité (Klinger, 2014, p. 57). Elles permettent d'amorcer l'apprentissage d'habiletés domestiques (type « préparation du repas ») sans exposer les usagers aux risques (brûlures, coupures...) induits en situation réelle (Standen et Brown, 2005). In extenso, la VR est utilisée en médiation de nombreux domaines éducatifs et thérapeutiques, allant de la formation professionnelle à la prise en charge de patients (Lambrey *et al.*, 2010) : atténuation de la douleur et des troubles anxieux, modulation des réponses nociceptives, rééducation de déficits moteurs, soutien des fonctions exécutives... (Fallet *et al.*, 2022; Lecouvey *et al.*, 2017; Suh et Prophet, 2018).

Sur le plan sensoriel, l'apprenant autiste rencontre généralement des difficultés pour traiter les flux d'informations simultanés (Bogdashina, 2020) et est potentiellement « sensible à toutes les formes de perturbation de son environnement, quel que soit le système sensoriel sollicité » (Alin, 2021, p. 77). En ce sens, la VR offre un contexte d'apprentissage stable, reproductible, sans distracteurs exogènes (bruits, allées et venues, intrusions inattendues...), qui sont autant de facteurs délétères à l'attention. Un interfaçage 3D capacitant où « les ressources du milieu et celles de l'individu entrent en interaction » (Fernagu Oudet, 2012, p. 204) consiste notamment à réduire la charge cognitive pour permettre à l'utilisateur immergé de se concentrer sur les tâches à réaliser (Lacote-Coquereau, 2020). Subséquemment, la VR peut aider à filtrer le

³ La terminologie « besoins éducatifs particuliers » ou « spéciaux » désigne les enfants présentant une déficience, des difficultés d'apprentissage ou des désavantages sociaux (OCDE, 2008).

⁴ Nous utiliserons également le sigle EV pour « environnement virtuel ».



flux d'informations sensorielles (atténuation acoustique et/ou lumineuse), à développer la conscience spatiale et la concentration (Krokos *et al.*, 2019). Au sein du dispositif présenté, les inférences sonores et lumineuses ont été réduites. Pour un public dit à BEP, ces adaptations de l'interface en affordance (Gibson, 1977) visent à « éviter les situations d'échec et à favoriser les tâches d'apprentissage » (Cherni *et al.*, 2012). Dans des *scenarii* pédagogiques adaptés, la VR permet de proposer une simulation graduelle des activités de vie quotidienne (AVQ) en « contrôlant qualitativement et quantitativement les informations délivrées par le système et en les adaptant aux capacités » de l'utilisateur (Klinger, 2014, p. 58).

Sur le plan cognitif, le TSA impacte de façon variée les fonctions du traitement de l'information de haut niveau, comme les fonctions sensorimotrices et exécutives : planification, mémorisation, attention (Klinger, 2014, p. 58). Or, chez les personnes autistes, les outils numériques peuvent susciter un intérêt particulier, propice à l'engagement dans l'activité (Mercier *et al.*, 2022). Au sein de capsules immersives, un dispositif incluant des renforceurs reliés à leurs centres d'intérêt et à leur projet de vie soutient leur motivation et leur capacité attentionnelle⁵. Des études en neuropsychologie auprès de patients atteints de troubles mnésiques ont ainsi montré qu'un entraînement itératif au sein d'une cuisine virtuelle améliore de façon importante les habiletés domestiques, assorties d'« un transfert au réel avec maintien dans le temps » (Allain *et al.*, 2014; Foloppe *et al.*, 2019). En EV, l'attention oculaire est essentielle. Or, une divergence ou un déficit de la poursuite oculaire, c'est-à-dire la capacité à suivre des yeux une cible visuelle en mouvement, est constaté chez les personnes autistes (Chokron *et al.*, 2014). Un déficit d'attention conjointe, affectant la qualité de la cognition sociale, est également souvent attesté (Baron-Cohen *et al.*, 1997). L'attention conjointe, « compétence essentielle pour la compréhension des situations sociales », doit alors faire l'objet d'un soutien particulier, en impulsant des stratégies d'imitation (Nadel, 2011; Bourdon *et al.*, 2018) ou en sollicitant « des gestes de communication, comme pointer du doigt pour désigner quelque chose » (Jordan et Magerotte, 2016, p. 17). La mise en place d'artefacts immersifs pour pallier cette attention déficitaire constitue l'un des enjeux majeurs du dispositif présenté. Nous définissons ici l'artefact immersif comme un « objet technique transformé par l'homme » (Rabardel, 1995) : un élément construit, implémenté au sein du scénario de réalité virtuelle.

Sur le plan moteur, la littérature relate une motricité autistique lacunaire, corrélée à des problèmes d'orchestration praxique intentionnelle. C'est 67 % des enfants ayant un diagnostic d'autisme typique qui présentent des troubles de la motricité, avec des compétences situées à -2,91 écarts-types de celles de la population typique (Miyahara, 2013). Des études mettent au jour la pertinence du couplage perception-action en vecteur de mémorisation kinesthésique (Alin, 2021; Clavaud, 2022). Dans le cas de stéréotypies motrices (*flapping* ou tremblements des mains), il est possible de « filtrer les données des capteurs de localisation pour stabiliser ces actions » par des aides logicielles comportementales motrices (ALC-M) (Fuchs, 2016, p. 28). Cette immersion et cette interaction « clefs de voûte de la réalité virtuelle » permettent à chacun d'engager une activité cognitive synchrone avec des objets modélisés selon ses besoins cognitifs ou sensorimoteurs. Avec un casque connecté à un ordinateur, à l'instar des capsules du dispositif, des usagers aux fonctions motrices altérées peuvent interagir simultanément avec l'EV (Sakkalis *et al.*, 2022).

Ray-casting : interface comportementale sensorimotrice

Parmi les artefacts efficaces, le *ray-casting* (faisceau lumineux indexé au pointage manuel) est la technique de pointage de cible manuelle la plus courante en EV (Baloup *et al.*, 2019). Le geste de pointage, motricité fine de haut niveau, induit des mouvements volontaires orientés vers un but. Cette praxie fortement cognitivorequérante sollicite les fonctions exécutives de planification, de programmation et de contrôle de

⁵ https://www.has-sante.fr/jcms/c_2006477/fr/trouble-du-spectre-de-l-autisme-interventions-et-parcours-de-vie-de-l-adulte



l'exécution (Amestoy, 2015). Aide comportementale sensorimotrice (ALC-M), le *ray-casting* peut se décliner en version mains libres pour répondre aux besoins spécifiques (Fuchs, 2016) et se substituer à l'utilisation de *controllers* 3D, manettes ou boutons d'usage complexe. Les sujets bénéficiant des technologies de VR sont notamment ceux qui présentent des troubles de l'attention ou de la coordination motrice (Klinger, 2014, p. 58), telles les personnes autistes entravées dans les composantes de la dextérité manuelle : latéralisation, coordination bimanuelle praxique, « comportements intentionnels, finalisés plus ou moins complexes » (Alin, 2021, p. 31). Les travaux autour de la cognition visuospatiale confortent l'hypothèse que des limitations motrices peuvent contribuer à perturber les fonctions perceptives et cognitives (Kershner, 1974). Il nous semble alors pertinent d'implémenter l'artefact du *ray-casting* en ALC-M pour favoriser un environnement virtuel capacitant.

Un environnement d'apprentissage capacitant, en affordance, est celui où « les ressources du milieu et celles de l'individu entrent en interaction » (Fernagu Oudet, 2012; Gibson, 1977). Dans le champ du handicap, un dispositif capacitant vise à « mettre en exergue les propriétés du milieu et l'outillage sensorimoteur dont dispose l'individu » (Chabert, 2021, p. 71). Défini par Wallon (1959), le milieu est le « complément indispensable de l'être vivant. Il doit répondre à ses besoins et à ses aptitudes sensorimotrices puis psychomotrices ». Grâce au *ray-casting*, l'utilisateur interagit tacitement avec l'EV, offrant ainsi une alternative à la dyscommunication. « Le monde visible et celui de mes projets moteurs sont des parties totales du même Être » (Merleau-Ponty, 1960, p. 17). De surcroît, du fait des capteurs connectés, l'activité exploratoire peut être mesurée sans verbalisation (Klinger, 2014). Proposer un outil permettant de rendre compte de ce qui est subjectivement signifiant pour l'utilisateur en favorisant son autonomie décisionnelle dans l'activité constitue un axe prégnant du dispositif.

Un cadre théorique pour penser l'activité de sujets autistes au sein d'une communauté éducative

Théorie de l'activité : de l'outil à l'appropriation des savoirs

Notre recherche s'appuie sur la théorie princeps de l'activité de Leontiev (1975/2022), reprise par un paradigme dit de troisième génération avec Engeström (1987). L'activité systémique est vue comme une organisation fonctionnelle du comportement dans laquelle s'inscrivent les échanges entre le sujet et son milieu, au sein d'une communauté, lors d'un « processus impulsé et orienté par un motif » (Leontiev, 1975/2022, p. 178⁶). La communauté est représentée par l'équipe socioéducative et les pairs-émulateurs (Engeström, 1987). Co-efférente, articulant réceptivité et extériorité agissante, « l'activité d'un individu humain représente un système de rapports sociaux » (Leontiev, 1975/2022, p. 82). Subséquemment, l'engagement du sujet dans l'activité engage un processus d'intériorisation/appropriation (figure 1) en tant que « transformation de processus extérieurs effectuée sur des objets matériels en processus se déroulant au niveau mental, au niveau de la conscience » (Leontiev, 1975/2022, p. 92). La fonction d'un matériel visuel (ici la capsule de préparation du repas) est de médiatiser, « de servir de support extérieur aux actions intérieures effectuées sous la direction du [guidant] au cours du processus d'assimilation des connaissances » (Leontiev, 1975/2022, p. 245). Dans ce contexte, « l'activité intellectuelle n'est jamais isolée de l'activité pratique », puisqu'elle « rentre obligatoirement en contacts pratiques avec des objets qui résistent à l'homme, qui la dévient, la modifient et l'enrichissent » (Leontiev, 1975, p. 90). Vecteur de conscientisation

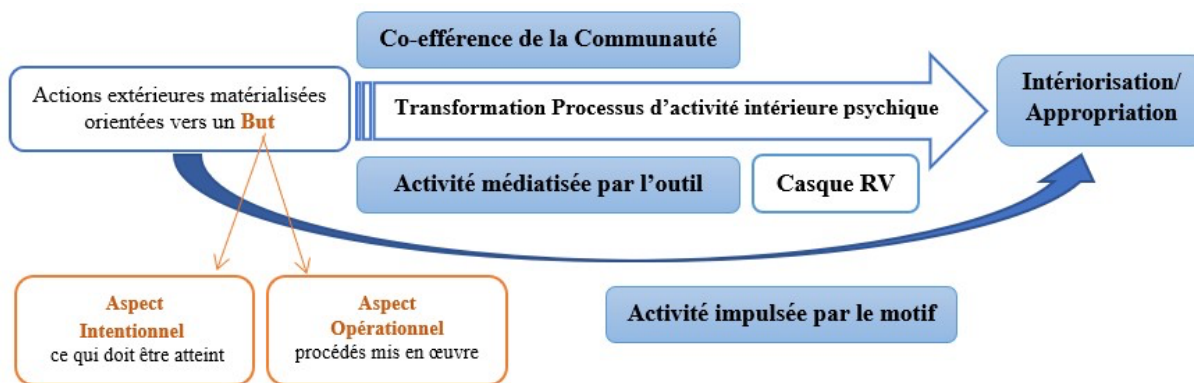
⁶ Les numéros de page pour Leontiev (1975/2022) correspondent à la réédition de l'ouvrage en 2022.



individuelle, l'activité permet d'affirmer « sa personnalité humaine, qualité particulière que l'individu naturel acquiert dans le système des rapports sociaux » (Leontiev, 1975/2022, p. 17-18).

Figure 1

Structure instrumentale de l'activité médiatisée par un casque VR



Note. Source : Auteurs d'après les travaux de Leontiev (1975/2022) et Engeström (1987).

La figure 1 présente la structure instrumentale et systémique de l'activité médiatisée par un outil (casque de VR). L'engagement dans l'activité du sujet est impulsé par un motif (intrinsèque, extrinsèque, pleinement conscientisé ou non) au sein de la communauté. Les phases d'intériorisation/appropriation de l'outil dans l'activité « impliquent leur régulation consciente, c'est-à-dire la présence de la conscience, et, à certaines étapes du développement, la conscience de soi du sujet » (Leontiev, 1975/2022, p. 169). *De facto*, « l'activité d'appropriation des savoirs relève du rapport à un processus d'apprentissage donné, articulé à la maîtrise d'une activité de réflexion en situation » (Barthes, 2022, p. 135). Il en est de même pour l'appropriation des savoirs autour d'un objet technique dans une activité instrumentée immersive.

ACTIVITÉ ET MILIEUX : CORELATION DES APPRENTISSAGES

Dans cette perspective théorique, penser les interactions et les effets du milieu sur l'activité des personnes apparaît nécessaire. Les travaux de Wallon sont précieux lorsqu'il précise que les « milieux » dans lesquels les activités se déroulent comportent une double fonction : « milieux moyens » permettant d'engager de nouveaux apprentissages, et « milieux champ d'application » favorisant l'expérimentation et la consolidation des compétences préexistantes dans la zone proximale de développement (Wallon, 1959 ; Vygotski, 1934). Simuler et construire de nouvelles compétences dans l'usage d'une cuisine virtuelle constitue un moyen bicéphale d'amorcer des apprentissages et de consolider les savoirs en émergence.

ACTIVITÉ ET IMAGE : PROCESSUS DE SUBJECTIVATION

L'image est au cœur de l'environnement virtuel. Les travaux sur la vie psychique ont montré que l'être humain utilise « tous les moyens à sa disposition pour transformer ce qu'il a projeté, et le réintérioriser ensuite en enrichissant sa personnalité » (Tisseron et Tordo, 2021, p. 38). Les images, réelles ou virtuelles, prennent un rôle central dans la construction de l'activité. Elles tissent une relation fondamentale, en processus réflexif propre à l'usager. Par son pouvoir d'immersion, chaque image se propose comme « un territoire dans lequel nous sommes invités à entrer », à la fois « refuges, leviers de transformation du monde et espaces de résonances et significations partagées » (Tisseron et Tordo, 2021, p. 31). Cette invitation, pour s'incarner en



appropriation psychique, doit devenir investigation personnelle. Par exemple, s'il est admis par les savoirs d'usage que la fonctionnalité du micro-ondes consiste à réchauffer un aliment, quel sens personnel cela revêt-il pour le sujet autiste qui n'a jamais eu l'occasion de l'utiliser ? Le sens est « partie intégrante du contenu vécu... interaction du sujet réel avec le monde qui l'entoure » (Leontiev, 1975/2022, p. 261-262). Il participe pleinement du processus d'apprentissage. Le concept de subjectivité est ancré dans la perspective de Leontiev, défini comme un élément de l'activité qui implique une action de la part du sujet. Ce processus de subjectivation soutient le développement des sujets-participants (Bourdon, 2021) inhérent des interactions des usagers avec les ressources de l'environnement.

Problématisation et question de recherche

Les études scientifiques mettent en valeur deux spécificités de notre recherche que nous tentons d'articuler : d'abord, les travaux sur la VR étant récents, les apports sur le domaine sont encore peu nombreux et vont relativement dans le même sens. Auprès des personnes autistes, la VR présente un intérêt sur le plan du développement sensorimoteur (mémorisation kinesthésique, Bogdashina, 2020), social (imitation et attention conjointe, Chokron *et al.*, 2014 ; Krokos *et al.*, 2019) et cognitif (planification, mémorisation, attention, Klinger, 2014 ; Krokos *et al.*, 2019). La seconde spécificité de notre recherche est d'interroger les conditions efficaces de médiation des étayants (Bruner, 1983) auprès d'une population particulière, celle de personnes autistes dyscommunicantes présentant des altérations cognitives et sensorimotrices. Or, dans le cadre, les recherches scientifiques sont, à notre connaissance, inexistantes.

Aussi, pour répondre aux besoins épistémologiques de notre recherche, les travaux sur l'analyse de l'activité instrumentée (Rabardel, 1995) ne doivent pas uniquement tenir compte du sujet/objet/outil, mais aussi de la mise en place de cette expérimentation transformative au sein de la communauté (Engeström *et al.*, 1999). Eu égard à notre public dit avec BEP, l'outil technologique, *per se*, ne peut suffire. Pour les apprenants avec troubles du langage et du développement intellectuel, une tierce personne interactante (Kerbrat-Orecchioni, 1990) est effectivement préconisée en médiation triangulée (Bedoin *et al.*, 2015). Plus encore, la manière dont les jeunes donnent du sens à l'activité transformative est absolument nécessaire à évaluer pour éviter (comme c'est parfois le cas dans l'autisme) d'amener le jeune à « appliquer » ce qu'il apprend, mais à « comprendre » ce qu'il est en train de faire. Dès lors, Leontiev s'avère incontournable à notre recherche, rendant intrinsèque le « motif » à l'activité. C'est dans ce contexte éducatif de médiation triangulée que nous interrogeons l'efficacité d'artefacts immersifs pour compenser les atteintes attentionnelles, langagières et praxiques de notre public :

Quels scénarii et artefacts immersifs capacitants pourraient étayer les compétences attentionnelles, sensorimotrices et interactionnelles d'usagers dyscommunicants avec autisme ?

Méthodologie

Public de l'étude

L'étude s'adresse à un public vulnérable, bénéficiant d'une mesure de protection juridique, du fait de l'altération des facultés cognitives et relationnelles, ou corporelles (Commission nationale consultative des droits de l'homme, 2015). La cohorte se compose de huit jeunes adultes avec un trouble du spectre de l'autisme, du langage et du développement intellectuel (TDI) (OMS, 2022) :



- 4 hommes – 4 femmes
- Âge moyen : 23 ans
- 2 sujets sur 8 sont en capacité graphique (écriture partielle) sans autonomie discursive
- 6 sujets sur 8 n'ont accès ni à l'écriture ni à la lecture
- 8 personnes sur 8 présentent des altérations du langage oral

Les évaluations cliniques sont basées sur l'échelle diagnostique AMSE (*Autism Mental Status Exam*) (Grodberg *et al.*, 2014).

Sept items significatifs du TSA sont cotés de 0 à 2, selon la sévérité des altérations (total/14) : contact visuel, intérêt pour autrui, capacité à pointer, langage/pragmatique du langage, stéréotypies, préoccupations envahissantes.

Parmi les sept domaines observés, trois se rattachent précisément aux compétences ciblées par notre étude : capacité à pointer, langage et pragmatique du langage.

CAPACITÉS LANGAGIÈRES : ALTÉRATION MAJEURE

Les résultats à la cotation AMSE indiquent une altération importante des items *langage* et *pragmatique du langage* (tableau 1).

Tableau 1

Cotations AMSE pour échantillon de l'étude à T1 (T1 = mars 2022)

ALTÉRATION DES ITEMS OBSERVÉS	MOYENNE échantillon	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Contact visuel	0,6/2	0	0	1	2	0	1	0	1
Intérêt pour autrui	0,3/2	0	0	0	1	0	1	1	0
Capacité à pointer	0,3/2	0	0	1	0	0	1	0	1
Langage	½	1	1	1	1	1	1	1	1
Pragmatique du langage	1,6/2	1	1	2	2	1	2	2	2
Stéréotypies	2/2	2	2	2	2	2	2	2	2
Préoccupations envahissantes	1,6/2	1	2	1	2	1	2	2	2
TOTAL/14 Suspicion TSA>5	7,6/14	5	6	8	10	5	10	8	9

Note. © R = Résident. Items cotés de 0 à 2 selon la sévérité de l'atteinte. Langage : ½ (moyenne du groupe). Pragmatique du langage : 1,6/2 (moyenne du groupe). Une cotation totale > 5/14 engage une suspicion d'autisme (moyenne du groupe : 7,6/14).



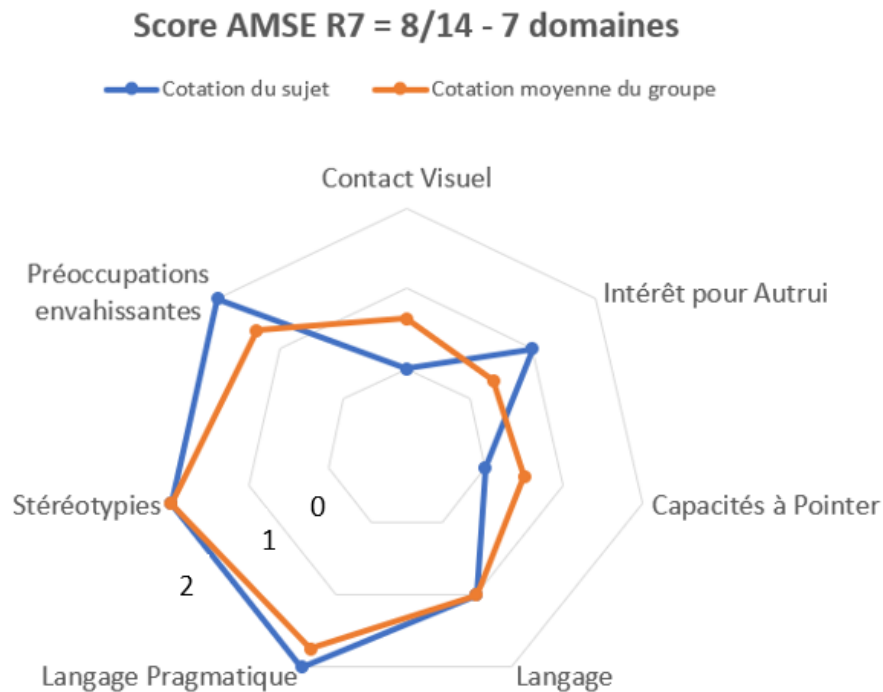
L'item *pragmatique du langage* induit des interactions sociales non pertinentes : non-respect du tour de parole de l'usager, intonation atypique ou monotone, écholalie, stéréotypies verbales, absence de lien pertinent entre un objet et son contexte (Beaupré *et al.*, 2014, p. 122). À l'extrême sévérité du trouble du spectre de l'autisme, la dyscommunication verbale devient *a-communication*, minorant, voire effaçant toute trace de langage verbalisé : « on n'arrive plus à trouver les mots qui peuvent faire des ponts » (Wolton, 2019, p. 202). La cotation moyenne du groupe (1,6/2) atteste d'une dyscommunication moyenne à sévère pour les participants. Les artefacts pouvant soutenir les capacités langagières, tel le *ray-casting*, constituent un enjeu majeur du dispositif.

CAPACITÉ SENSORIMOTRICE DE POINTAGE : ALTÉRATION MINEURE

Les évaluations diagnostiques AMSE montrent une capacité à pointer préservée ou modérément altérée (moyenne du groupe : 0,3/2). En guise d'illustration, le diagramme Kiviat représente la synthèse des scores pour le résident 7, en comparatif de la moyenne du groupe (figure 2).

Figure 2

Cotations AMSE R7 à T1



Note. Source : diagramme Kiviat (Mayr, 1877) d'après l'échelle AMSE (Grodberg *et al.*, 2014).

R7 présente une cotation totale de 8/14, supérieure au palier de suspicion du TSA (5/14) de l'AMSE. Les capacités scorées de *langage* (1/2) et *pragmatique du langage* (2/2) attestent d'une dyscommunication importante. La capacité de pointage scorée à 0/2 paraît en revanche préservée et fonctionnelle.

Dans le champ de l'autisme, la capacité à pointer se trouve souvent défailante. Geste de motricité fine, elle



nécessite la coordination visiomaneuvel évaluée pour les apprenants TSA à -1,20 écarts-types de personnes neurotypiques (Fournier *et al.*, 2010). En EV, la technologie du *ray-casting* pourrait se révéler efficace pour renforcer les interactions d'un public en difficulté de verbalisation. Nos analyses et résultats associés interrogeront la pertinence de cette hypothèse.

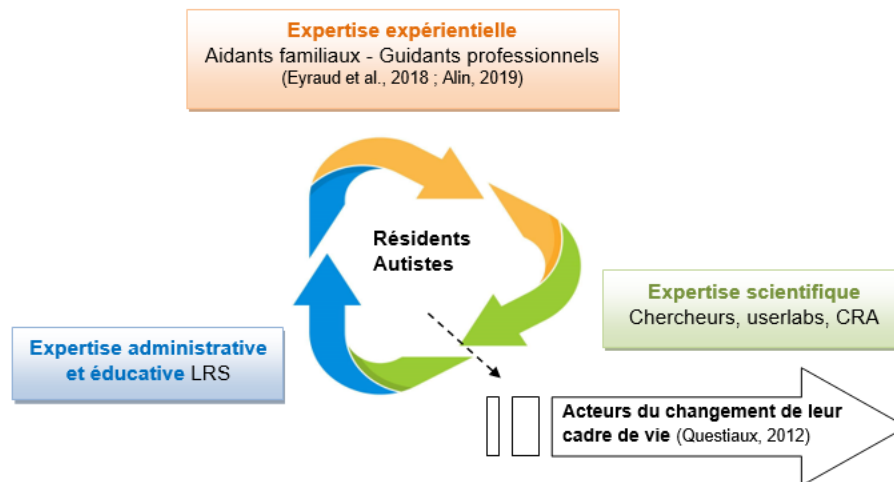
Approche épistémologique anthropocentrique

LA QUESTION DU SUJET-PARTICIPANT

Dans le sillage des travaux de Bourdon (2021), il s'agit de considérer la nécessité d'une immersion longue et régulière dans le terrain de recherche, de constituer un consortium pluridisciplinaire favorisant l'accès à la complexité des situations éducatives et à sa multidimensionnalité pour mettre au jour l'activité. Nous développons une approche centrée sur l'utilisateur et les interactions qui se développent pour, enfin, nourrir une pratique et une culture de l'observation (Bourdon, 2021, p. 228). Notre recherche participative associe les savoirs théoriques et scientifiques du consortium (dont l'appui du Centre Ressources Autisme⁷) aux savoirs expérientiels des usagers, reconnus « experts concernant la véracité de tel ou tel savoir expérientiel » (Gardien, 2017, p. 34). L'appropriation et la sémantisation des savoirs sont induites par l'expérience personnelle plutôt que par le raisonnement discursif. Ainsi, s'intéresser aux perspectives alternatives soutenues par les populations directement concernées multiplie les angles du travail analytique et soutient une validité supérieure des connaissances produites (Gardien, 2017, p. 42). En prenant appui sur ces expertises plurielles, un dispositif collaboratif est privilégié à dessein de mieux appréhender les BEP des usagers (figure 3).

Figure 3

Dispositif collaboratif en expertise plurielle



Note. Source : Auteurs.

⁷ Les Centres Ressource Autisme (CRA) sont, en France, une structure médicosociale publique destinée aux personnes avec un TSA (2002). <https://gncra.fr/les-cra/presentation-des-cra-et-leurs-missions/>



Il s'agit de « structurer une communauté de recherche forte, capable de travaux interdisciplinaires et étroitement connectée aux secteurs d'activité concernés, notamment éducation, technologies de compensation » (Ministère des Solidarités et de la Santé, 2018, p. 66). Pour que des individus, « notamment les plus démunis », puissent développer leurs savoirs et exercer leur pouvoir d'agir, les partenaires doivent accepter d'abandonner la verticalité de leurs politiques sociales et relationnelles au profit de pratiques de coconstruction (Avenel, 2017, p. 52). Le choix d'intégrer pair-aidance et pair-émulation pour concevoir et faire usage des outils numériques va permettre une co-élaboration au fil de l'activité et une prise en considération du sujet-participant.

DISPOSITIF PÉDAGOGIQUE CENTRÉ SUR L'UTILISATEUR

La méthodologie dite « agile » de conception centrée sur l'utilisateur (CCU), spécifiquement dans l'autisme (Guffroy *et al.*, 2017), est axée sur l'usager pleinement considéré en tant que sujet interactif (Bourdon, 2021). Le scénario est construit de manière collaborative, itérative et incrémentale (figure 5). L'usager est au centre du système : approche anthropocentrique et non technocentrique (Fuchs, 2016, p. 23). Cette posture de recherche « avec » et non « sur » la personne concernée favorise son pouvoir d'agir et sa *capabilité* en devenir : « possibilité et aptitude d'un individu... qui reflètent la liberté dont dispose la personne pour mener un type de vie ou un autre » (Sen, 2009).

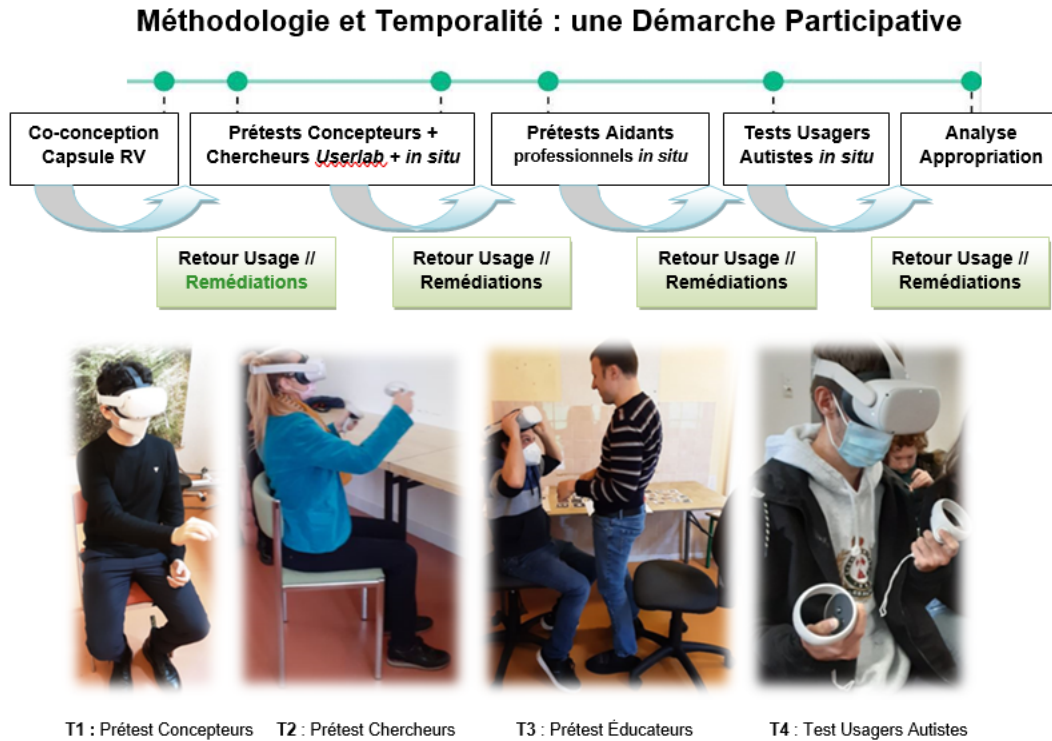
La figure 4 présente le protocole Agile CCU, présidant à la conception du scénario pédagogique des capsules de VR, en cinq étapes :

- T0 : Conception d'une capsule en *userlab*
- T1 : Prétest d'un concepteur en milieu écologique (retours usages/remédiations)
- T2 : Prétest d'une chercheuse en milieu écologique (retours usages/remédiations)
- T3 : Prétest d'un éducateur en milieu écologique (retours usages/remédiations)
- T4 : Test d'un résident autiste en milieu écologique (retours usages/remédiations)



Figure 4

Scénario pédagogique anthropocentré d'après la méthodologie Agile CCU



Note. Photographies des essais immersifs. Source : © Auteurs.

ENVIRONNEMENT CAPACITANT POUR LE SUJET AVEC TSA

Le scénario immersif se construit, se modifie et se réajuste sans cesse au plus proche des besoins cognitifs et psychosensoriels des participants autistes. Les remédiations apportées émanent des savoirs théoriques et expérientiels de l'équipe plurielle, ainsi que des verbatim des usagers recueillis durant l'expérimentation. Les étayages vers un environnement d'apprentissage le plus capacitant possible cherchent à « mettre en exergue les propriétés du milieu et l'outillage sensorimoteur dont dispose l'individu » (Chabert, 2021, p. 71). Le tableau 2 présente les étayages exogènes et endogènes mis en place pour favoriser un environnement capacitant.



Tableau 2

Tableau des étayages exogènes/endogènes progressivement mis en place lors des essais VR

SPÉCIFICITÉS Public avec TSA	ÉTAYAGES EXOGÈNES VR	ÉTAYAGES ENDOGÈNES VR
Troubles du langage (Alin, 2019)	Guidance triangulée Communication alternative : pictogrammes, photogrammes, sémiotique Makaton ⁸	Pictogrammes (Orsoni, 2018) (Wehmeyer et Little, 2013) Pointage sans verbalisation (<i>ray-casting</i>)
Troubles du développement intellectuel	Anticipation des activités Socle lexical commun	Scénario mains libres (<i>ray-casting</i>)
Perception temporelle altérée (Mottron, 2004)	Planification des activités	Scénario séquencé <i>Timer</i> micro-ondes
Percepts visuels atypiques (Chokron <i>et al.</i> , 2014; Barbu-Roth <i>et al.</i> , 2009)	Salle dédiée Luminosité atténuée	Atténuation de la luminosité Formes 3D cuisine Diminution des <i>stimuli</i> extérieurs
Hypo-hyper sensorialité auditive (Bogdashina, 2020)	Possibilité de retrait, endroit calme (Park-Cardoso et da Silva, 2021)	Adaptation sonore Espace de ressourcement (jardin sensoriel)
Hypo-hyper sensibilité tactile (Bogdashina, 2020; Degenne-Richard, 2014)	Texture des chaises Accommodation progressive au toucher du casque	Casque serre-tête
Hypo-hyper sensibilité vestibulaire	Chaise à hauteur réglable	Images fixes ou ralenties
Hypo-hyper sensibilité olfactive	Absence de parfum	-
Interactions sociales altérées	Pair-émulation, pair-imitation Lieu commun ouvert à tous	Avatar Sentiment de présence (Biocca <i>et al.</i> , 2003)

⁸ Makaton : programme d'aide à la communication et au langage, constitué d'un vocabulaire fonctionnel utilisé avec la parole, les signes et/ou les pictogrammes, créé en 1972 par Margaret Walker (Montoya et Bodart, 2009).

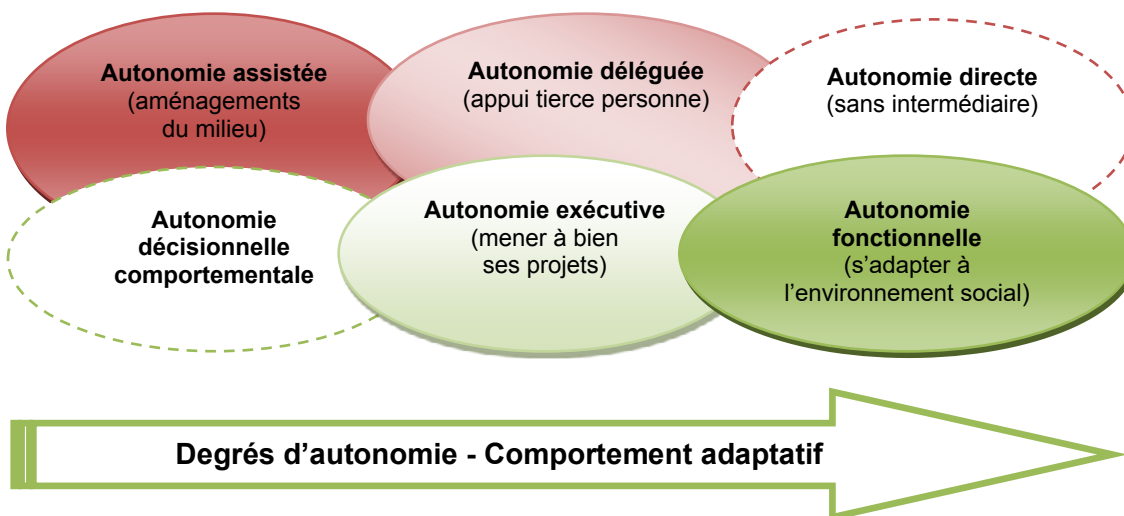


MÉDIATION TRIANGULÉE POUR PUBLIC DYSCOMMUNICANT

Le programme Participe 3.0 engage le développement et la consolidation d'habiletés sociales domestiques, vectrices d'autonomie. Les études montrent qu'une guidance triangulée favorise l'engagement dans l'activité de sujets avec troubles cognitifs : « le recours à une tierce personne sera parfois indispensable » (Bedoin *et al.*, 2015). Une autonomie progressive peut ainsi se construire selon trois degrés d'accessibilité : autonomie déléguée (médiation d'une tierce personne), assistée (milieu aménagé), directe (Rocque *et al.*, 2001) (figure 5).

Figure 5

Degrés d'autonomie progressive



Note. Source : Auteurs, d'après Rocque *et al.* (2001), Wehmeyer et Sands (1996), Bedoin *et al.* (2015).

Au sein de la cuisine virtuelle, l'un des enjeux consiste à développer l'autonomie décisionnelle : « habiletés d'une personne à indiquer ses préférences, à faire des choix et à amorcer une action en conséquence » (Wehmeyer et Sands, 1996). Dans des considérations éthiques, l'assentiment des participants a été sollicité en amont de la recherche auprès des usagers eux-mêmes, de leurs familles ou de leurs responsables de tutelle. Pour autant, « il convient de ne pas considérer pour définitivement acquis le consentement recueilli : ne pas enfermer l'individu dans un choix antérieur et s'assurer de l'actualité du consentement » (Commission nationale consultative des droits de l'homme, 2015, p. 6). En principe d'autodétermination, c'est le participant autiste qui choisit une tierce personne parmi les guidants éducatifs. Avant chaque essai immersif, le tiers guidant s'assure de l'accord du participant, par verbalisation et/ou pictogramme. Garant de gestes professionnels en savoirs expérientiels, il assiste le résident durant l'essai (figure 6).



Figure 6

Guidance triangulée pour public avec troubles cognitifs



Note. Photographie des essais VR. © Auteurs.

Sur ces photographies, le professionnel éducatif propose une guidance physique qui permet un engagement dans l'activité ou l'étayage de la coordination motrice lors d'un pointage manuel fragile. En guidance verbale, il propose les éléments à pointer (via *ray-casting*) pour mémoriser les étapes de la préparation du repas : sortir le plat du réfrigérateur, minuter le micro-ondes... Dans le public, les autres résidents observent et interagissent durant l'activité.

Outils et recueil de données

La recherche longitudinale est envisagée sur trois ans (2021/2024). Elle s'appuie sur une analyse inter et intrasujets fondée sur des données croisées, d'approche :

- Empirique : analyses filmiques, interactions verbales et non verbales entre pairs-usagers et guidants professionnels;
- Descriptive (données enregistrées par des capteurs du casque en VR) : oculométrie (*eye-tracking*), trajectoires posturales de la tête et bisannuelle, zones spatiotemporelles de collision en *ray-casting*;
- Clinique : échelles internationales en référence du TSA, AMSE (Grodberg *et al.*, 2014).

Au regard de nos questions de recherche, plusieurs indicateurs significatifs sont retenus dans leur évolution temporelle respective :

- Taux de participation/essais;
- Taux de présence/public;
- Taux de pointage par *ray-casting* (zones de collision d'objets);
- Taux de surbrillance (durée et degré de pointage);
- Couplage perception-action (suivi *eye-tracking*, trajectoires mains-tête).



TAUX DE PARTICIPATION

Le taux de participation est calculé, par séance, à partir du nombre de résidents présents ayant souhaité participer.

$$\text{Calcul \% P (participation)} = \frac{\text{n participants VR}}{\text{n présents}}$$

TAUX DE POINTAGE (RAY-CASTING)

Parmi les indicateurs d'activité pertinents pour comprendre les interactions du sujet avec TSA, nous nous intéressons au geste de pointage et à l'attention conjointe, cette « capacité intersubjective à établir une concentration partagée sur un même objet, à partager un même espace d'intérêt » (Scaife et Bruner, 1975). Précurseur du pointage et de l'intentionnalité, l'attention conjointe peut être définie comme une communication préverbalement (Aubineau *et al.*, 2015, p. 144), compétence psychocognitive fondamentale pour un public autiste dyscommunicant. Ces indicateurs (attention conjointe, pointage) nous semblent donc particulièrement pertinents pour notre problématique. Le taux de pointage en attention conjointe est calculé selon la capacité à cibler un objet du scénario préalablement énoncé par le tiers guidant, par *ray-casting*. L'analyse filmique rétroactive permet de vérifier les données évaluées en synchronie durant l'expérimentation.

TAUX DE SURBRILLANCE (RAY-CASTING)

Dans la capsule développée, une mise en surbrillance valide un pointage prolongé sur un objet implémenté. Ce geste kinesthésique de précision sensorimoteur induit une attention conjointe, visuelle et auditive, avec le tiers guidant. Cet indicateur renseigne sur l'attention et la coordination oculomotrice du participant, capable d'un pointage suffisamment précis et prolongé (> 0,5 seconde) sur la zone de collision de l'objet ciblé pour déclencher la surbrillance.

$$\text{Calcul \% S (surbrillance)} = \frac{\text{n pointage > 0,5 seconde/objet ciblé}}{\text{n total objets du scénario}}$$

Planification de la recherche

Durant la première année du dispositif (juin 2021/juillet 2022), 15 essais en VR sont effectués. Le dispositif s'est articulé en deux phases :

P1) Juin à novembre 2021 : phase préparatoire *Découverte VR*, habitude et adaptation du matériel aux BEP des usagers (serre-tête, chaises à roulettes à hauteur variable, abandon des manettes au profit du *ray-casting*).

P2) Janvier à juillet 2022 : phase effective *Expérimentation VR* (moyenne proratisée = 2 essais/mois).

La durée maximale par essai est fixée à 20 minutes, en vigilance d'éventuels troubles psychosensoriels (Fallet *et al.*, 2022). Les personnes avec TSA éprouvent une difficulté avérée à s'extraire d'une tâche dans laquelle elles éprouvent du plaisir ou de la fascination visuelle. Il convient dès lors, pour les professionnels en guidance triangulée, d'anticiper et d'accompagner ce changement d'activité.



Pour permettre l'analyse rétroactive des données, les séances sont simultanément enregistrées par deux caméras :

- Intra-ordinateur / vision face-sujet en activité, aux côtés du tiers guidant;
- Intra-casque Oculus Quest2 VR / vision intrasujet en activité, en synchronie.

Du fait des capteurs connectés, nous mesurons l'activité exploratoire sans recours à la verbalisation : variables numériques (durée et degré de pointage, zones de collision du *ray-casting*, trajectoires posturales, *eye-tracking*...). Les films d'étude par analyses croisées (traces filmiques et statistiques) permettent de rendre compte des gestes, des guidances et des interactions du sujet (Alin, 2019; Lacote-Coquereau, 2020).

Résultats et discussion

Un objectif de la recherche est d'identifier dans quelle mesure un scénario pédagogique, avec artefacts immersifs dédiés, peut étayer l'activité d'autistes dyscommunicants. Les résultats mettent en exergue plusieurs variables relatives à l'engagement dans l'activité et aux interactions induites. Tout résultat sera inductivement suivi d'une discussion au fil du texte pour en favoriser la compréhension synoptique.

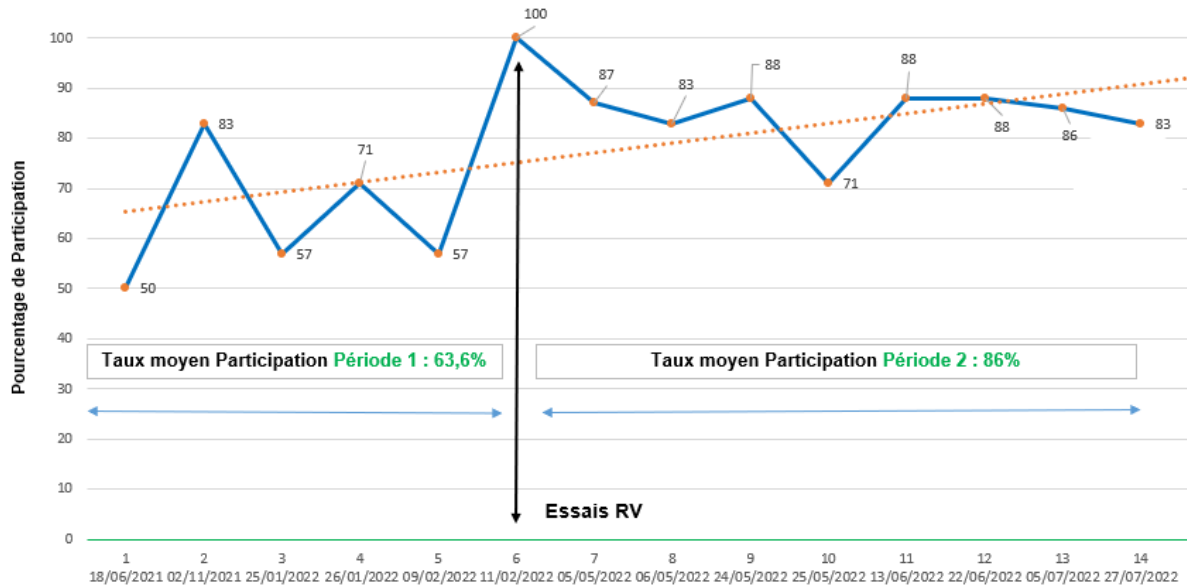
Engagement dans l'activité : le milieu commun, vecteur de participation

Nous relevons une majoration du taux de participation des résidents aux essais de VR à compter de la période 2, de février à juillet 2022 (figure 7).



Figure 7

Évolution du taux de participation des huit résidents aux essais VR



Note. Moyenne de la période 1 : 63,6 % versus moyenne de la période 2 : 86 %, soit un indice majoré de + 20 points (instant de césure au 6^e essai).

La figure 7 montre une augmentation importante du taux de participation (indice majoré de > 20 points) au seuil de la période 2. Cet engagement dans l'activité coïncide avec une modification du lieu dans lequel se sont déroulés les essais immersifs. En période 1, une petite salle réservée aux simulations, éloignée spatialement, peu utilisée par les résidents avec autisme, est investie. Le choix initial s'est porté sur un lieu calme, isolé, en vue de créer un nouvel habitus. En période 2, pour des raisons de connectique (réseau Internet instable et absence du double écran), l'équipe de recherche doit incidemment utiliser le salon, offrant une meilleure connexion et un écran de TV en remédiation. Situé au carrefour du lieu de vie, le salon favorise les allées et venues, et majore la présence dans le public grâce aux confortables canapés où chacun a déjà ses habitudes.

Nous pouvons alors mettre en évidence que mener une expérience éducative dans un lieu commun, connu et rassurant, soutient l'engagement dans la tâche et l'action chez des sujets autistes (Leontiev, 1975/2022). Dans cet environnement-interface devenu capacitant (Fernagu Oudet, 2012), les simulations virtuelles se sont révélées propices à l'interaction entre pairs. Les professionnels ont rendu compte de l'émergence de pair-émulation (soutien de pair-à-pair) dans ce nouveau milieu, à la fois « moyen » et « champ d'application » des apprentissages (Wallon, 1959).

Engagement dans l'activité : l'attention conjointe, vectrice d'interactions intersubjectives

Prenant place dans le public, chaque résident peut observer l'autre et adopter des stratégies d'imitation, renforçant les compétences sociocognitives. L'imitation consiste à relier ses *patterns* moteurs à ceux d'autrui.



Elle favorise de ce fait deux grandes fonctions sociales, à savoir les interactions et les apprentissages (Nadel, 2015). En ce sens, l'imitation joue un rôle essentiel dans le développement : « elle permet d'apprendre ce que l'on voit, et elle permet de communiquer sans mot » (Nadel, 2011). Cette articulation se révèle doublement pertinente pour une population dyscommunicante.

Ces indicateurs prennent forme dans nos résultats par les verbatim des professionnels à l'issue des essais en VR. Ceux-ci constatent, parmi les résidents autistes présents dans le public, une posture hétérogène. Certains regardent continûment la passation de leurs pairs sur le grand écran face à eux. D'autres, sans verbalisation, reproduisent, imitent les gestes de façon synchrone ou différée. D'autres pourraient sembler passifs, peu absorbés par l'action en cours, mais les enregistrements vidéo attestent de regards périphériques itératifs vers l'essai immersif (figure 8).

Figure 8

Imprégnation visuelle du public

8a



8b



Note. Photographies des essais immersifs. © Auteurs.

L'imprégnation visuelle ici observée constitue un préliminaire à l'appropriation psychocognitive du pointage. Nous pouvons supposer qu'en observant leurs pairs utiliser le casque, les actions et opérations qu'ils développent, les résidents mémorisent les mouvements (pointage) et leurs composantes proprioceptives en tant que représentations motrices et somatosensorielles (Nadel, 2015). Les études confirment une activation similaire des cortex prémoteurs et somatosensoriels lors de l'action intrinsèque ou lors de l'observation d'une action chez autrui (Rizzolatti *et al.*, 1996). L'efficacité des neurones-miroirs, corrélée à la pertinence des stratégies d'imitation chez les personnes autistes, est désormais attestée par la communauté scientifique : « nos afférences visuelles (ou/et auditives et tactiles) et nos afférences proprioceptives coïncident » (Nadel, 2015, p. 63). Avec l'imitation, le suivi de regard et le pointage se crée un espace triadique. Ce processus psychique propre à l'activité du sujet favorise « l'émergence d'un mécanisme dialogique qui représente le soi-sujet en tant que partenaire d'un autre-sujet, de manière intersubjective » (Aitken et Trevarthen, 1997). Un milieu favorisant l'attention conjointe et l'imitation peut dès lors être considéré comme capacitant pour des sujets autistes.



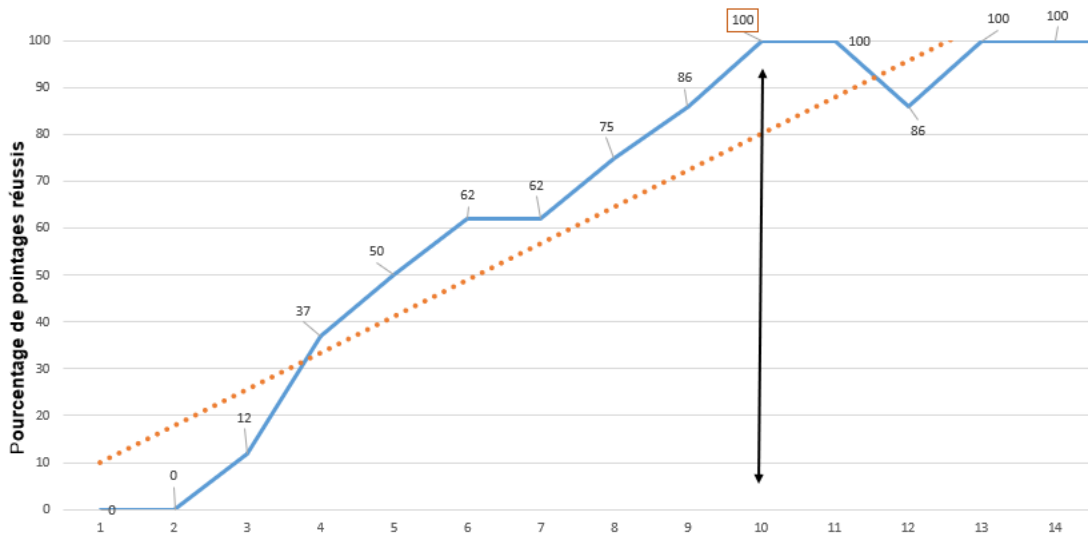
Ray-casting : un étayage attentionnel et sensorimoteur

RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE POINTAGE ET D'ATTENTION CONJOINTE

Sur 15 essais effectués, nous observons une croissance constante du taux de pointage des objets tridimensionnels, indiquant un renforcement des capacités attentionnelle et sensorimotrice (figure 9).

Figure 9

Taux de pointage des résidents aux essais VR (scénario cuisine)



Note. Les essais 1 et 2, consacrés à la découverte de la VR, n'ont pas engagé de geste de pointage.

La figure 11 révèle une hausse importante du geste de pointage maîtrisé :

- Essais 1-2 : pointage non sollicité
- Essai 3 : seuil initial avec 12 % de pointage
- Essai 10 : 100 % de pointage

Le taux de 100 % ne fait référence qu'aux sujets ayant accepté de participer à l'expérimentation immersive (essai 10 : $n = 5/8$; essai 11 : $n = 7/8$). C'est donc 7/8 résidents qui sont parvenus à développer une praxie efficiente de pointage, intériorisant le processus d'activité médiatisée par l'artefact (Leontiev, 1975/2022; Mercier *et al.*, 2022).

Sans verbalisation, le *ray-casting* engagé par le pointage manuel permet d'interagir avec l'environnement : sortir le plat, chauffer au micro-ondes, suivre les consignes de sécurité (cloche, minutage...) (figure 10).



Figure 10

Geste de pointage par ray-casting



Note. Source : captures d'écran du scénario pédagogique. © Auteurs.

On peut supposer que le participant autiste, dont la disponibilité cognitive n'est plus entravée par l'obstacle du langage, s'engage plus facilement et plus durablement dans l'activité. L'interaction offerte par le *ray-casting* permet de surcroît une mobilisation effective des objets (ouverture, déplacement) non dépendante des difficultés motrices des usagers.

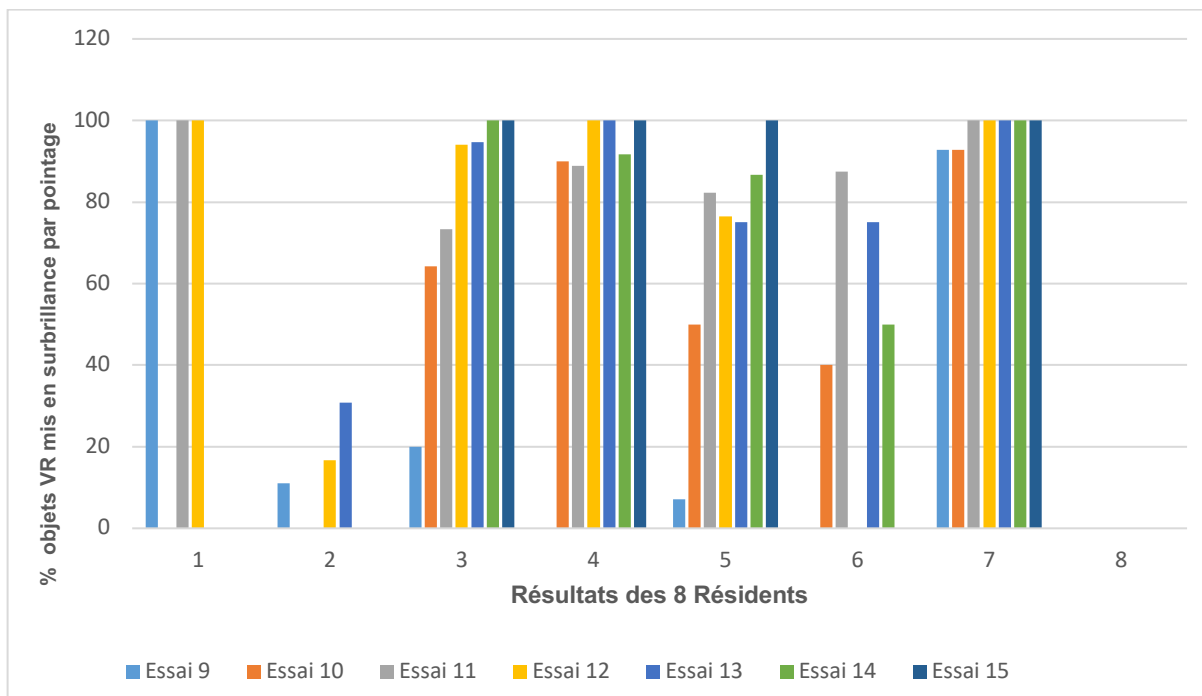
SOUTIEN À LA COORDINATION OCULOMOTRICE

L'engagement dans l'activité en attention partagée, par *ray-casting*, est confirmé par les données relatives à la surbrillance des objets ciblés (durée de collision du *ray-casting* > 0,5 seconde). Ces indicateurs renseignent sur la coordination oculomotrice du participant (figure 11).



Figure 11

Taux de surbrillance (cuisine VR)



Note. Sept essais évalués (séries 9 à 15) avec surbrillance. R8 n'a pas participé aux essais.

Pendant cette série d'essais, sept résidents ont expérimenté le scénario avec surbrillance (essais 9-15). Plus les essais avancent, plus le taux de surbrillance augmente, de façon importante, quoique variable selon les individus.

Au 14^e essai, on obtient :

- 100 % pour 5/7 résidents;
- 86 % pour R6;
- 30 % pour R2.

Les résultats de R6 apparaissent hétérogènes. La progression s'interrompt après l'essai 11. Les données affinées nous permettent de constater que ses participations sont rares (40 % des essais) et de courte durée (moyenne < 3 minutes). Sa présence dans le public, épisodique (40 %), n'a sans doute pas permis une imprégnation visuelle et pratique suffisante. La capacité de pointage n'est pas maîtrisée de façon pérenne ou l'intérêt lié à l'activité immersive n'est pas suffisant, malgré la présence du tiers guidant, pour engager suffisamment l'utilisateur dans la tâche.

Nous formulons à ce stade une analyse plurielle :

- La participation en tant que public visualisant les tâches sur un écran de diffusion simultanée stimule l'engagement dans l'activité, les stratégies d'imitation et l'appropriation des praxies sensorimotrices des pairs (motif intrinsèque de l'activité);



- La répétition des scénarii, étayés par la guidance triangulée et la technologie du *ray-casting*, favorise l'attention conjointe intersubjective et l'appropriation du pointage;
- L'artefact du *ray-casting*, en suppléant le langage déficitaire pour interagir dans l'environnement immersif, favorise la disponibilité cognitive nécessaire aux apprentissages et, subséquentement, la mémorisation des apprentissages.

Perspectives conclusives

Cette recherche a pour objectif d'étudier les effets de la VR sur le développement de compétences cognitives, sensorimotrices ou sociales du jeune autiste avec troubles cognitifs et du langage. Aussi, les conditions situationnelles de la recherche (VR et public à BEP) restent nécessairement contextualisées.

Les résultats mettent en valeur plusieurs éléments : d'abord, l'aspect longitudinal et expérimental de la recherche montre une participation des jeunes au dispositif, de plus en plus importante. Cette augmentation de la participation est corrélée à la croissance constante du taux de pointage des objets implémentés, praxie sensorimotrice particulièrement pertinente dans le développement de l'attention conjointe. Aussi, un premier résultat fort de nos recherches est que la VR sollicite et stimule des compétences en attention conjointe et, donc, des interactions intersubjectives et des capacités sensorimotrices majorées. Ce résultat particulièrement novateur devra être approfondi, pour ne pas rester dans l'effet « magique » de la recherche expérimentale avec de nouvelles technologies (Karsenti et Fiévez, 2013). Il conviendra en outre de préciser à quel moment d'incidence intervient l'attention conjointe dans le processus d'imitation (Nadel, 2011, 2015). Un élément de réponse pourrait être que la participation en tant que public visualisant les tâches sur un écran de diffusion simultanée a amorcé les stratégies d'émulation, d'imitation et d'imprégnation des gestes réalisés par les pairs (motif intrinsèque de l'activité).

Ensuite, un second résultat qui apparaît dans nos recherches est l'incrémentation du dispositif de recherche qui a permis de créer un environnement capacitant, stimulant les interactions intersubjectives. Les conditions nécessaires à cette affordance milieu/sujet/outil sont notamment l'adaptation psychosensorielle du contexte d'apprentissage et son déroulement dans un (mi)lieu connu et commun. Une interface propice soutenant l'engagement dans l'activité, avec pair-émulation, favorise les processus cognitifs d'imitation et d'attention conjointe. Une réflexion sur la nécessaire guidance triangulée des professionnels participe également de cet étayage constitutif d'un environnement capacitant. Ces premiers éléments de résultats font écho à la modélisation (Engeström *et al.*, 1999), en complément des apports de Leontiev (1975/2022) et de Wallon (1959), mais doivent encore être modélisés pour étudier non seulement l'importance accordée à chacune de ces dimensions dans le système, mais également l'aspect développemental du système en expansion dans une visée transformative. Autrement dit, la non-mise en évidence des dimensions des règles et de la communauté doit encore être investiguée, car ces aspects n'apparaissent pas au premier abord dans nos travaux.

Les résultats, en preuves anthropologiques (Passeron et Revel, 2005), s'appuient sur un corpus quantitativement réduit (huit adultes avec autisme) qui n'a pas la vocation d'être généralisable, puisque nous mettons plutôt en valeur la spécificité des contextes et des populations, telle une approche *émic* de la recherche (Dasen, 2019). La personne autiste présente des spécificités perceptives et comportementales et ne peut renvoyer à « une connaissance immédiate universelle » (Sensevy *et al.*, 2018). Pour prendre en compte chaque individualité, il serait profitable d'interroger les motifs de l'activité pour les résidents qui n'acceptent pas, ou peu, de participer aux essais immersifs. Plusieurs pistes propres au TSA mériteraient en



ce sens d'être investiguées : centres d'intérêt particuliers, affiliation symbolique au tiers guidant (Pittiglio, 2018).

In fine, les analyses demandent à être poursuivies dans la perspective de l'habitat inclusif partagé. Le degré de transfert des apprentissages vers la vie réelle, souvent faillible dans le cadre du TSA, est en cours d'analyse, avec réplcation du scénario en cuisine réelle dans un appartement témoin intermédiaire : quelles habiletés domestiques, quel degré d'autonomie et quelles lacunes éventuelles? Dès lors, il s'agira de croiser les outils d'évaluation pour retenir des indicateurs d'activité susceptibles d'être éprouvés dans d'autres contextes éducatifs avec des publics élargis, pour l'accessibilité de toutes et tous aux savoirs.

Liste de références

- Aitken, K. J., et Trevarthen, C. (1997). Self/other organization in human psychological development. *Development and Psychopathology*, 9(4), 653-677. <https://doi.org/10.1017/s0954579497001387>
- Alin, C. (2019). *L'autisme à l'école, le pari de l'éducabilité*. Mardaga supérieur.
- Alin, C. (2021). *L'autisme et le sport : Enjeux et bénéfiques le pari de la confiance*. Mardaga supérieur.
- Allain, P., Foloppe, D. A., Besnard, J., Yamaguchi, T., Etcharry-Bouyx, F., Le Gall, D., Nolin, P., et Richard, P. (2014). Detecting Everyday Action Deficits in Alzheimer's Disease Using a Nonimmersive Virtual Reality Kitchen. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20(5), 468-477. <https://doi.org/10.1017/S1355617714000344>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5-TR)*. <https://psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm>
- Amestoy, A. (2015). Motricité et autisme. *Bulletin scientifique de l'Arapi*, 35, 18-25.
- Aubineau, L.-H., Vandromme, L., et Le Driant, B. (2015). L'attention conjointe, quarante ans d'évaluations et de recherches de modélisations. *L'Année psychologique*, 115(1), 141-174. <https://doi.org/10.3917/anpsy.151.0141>
- Avenel, C. (2017). Construire les politiques sociales avec les personnes accompagnées : La participation en attente d'un modèle d'intervention collective. *Vie sociale*, 19(3), 51-71. <https://doi.org/10.3917/vsoc.173.0051>
- Baloup, M., Pietrzak, T., et Casiez, G. (2019). Amélioration du Raycasting par utilisation de la sélection par proximité et du filtrage. *Journal d'Interaction Personne-Système*, 8(1), 61-83. <https://doi.org/10.46298/jips.5933>
- Barbu-Roth, M., Anderson, D. I., Desprès, A., Provasi, J., Cabrol, D., et Campos, J. J. (2009). Neonatal Stepping in Relation to Terrestrial Optic Flow. *Child development*, 80(1), 8-14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01241.x>
- Baron-Cohen, S., Baldwin, D. A., et Crowson, M. (1997). Do Children with Autism Use the Speaker's Direction of Gaze Strategy to Crack the Code of Language? *Child Development*, 68(1), 48-57. <https://doi.org/10.2307/1131924>
- Barthes, A. (2022). Qu'apporte le terrain du géographe aux sciences de l'éducation et de la formation? *Éducation Permanente*, 230(1), 133-143. <https://doi.org/10.3917/edpe.230.0133>
- Beaupré, P., Odier-Guedj, D., et Gombert, A. (2014). *Déficience intellectuelle et autisme : Pratiques d'inclusion scolaire*. Presses de l'Université du Québec.
- Bedoin, D., Lantz, E., et Marcellini, A. (2015). Troubles de l'expression : Le nécessaire recours à l'expertise de l'enquête. Dans R. Scelles, *S'exprimer et se faire comprendre* (p. 49-69). Érès. <https://doi.org/10.3917/eres.bedoi.2015.01.0049>
- Biocca, F., Harms, C., et Burgoon, J. K. (2003). Toward a More Robust Theory and Measure of Social Presence: Review and Suggested Criteria. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(5), 456-480. <https://doi.org/10.1162/105474603322761270>
- Bogdashina, O. (2020). *Questions de perception sensorielle dans l'autisme et le syndrome d'Asperger : Des expériences sensorielles différentes, des mondes perceptifs différents* (Seconde éd). Autisme diffusion, AFD.
- Bourdon, P. (2021). *Éducation inclusive et participation des acteurs. Activité et Subjectivation : Le sujet-participant [Habilitation à diriger des recherches]*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03468338/>



- Bourdon, P., Lefer-Sauvage, G., Mercier, C., Teutsch, P., et Lopez-Cazaux, S. (2018). Le rôle de l'imitation dans l'appropriation des outils numériques chez les enfants avec autisme. *Enfance*, 1(1), 147-168. <https://doi.org/10.3917/enf2.181.0147>
- Bourgueil, O., Regnault, G., et Moutier, S. (2015). Création d'outils numériques pour personnes avec Trouble du spectre de l'autisme : De la recherche à la pratique, et vice versa. *Enfance*, 2015(1), 111-126. <https://doi.org/10.4074/S001375451500107X>
- Bruner, J. (1983). *Le développement de l'enfant : Savoir faire, savoir dire*. Presses universitaires de France.
- Chabert, A.-L. (2021). *Vivre son destin, vivre sa pensée*. Albin Michel.
- Cherix, R., Carrino, F., Piérart, G., Khaled, O. A., Mugellini, E., et Wunderle, D. (2019). Training road crossing skills for young people with intellectual disabilities using virtual reality: a feasibility study. *Proceedings of the 31st Conference on the Interaction Homme-Machine (IHM '19)*, 1-9. <https://doi.org/10.1145/3366550.3372252>
- Cherni, H., Joseph, P. A., et Klinger, E. (2012). Study of the impact of added contextual stimuli on the performance in a complex virtual task among patients with brain injury and controls. *Proceedings of the 9th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*
- Chokron, S., Pieron, M., et Zalla, T. (2014). Troubles du spectre de l'autisme et troubles de la fonction visuelle : Revue critique, implications théoriques et cliniques. *L'information psychiatrique*, 90(10), Article 10.
- Clavaud, N. (2022, octobre 4). *L'eye-tracking pour étudier le couplage perception/action lors du développement typique et dans les troubles de l'autisme TSA*. 16^e université ARAPI. Autisme, actualités et perspectives : les réseaux du cerveau à la vie sociale. <https://site.arapi-autisme.fr/les-universite-dautisme/>
- Code de l'éducation. (2021). Partie législative (Articles L111-1 à L977-2). Légifrance. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043982767
- Commission Nationale Consultative des Droits de l'Homme. (2015). *Avis sur le consentement des personnes vulnérables*. CNGCH République française. <https://www.cncdh.fr/publications/avis-sur-le-consentement-des-personnes-vulnerables>
- Dasen, P. (2019). *Le futur de la psychologie interculturelle comparée*. Dans T. Mekideche et F. Tanon (dir.). *L'interculturel d'hier à demain. De la lente construction d'un champ épistémologique* (p. 173-190). L'Harmattan.
- Degenne-Richard, C. D. (2014). *Evaluation of sensorial symptomatology of autistic adults and impact of sensorial characteristics on the rise of behavior disorders* [these de doctorat, Université René Descartes - Paris V]. <https://theses.hal.science/tel-01037912>
- Ebersold, S. (2021). L'accessibilité face à sa grammaire. Dans *L'accessibilité ou la réinvention de l'école* (p. 225-249). ISTE Group. <https://doi.org/10.51926/ISTE.9011.ch11>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y., Miettinen, R., & Punamäki, R.-L. (dir.). (1999). *Perspectives on Activity Theory* (1^{re} éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812774>
- Engeström, Y., Miettinen, R., et Punamäki, R.-L. (Éds.). (1999). *Perspectives on Activity Theory* (1^{re} éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812774>
- Fallet, V., Mehlman, C., Canellas, A., et Cadranet, J. (2022). Réalité virtuelle pour la relaxation avant les soins. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, 14(2). [https://doi.org/10.1016/S1877-1203\(22\)00135-5](https://doi.org/10.1016/S1877-1203(22)00135-5)
- Fernagu Oudet, S. (2012). Favoriser un environnement « capacitant » dans les organisations. Dans *Apprendre au travail* (p. 201-213). Presses Universitaires de France.
- Foloppe, D. A., Richard, P., Allain, P., et Calenda, A. (2019). A new motion-based tool for occupation and monitoring of residents in nursing homes. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 469-481. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22649-7_37
- Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., et Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227-1240. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0981-3>
- Fuchs, P. (2016). *Les casques de réalité virtuelle et de jeux vidéo*. Presses des Mines-Transvalor.
- Fuchs, P. (2018). *Théorie de la réalité virtuelle : Les véritables usages*. Mines Paristech PSL.



- Gardien, E. (2017). Qu'apportent les savoirs expérientiels à la recherche en sciences humaines et sociales? *Vie sociale*, 20(4), 31-44. <https://doi.org/10.3917/vsoc.174.0031>
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. Dans J. B. Robert E Shaw (dir.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (p. 67-82). Lawrence Erlbaum Associates. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00692033>
- Grodberg, D., Cussot Charpentier, S., Maffre, T., et Raynaud, J.-P. (2014). Autism Mental Status Examination (AMSE) étude préliminaire en population ciblée pour la validation d'un outil de dépistage/diagnostic des Troubles du Spectre Autistique. *European Psychiatry*, 29(S3), 597-597. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2014.09.192>
- Guffroy, M., Nadine, V., Kolski, C., Vella, F., et Teutsch, P. (2017). From Human-Centered Design to Disabled User & Ecosystem Centered Design in Case of Assistive Interactive Systems: *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development*, 9(4), 28-42. <https://doi.org/10.4018/IJSKD.2017100103>
- Haute Autorité de Santé. (2022). *Accompagner vers et dans l'habitat*. HAS. https://www.has-sante.fr/icms/p_3316224/fr/accompagner-vers-et-dans-l-habitat-note-de-cadrage
- Jordan, R., et Magerotte, G. (2016). Caractéristiques cliniques des adultes avec un TSA associé à une déficience intellectuelle. *Le Bulletin scientifique de l'Arapi. Association pour la Recherche sur l'Autisme et la Prévention des Inadaptations*, 38.
- Karsenti, T., et Fiévez, A. (2013). *L'iPad à l'école. Enquête auprès de 6057 élèves et 2012 enseignants du Québec*.
- Kerbrat-Orecchioni, C. (1990). *Les interactions verbales*. 1. Colin.
- Kershner, J. R. (1974). Relationship of motor development to visual-spatial cognitive growth. *The Journal of Special Education*, 8, 91-102. <https://doi.org/10.1177/002246697400800114>
- Klinger, E. (2014). Les apports de la réalité virtuelle à la prise en charge des déficiences cognitives. *Annales des Mines – Réalités industrielles*, 4, 57-62. <https://doi.org/10.3917/rindu.144.0057>
- Krokos, E., Plaisant, C., et Varshney, A. (2019). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality*, 23(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3>
- Lacote-Coquereau, C. (2020). *Médiations et étayages dans les activités d'apprentissage instrumentées : En quoi la spécificité des gestes et micro-gestes des aidants familiaux influe-t-elle sur l'apprentissage des soins buccodentaires d'enfants avec un TSA?* [mémoire, Nantes université]. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03622930>
- Lambrey, S., Jouvent, R., Allilaire, J.-F., et Pélissolo, A. (2010). Les thérapies utilisant la réalité virtuelle dans les troubles phobiques. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 168(1), 44-46. <https://doi.org/10.1016/j.amp.2009.10.003>
- Lecouvey, G., Gonnaud, J., Piolino, P., Madeleine, S., Orriols, E., Fleury, P., Eustache, F., et Desgranges, B. (2017). Is binding decline the main source of the ageing effect on prospective memory? A ride in a virtual town. *Socioaffective Neuroscience & Psychology*, 7(1), 1304610. <https://doi.org/10.1080/20009011.2017.1304610>
- Leontiev, A. (2022). *Activité, conscience, personnalité* (G. Dupond, trad.). Éditions DELGA. (Ouvrage original publié en 1975).
- Mayr, G. (1877). *Die Gesetzmäßigkeit im Gesellschaftsleben : Statistische Studien*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783486724653>
- Mercier, C., Lefer Sauvage, G., Cadiot, N., Vannier, M.-P., et Lopez-Cazaux, S. (2022). Chap. 9 – Étude exploratoire de l'étayage instrumenté dans le domaine de l'éducation à la santé pour des adolescents avec autisme. Dans P. Bourdon, *Autisme et usages du numérique en éducation*. Champ social-INSHEA. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03583456>
- Merleau-Ponty, M. (1960). *L'œil et l'esprit*. Gallimard.
- Ministère des solidarités et de la Santé. (2018). *Stratégie nationale pour l'autisme et les troubles du neuro-développement*. <https://handicap.gouv.fr/autisme-et-troubles-du-neuro-developpement>
- Miyahara, M. (2013). Meta review of systematic and meta analytic reviews on movement differences, effect of movement based interventions, and the underlying neural mechanisms in autism spectrum disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2013.00016>
- Montoya, D., et Bodart, S. (2009). Le programme Makaton auprès d'un enfant porteur d'autisme : Le cas de Julien. *Développements*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.3917/devel.003.0015>



- Mottron, L. (2004). *L'autisme, une autre intelligence : diagnostic, cognition et support des personnes autistes sans déficience intellectuelle*. Mardaga.
- Nadel, J. (2011). *Imitation et autisme. Développement du bébé et de l'enfant avec autisme*. Dunod.
- Nadel, J. (2015). L'imitation : Un partage moteur au service du développement. *Bulletin scientifique de l'Arapi*, 35. <https://site.arapi-autisme.fr/le-bulletin-scientifique/>
- OCDE. (2008). *Élèves présentant des déficiences, des difficultés et des désavantages sociaux : Statistiques, Indicateurs et Tendances*. Organisation de coopération et de développement économiques. <https://tinyurl.com/dwuyry55>
- OMS. (2022). *CIM-11 Classification internationale des maladies*. Organisation mondiale de la Santé. <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>
- Orsoni, F. (2018). *Principe de conception et d'utilisation des pictogrammes (norme NFP 96-105)*. AFNOR éditions.
- Park-Cardoso, J., et da Silva, A. P. S. (2021). Preference to Eat Alone: Autistic Adults' Desire for Freedom of Choice for a Peaceful Space. *Autism in Adulthood*, 3(3), 257-265. <https://doi.org/10.1089/aut.2020.0066>
- Passeron, J.-C., et Revel, J. (dir.). (2005). *Penser par cas*. Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://doi.org/10.4000/books.editionsehess.19901>
- Pittiglio, S. (2018). L'aide relationnelle, une composante à part entière de l'école inclusive. *La nouvelle revue – Éducation et société inclusives*, 83-84(3-4), 151-163. <https://doi.org/10.3917/nresi.083.0151>
- Plaisance, É. (2009). Conférence de consensus 2008. *Recherche et formation*, 61, Article 61. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.499>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., et Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131-141. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0)
- Rocque, S., Langevin, J., et Drouin, C. (2001). Autonomie et personnes présentant des incapacités intellectuelles : Clarifications conceptuelles et mise en œuvre de son développement. *Revue européenne du handicap mental*, 23, 28-47.
- Sakkalis, V., Krana, M., Farmaki, C., Bourazanis, C., Gaitatzis, D., et Pediaditis, M. (2022). Augmented Reality Driven Steady-State Visual Evoked Potentials for Wheelchair Navigation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 30, 2960-2969. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3215695>
- Scaife, M., et Bruner, J. S. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, 253(5489), 265-266. <https://doi.org/10.1038/253265a0>
- Sen, A. (2009). *L'idée de justice* (P. Chemla, trad.). Flammarion.
- Sensevy, G., Santini, J., Cariou, D., et Quilio, S. (2018). Preuves fondées sur la pratique, pratiques fondées sur la preuve : distinction et mise en synergie. *Éducation et didactique*, 2(12).
- Standen, P. J., et Brown, D. J. (2005). Virtual Reality in the Rehabilitation of People with Intellectual Disabilities: Review. *CyberPsychology & Behavior*, 8(3), 272-282. <https://doi.org/10.1089/cpb.2005.8.272>
- Suh, A., et Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- Tisseron, S., et Tordo, F. (2021). *Comprendre et soigner l'homme connecté : manuel de cyberpsychologie*. Dunod.
- UNESCO (2015). *Déclaration d'Incheon: Éducation 2030 : vers une éducation inclusive et équitable de qualité et un apprentissage tout au long de la vie pour tous*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233137_fre
- Vygotski, L. S. (1934). *Pensée et langage* (F. Sève, trad.; 4^e éd.). La dispute.
- Wallon, H. (1959). Les milieux, les groupes et la psychogenèse de l'enfant. *Enfance*, 12(3), 287-296. <https://doi.org/10.3406/enfan.1959.1444>
- Wehmeyer, M. L., et Little, T. D. (2013, août 22). *Self-Determination*. The Oxford Handbook of Positive Psychology and Disability. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195398786.013.013.0010>
- Wehmeyer, M. L., et Sands, D. J. (1996). *Self-determination across the life span: Independence and choice for people with disabilities*. P.H. Brookes.
- Wolton, D. (2019). Communication, incommunication et acommunication. *Hermes, La Revue*, 84(2), 200-205. <https://doi.org/10.3917/herm.084.0200>

La réalité augmentée en classe au service des apprentissages des élèves

Augmented Reality in the Classroom to Support Student Learning

Realidad aumentada en el aula para apoyar el aprendizaje de los alumnos

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.343>

Cendrine Mercier, maître de conférences
Nantes Université – INSPE, France
Cendrine.mercier@univ-nantes.fr

Iza Marfisi-Schottman, maître de conférences
Le Mans Université – IUT de Laval, France
iza.marfisi@univ-lemans.fr

Mohamed Ez-zaouia, postdoctorant
Le Mans Université – IUT de Laval, France
Cendrine.mercier@univ-nantes.fr

Delphine Deshayes, professeure des écoles
Éducation nationale, France
classeedelphinedeshayes@gmail.com

RÉSUMÉ

La réalité augmentée est rarement utilisée dans les classes en France et pourtant elle semble avoir des vertus pertinentes pour le développement de connaissances et de compétences chez les apprenants. Dans le cadre d'une enquête exploratoire, une analyse de pratique



pédagogique instrumentée (de l'enseignante) est détaillée au regard de l'utilisateur (élève) d'un outil de réalité augmentée en classe de maternelle (cycle 1 – école maternelle – de 4 à 5 ans). L'apport de cet outil numérique sur les apprentissages et les compétences des élèves est étudié finement pour stabiliser le protocole de recherche et le proposer à l'ensemble des enseignants impliqués dans le projet de recherche. Les résultats soulignent plusieurs pistes encourageantes comme le développement de compétences sociocognitives et l'engagement des élèves. Du côté de l'enseignante, c'est un outil de plus au service de la pédagogie et un outil semblant répondre à des profils d'élèves avec des besoins éducatifs particuliers.

Mots-clés : pratiques pédagogiques, réalité augmentée (RA), maternelle, compétences, apprentissages

ABSTRACT

Augmented reality is rarely used in French classrooms. Yet, it seems to have relevant virtues for developing knowledge and skills in learners. Within the framework of an exploratory investigation, an analysis of instrumented pedagogical practice (of the teacher) is detailed regarding the user (student) of an augmented reality tool in a kindergarten class (cycle 1 - kindergarten - between 4 and 5 years old). The contribution of this digital tool to students' learning and skills is studied in detail to stabilize the research protocol and to propose it to all teachers involved in the research project. The results underline several encouraging leads, such as developing socio-cognitive skills and a driving force in the students' engagement. From the teacher's point of view, it is one more tool at the service of pedagogy and seems to be adapted to the profiles of students with special educational needs.

Keywords: pedagogical practices, augmented reality (AR), kindergarten, skills, learning

RESUMEN

La realidad aumentada se utiliza poco en las aulas francesas, pero parece tener virtudes relevantes para el desarrollo de conocimientos y habilidades en los alumnos. En el marco de una investigación exploratoria, se detalla un análisis de la práctica pedagógica instrumentada en relación con el uso de una herramienta de realidad aumentada en una clase de jardín de infancia (ciclo 1 - jardín de infancia - entre 4 y 5 años). Se estudia en detalle la contribución de esta herramienta digital en el aprendizaje y en las competencias de los alumnos para proponer un protocolo de recogida de datos pertinente a todos los profesores que participan en el proyecto de investigación. Los resultados subrayan varias pistas alentadoras, como el desarrollo de habilidades sociocognitivas y el impulso del compromiso de los estudiantes. Desde el punto de vista del profesor, se trata de una herramienta más para la pedagogía y una herramienta que parece responder a los perfiles de los alumnos con necesidades educativas especiales.

Palabras clave: prácticas pedagógicas, realidad aumentada (RA), jardín de infancia, habilidades, aprendizaje



Introduction

Dans le cadre d'un projet de recherche pluridisciplinaire (informatique et sciences de l'éducation et de la formation), un nouvel outil numérique de réalité augmentée (RA) est proposé à des enseignants. L'objectif est d'étudier les pratiques pédagogiques et didactiques des enseignants, mais également d'analyser leurs effets sur les apprentissages (prescrits ou effectifs) des élèves. Le développement de l'outil, dans une approche « centrée utilisateur » (Guffroy *et al.*, 2017), permet de proposer une solution au plus près des besoins des enseignants du premier et du second degré afin d'étayer les activités des élèves. L'intérêt d'un outil de RA est de permettre aux enseignants de créer eux-mêmes (outil-auteur) le contenu pédagogique afin de favoriser une forme de médiatisation (Rézeau, 2002), en contextualisant les données dans les apprentissages (Sadirac, 2019) pour promouvoir l'accessibilité aux savoirs. Le projet est mené auprès de 19 enseignants volontaires, dont 8 femmes et 11 hommes qui souhaitent faire évoluer leurs pratiques pédagogiques à l'aide d'un outil numérique de RA. Pour ce présent article, dans une étape préliminaire, nous proposons d'étudier la pratique instrumentée d'une seule enseignante du cycle 1 (école maternelle – de 4 et 5 ans). Cette première analyse permet de stabiliser le protocole de recueil de données à venir pour l'ensemble de la cohorte et d'envisager une observation longitudinale pour dépasser l'effet de nouveauté. Ainsi, à la fin du projet, le recueil de données permettra de vérifier que la RA est un outil (un moyen) au service de la pédagogie (Rabardel, 1995) et qu'elle permet, comme l'indique Lardé (2020), de soutenir l'autonomie, l'activité de l'élève et la réalisation de tâches collaboratives. Quelques résultats présentés dans le présent article vont dans ce sens, mais restent à nuancer au regard de la temporalité de la séquence. Les apports théoriques seront orientés sur la place de la RA dans la société et à l'école, mais également sur les intérêts ou les limites de ces technologies dans les apprentissages des élèves avec ou sans besoins éducatifs particuliers (BEP).

Cadre théorique

La réalité augmentée et ses possibles

La RA permet de projeter un ou plusieurs éléments virtuels à l'environnement physique – le monde réel – de l'utilisateur (Fallet *et al.*, 2022). Elle permet ainsi de développer des connaissances en lien avec des objets qui sont difficiles à observer dans la réalité (Harbola *et al.*, 2022; Li, 2022), non observables à l'œil nu (Degeer et Kumps, 2022) ou trop abstraits (Prasasti *et al.*, 2022), voire complexes. Les mises en application sont diverses et permettent notamment l'enseignement des sciences, comme la notion de champ magnétique (Kumar, 2022) ou le cycle du carbone (Huguet *et al.*, 2022). Elles permettent également le développement du vocabulaire dans une langue étrangère inconnue (Ibrahim *et al.*, 2018) ou l'apprentissage précoce de la langue (Fan *et al.*, 2020). La RA donne aussi un accès à des visuels limités en temps normal, comme la modélisation 3D du cerveau humain (Degeer et Kumps, 2022). Selon ces derniers auteurs, il sera nettement plus agréable d'observer, d'apprendre et d'enseigner ce dernier par sa manipulation virtuelle. Le site eduscol (juillet 2022)¹ indique que c'est une solution particulièrement bien adaptée à la formation, car elle permet de donner de l'autonomie à l'élève, de faire le lien entre le numérique et la réalité, et d'améliorer l'apprentissage par la spatialisation des informations.

¹ Eduscol est un portail national français de ressources pédagogiques. Lien vers la ressource : https://eduscol.education.fr/sti/ressources_techniques/realite-augmentee-par-reconnaissance-de-modele-numerique



Démocratisation des outils d'immersion

Pour identifier l'évolution de ces dispositifs pédagogiques qui s'invitent progressivement dans les classes, nous proposons de tracer les tendances de recherches des termes de RA dans un contexte global (pour les utilisateurs du moteur de recherche Google²) à l'aide de l'outil d'analyse de Google Trends³ pour la France. C'est en mars 2009 que les recherches sur la RA sont importantes et dépassent celles sur la réalité virtuelle (RV) (4,14⁴ pour la RV et 13,80 pour la RA en moyenne)⁵ sur le moteur de recherche. La tendance s'inverse fortement à partir de juillet 2015 avec des écarts assez importants par rapport à la période précédente (36,06 pour la RV et 13,30 pour la RA en moyenne)⁶. La RA a donc été bien plus populaire à une époque et les difficultés de prise en main dans la création de contenu par les personnes tout venant peut sans doute expliquer cette baisse de la recherche par mot-clé. Pourtant le discours se démocratise dans les politiques de l'Éducation nationale et il est nécessaire de comprendre les leviers et les freins que soulèvent ces technologies qui intègrent de la RA.

Avant d'étudier la plus-value de ces dispositifs immersifs, notons que la RA est habituellement facile d'accès, directement sur un *smartphone* ou une tablette tactile (Fallet *et al.*, 2022). Plusieurs outils utilisés au quotidien dans le monde par des millions d'utilisateurs proposent cette solution technologique (Fallet *et al.*, 2022). Nous pouvons citer quelques exemples bien connus du grand public : le jeu Pokemon GO⁷, le catalogue augmenté ou immersif de IKEA⁸ ou encore les filtres photo sur Snapchat ou Instagram⁹. Notons que ces outils ne sont pas paramétrables par les usagers. Or, l'éducation a besoin de moyen flexible pour adapter leur pratique en fonction d'un objectif pédagogique. Des outils de réalité augmentée sont proposés au monde de l'enseignement, mais une revue des outils existants (Ez-zaouia *et al.*, 2022) met en lumière qu'ils sont accessibles uniquement pour un groupe de personnes ayant des compétences de programmation avancées.

Réalité augmentée et apprentissages

Comparée à un dispositif non virtuel, la RA semble animer un comportement de compétitivité chez les enfants qui travaillent sur deux supports de jeu différents. Yu *et al.* (2022) font ce constat en comparant un groupe témoin utilisant un jeu de cartes traditionnel et un groupe expérimental utilisant un jeu de cartes en RA. Ainsi, ils mettent en avant que le groupe témoin a pris soin de trouver la bonne réponse, avec l'intention d'obtenir le score maximum, tandis que le groupe expérimental a joué de manière agressive en obtenant le score maximum. Ici, le support de jeu choisi semble avoir un impact sur les stratégies d'apprentissage. De son côté, Kumar (2022) souligne que la comparaison entre une simulation sur un écran d'ordinateur et une simulation en RA apporte des résultats similaires sur le plan des apprentissages chez les étudiants. Cependant, il ajoute que l'exploration est moins efficace dans la seconde configuration et que la motivation intrinsèque des apprenants est plus faible.

² Non compatible au Règlement général sur la protection des données (RGPD), pour information : « Plus de 90 % du trafic des recherches en France provient de Google (février 2019) » ; source : <https://www.blogdumoderateur.com/chiffres-google/>.

³ Google Trends est un outil issu de Google Labs permettant de connaître la fréquence à laquelle un terme a été tapé dans le moteur de recherche Google, avec la possibilité de visualiser ces données par région et par langue. Données recueillies depuis 2004.

⁴ La courbe n'indique pas un nombre de recherches absolu mais une proportion de 0 à 100, où 100 représente la quantité maximale d'utilisation du terme dans la période et le lieu définis. La période étudiée est comprise de mars 2009 à octobre 2022.

⁵ 1,91 pour la RV et 4,32 pour la RA en moyenne pour le Canada.

⁶ 17,82 pour la RV et 4,06 pour la RA en moyenne pour le Canada.

⁷ Un jeu vidéo mobile fondé sur la localisation et utilisant la RA.

⁸ Une entreprise d'origine suédoise, spécialisée dans la conception et la vente de détail de mobilier et d'objets de décoration prêts à poser ou à monter en kit.

⁹ Les deux applications permettent le partage de photos et de vidéos.



Sur le versant plus positif, les études montrent, dans un module d'apprentissage sur les compétences en géométrie, que l'utilisation de supports d'apprentissage utilisant la RA peut stimuler l'état d'esprit des élèves dans la pensée critique (Sukasih *et al.*, 2022). Les apprenants peuvent visualiser des concepts abstraits pour comprendre et structurer un modèle d'objet. Selon Rajkumar *et al.* (2022), la RA permet une augmentation de l'engagement des apprenants en salle de classe plus qu'un modèle traditionnel. Bousquet *et al.* (2022) indiquent que la solution technologique en tant que telle ne présente pas d'intérêt, mais le soutien pédagogique (par l'accompagnement de l'enseignant) avec la RA le rend à la fois appréciable pour les apprenants et efficace pour les apprentissages. Selon les auteurs (Bousquet *et al.*, 2022), les activités intégrant la RA ont permis aux étudiants d'améliorer nettement leur compréhension des notions à acquérir tout en augmentant leur sentiment de confiance en soi et d'autonomie. Li (2022) fait, quant à lui, le constat de l'utilité de la RA dans l'enseignement à l'université pour améliorer l'écoute et la prise de parole en anglais.

Pratiques instrumentées des enseignants

Lardé (2020) souligne que les enseignants utilisent la RA dans certaines situations complexes d'apprentissage ou comme un complément visuel à leurs pratiques pédagogiques. L'intérêt de cette approche pédagogique réside dans le fait que l'apprenant peut, en situation d'apprentissage, essayer de dénicher les erreurs pour progresser et se tromper sans risque. L'auteur insiste sur le fait que les nouvelles pratiques numériques doivent être au service de l'élève, et non pas l'inverse. La RA doit donc rester un moyen, au sens de Rabardel (1995), et non pas une fin en soi. Il devient un outil au service des apprentissages et favorise l'adaptation ou la compensation des savoirs (Mercier, 2020) pour les élèves avec des BEP (Pionnier, 2022).

Dans une revue de la littérature, Dunleavy et Dede (2014) résument les résultats de la recherche sur la RA dans les environnements d'apprentissage formels et informels (écoles, musées, parcs, zoos, etc.), en mettant l'accent sur les possibilités associées à l'outil en ce qui concerne l'enseignement, l'apprentissage et la conception pédagogique. Pour les auteurs, en tant qu'outil cognitif et approche pédagogique, la RA est principalement alignée sur la théorie de l'apprentissage situé et (socio)constructiviste, car elle positionne l'apprenant dans un contexte physique et social du monde réel tout en guidant, en étayant et en facilitant les processus d'apprentissage participatifs et métacognitifs tels que l'enquête authentique, l'observation active, le *coaching* par les pairs, l'enseignement réciproque et la participation périphérique légitime avec de multiples modes de représentation. Quant à lui, Dugas (2018) souligne les limites des outils de RA en indiquant qu'il reste encore quelques points à améliorer avant de généraliser le dispositif dans les classes. Pour l'auteur, certaines fonctionnalités techniques sont encore mal implémentées, le matériel peut encore connaître quelques limitations techniques, ou l'interface peut manquer d'ergonomie ou de plasticité, et entraîner parfois une surcharge visuelle puis cognitive. Il est nécessaire pour lui d'aller vers une démocratisation des applications de la RA en classe. Pour Li (2022), la technologie RA atteindra des sommets dans une dizaine d'années.

Une seule étude, à notre connaissance, fait participer des enseignants de la maternelle dans un projet de recherche intégrant des outils-auteurs de RA (Liu *et al.*, 2022). Les auteurs soulignent dans leurs résultats que les enseignants ayant une attitude positive et une expertise dans l'utilisation de la technologie dans l'enseignement auraient une meilleure expérience de cet outil de création de RA. Ils mettent en lumière des éléments qui doivent être approfondis dans le cadre de prochaines recherches : s'assurer de la possibilité de flexibilité du contenu créé, l'expérience d'enseignement des participants, mais aussi l'impact de ces outils de création de RA sur la pratique enseignante et les apprentissages des élèves. Ce sont ces points qui feront l'objet d'une réflexion approfondie dans le cadre de cet article.



Problématique

Progressivement, la RA prend place dans notre société et plus spécifiquement dans les situations d'apprentissage sous le drapeau de l'innovation pédagogique (Rajkumar *et al.*, 2022). Alors que le domaine de la médecine l'utilise depuis presque 20 ans (Fallet *et al.*, 2022), son intégration à l'école prend du temps et il est nécessaire de convaincre les enseignants pour favoriser son adoption et son appropriation sans angoisse (Mercier, 2022) et la mise en pratique dans les classes pour tous les niveaux scolaires. Loin d'être un concept nouveau, il divise toujours sur la scène scientifique et les apports de la RA sont encore à démontrer. Pourtant, une méta-analyse, proposée par Mohammadhossein *et al.* (2022), met en lumière 21 avantages de la RA comme des effets significatifs sur la motivation et le plaisir d'apprendre. Cependant, ils nuancent leurs propos en ajoutant que les effets de l'appropriation de l'outil sur le développement de l'autonomie et de la concentration ne sont pas examinés en détail et ils conseillent que ces deux indicateurs soient examinés. De plus, Lardé (2020) souligne que les études « objectives » portant sur la RA à des fins éducatives montrent un impact positif réel sur les apprentissages, car elle permet aux élèves de se projeter dans des environnements nouveaux. Cependant, il regrette que très peu d'enseignants, en 2019, maîtrisent les connaissances techniques nécessaires pour déployer des activités en RA et recommande de former les enseignants à cette nouvelle technologie. Il est vrai que la formation des enseignants « à » et « par » les outils numériques est fondamentale et une approche par projet permet aux enseignants de s'approprier un outil au service des apprentissages des élèves (Mercier, 2022).

L'approche par projet pédagogique représente une plus-value qu'il ne faut pas négliger, car nous le savons maintenant, la dissémination des outils numériques en classe ne permet pas des usages systématiques et crée même parfois des angoisses chez les enseignants (Ferrière *et al.*, 2013). C'est l'entrée proposée dans ce présent article pour les participants à notre enquête. L'objectif de recherche est donc d'identifier les usages de la RA dans un contexte spécifique à la maternelle dans la pratique de l'enseignante, mais également sur les apprentissages des élèves. À l'instar des travaux sur le bien-être autour de l'usage des outils numériques de Mercier (à paraître), l'accompagnement des enseignants sur l'intégration de la RA en classe devient un prérequis pour faciliter l'appropriation et la mise en place dans les activités pédagogiques. Tout comme l'étude proposée par Liu *et al.* (2022) auprès de 51 enseignants de la maternelle à l'université, nous proposons – à un groupe d'enseignants volontaires – un outil de création de ressources d'apprentissage avec la RA qui a été conçu et développé pour aider et accompagner les enseignants sans expérience préalable sur la création de contenu dans un milieu immersif. L'analyse des situations avec les enseignants permettra alors de savoir de quelles façons la RA affecte (avec un meilleur contrôle) les expériences d'apprentissage des apprenants (Lin *et al.*, 2022) mais également, en amont, comment elle est envisagée par les enseignants en pratique et pour quels objectifs pédagogiques.

Méthodologie

Le projet initial profite d'une participation de 19 enseignants volontaires en France métropolitaine et à Futuna. Deux rencontres ont eu lieu avec eux dans le cadre du projet de recherche : des séances de co-conception du scénario pédagogique (28/02/2022 et 22/06/2022). Dans une phase préliminaire, une seule enseignante a été sollicitée (car volontaire pour commencer la phase expérimentale) en début de projet pour un développement de contenu intégrant de la RA en classe. Cette phase est essentielle pour permettre d'ajuster notre protocole de recherche dans le cadre des autres observations en situation de classe. Cette enseignante pilote nous permet de poser les jalons d'une observation qui a été généralisée à partir de janvier 2023.



Participants et procédures de réalisation de l'enquête

Le présent article se focalise sur la pratique d'une seule enseignante. Ainsi, un entretien préalable et une phase de conception ont été proposés (21/09/2022). Puis une séance avec les élèves a été mise en place par l'enseignante (23/09/2022). Enfin, un entretien a été mené avec l'enseignante (24/10/2022) pour débattre de la plus-value de l'outil de RA en situation d'apprentissage piloté par son objectif pédagogique.

L'enseignante, titulaire depuis 21 années, se présente comme une personne non experte des outils numériques et elle indique utiliser un *smartphone*, une tablette tactile et un ordinateur portable pour sa pratique personnelle. Elle souligne ne pas avoir bénéficié d'une formation initiale, mais qu'elle a participé à quelques activités de formation continue sur les outils numériques. Elle dit se débrouiller quand elle en a besoin. Elle est enseignante d'une classe de moyenne et grande section (cycle 1 – école maternelle – de 4 à 5 ans) avec 26 élèves et son école est équipée de 30 tablettes tactiles Android qu'elle utilise parfois dans sa pratique pour garder notamment des traces d'activité des élèves dans leurs productions ou proposer des logiciels éducatifs (Zoom de Jocatop, repérage dans l'espace, application My Picture Books, application des couleurs de l'océan).

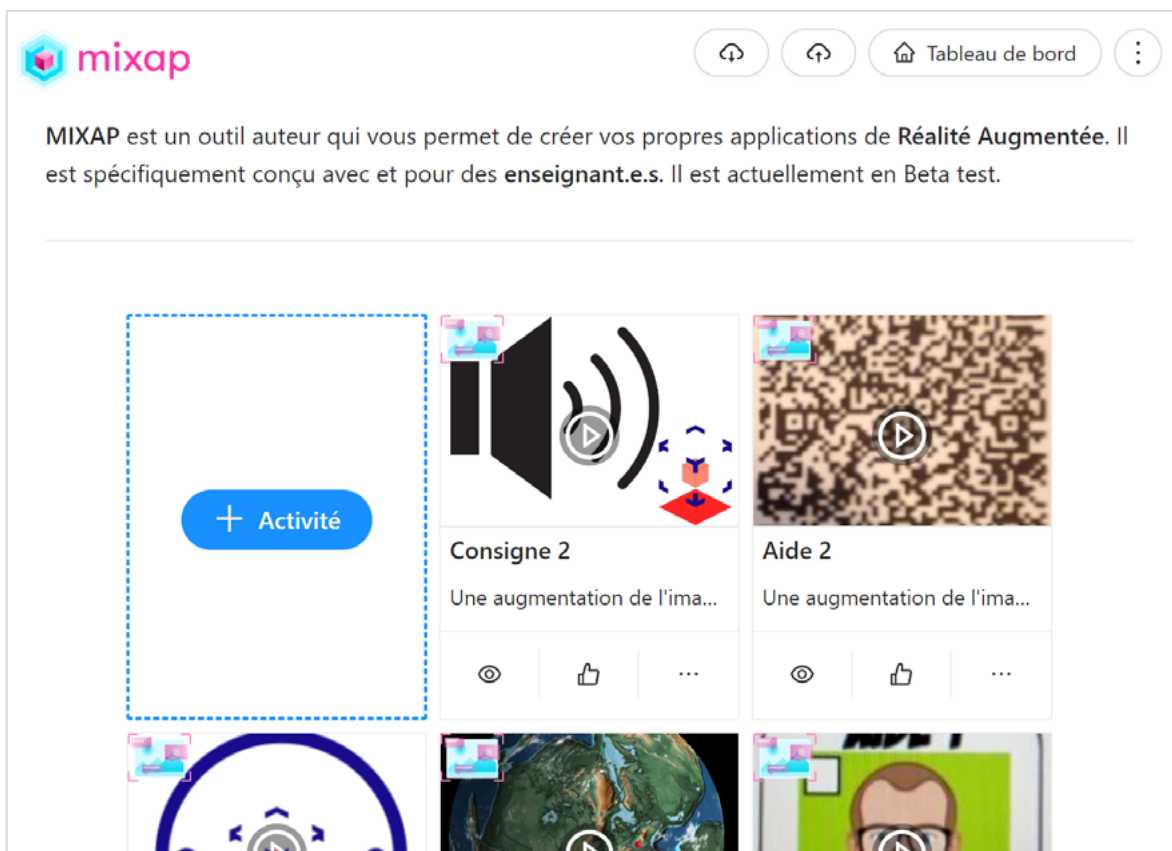
Outils et recueils des données

L'outil-auteur numérique de création d'activités éducatives en RA proposé aux enseignants (nommé MIXAP – figure 1) rend compte d'un développement « centré-utilisateur » (Guffroy *et al.*, 2017), imprégné dans une approche de recherche et développement. Cette approche offre la possibilité d'une conception participative et propose donc une place à tous les enseignants afin de permettre, à court terme et dans une visée de conception itérative, d'ajuster le développement de l'outil au service du terrain pédagogique. L'outil-auteur (qui est une application téléchargeable) ne nécessite pas de connexion Internet et est disponible gratuitement.



Figure 1

Visuel de l'application MIXAP (outil-auteur) pour la création de contenu en RA



D'un point de vue technique, l'outil numérique donne la possibilité de créer des activités du type : augmenter une image, valider une image, associer deux images ou superposer des calques (Ez-zaouia *et al.*, 2022). L'interface utilisateur de MIXAP se compose de quatre vues principales : la bibliothèque, le tableau de bord, l'éditeur et le lecteur d'augmentation. Lorsque l'utilisateur lance une activité avec le lecteur, l'objet marqueur est reconnu via la caméra de l'appareil de l'utilisateur (tablette ou *smartphone*) et les augmentations numériques (virtuelles) sont projetées sur l'objet marqueur tangible (réel). Dans le cas d'une activité d'association, l'utilisateur doit ajouter deux marqueurs. L'outil MIXAP permet aux utilisateurs de personnaliser tous les aspects des augmentations en termes de contenu et d'apparence. Les augmentations représentent les ressources média que l'utilisateur peut ajouter à une activité de RA, à savoir des textes, des audios, des vidéos, des objets 3D et des boutons qui ouvrent des fenêtres d'informations. Les utilisateurs peuvent ajouter des ressources à partir de leurs appareils ou créer et modifier des ressources à l'aide d'outils de ressources multimédias intégrés à MIXAP (figure 2). En outre, les utilisateurs peuvent personnaliser la taille, la couleur, la forme et les polices de textes des ressources d'une activité de RA. Il est également possible de regrouper ou d'ordonner des activités en sélectionnant deux activités ou plus pour créer un groupe d'activités avec la possibilité de planifier leur ordre en créant un parcours d'activités de RA.



Figure 2

Activité d'apprentissage avec l'application MIXAP



Note. © Membre du projet MIXAP. Reproduit avec son autorisation. Une élève passe la tablette tactile équipée de l'application MIXAP et du contenu créé par l'enseignante pour découvrir les photos, les mots et les sons correspondants.

L'ensemble des séances (conception des activités avec l'outil-auteur et la séance en classe avec les élèves) est enregistré (captation vidéo – deux ou trois caméras fixes pour couvrir tout le champ de l'expérimentation). Les entretiens (deux sessions d'une heure) sont enregistrés pour faciliter l'analyse de corpus au regard de l'objectif pédagogique de l'enseignante dans la séance et pour proposer un retour réflexif sur la séance réalisée avec les élèves (captation audio – dictaphone pour les entretiens). Le *cloud* sécurisé accueille toutes les données recueillies et les analyses réalisées de façon analytique nous permettent de rendre compte des premiers résultats et de stabiliser le protocole pour les séances à venir avec le groupe d'enseignants. Les objets de l'analyse sont les suivants : pratiques instrumentées de l'enseignante et son étayage, mais aussi apprentissages développés et comportement des élèves.

Résultat

Préparation et conception de la séance

UN OUTIL AU SERVICE D'UN OBJECTIF PÉDAGOGIQUE ET DU BESOIN DES ÉLÈVES

L'entretien commence avant la conception sur la tablette tactile des activités augmentées pour connaître l'objectif pédagogique qui guide l'enseignante. Elle explicite qu'il faut enrichir le lexique des élèves pour les préparer à la lecture intégrale d'un album jeunesse (attendus du cycle 1¹⁰). Elle ajoute, à partir de ses

¹⁰ Domaine Mobiliser le langage dans toutes ses dimensions (arrêté du 18 février 2015 fixant le programme d'enseignement de l'école maternelle, 2015)



observations, que certains élèves s'égarerent avec les illustrations, ce qui limite la compréhension des mots. Elle souhaite donc, en lien avec ce constat, partir des illustrations de l'album pour les transposer à des images réelles, mais surtout les associer à des mots écrits. À long terme, elle ambitionne que ces mots écrits puissent correspondre à trois types d'écriture (scripte, majuscule et cursive). Avant la conception, elle indique être confiante dans la réalisation de ce qu'elle avait imaginé dans son projet en amont. Sa prochaine séance, avec une approche instrumentée, s'ancre dans une séquence qui a déjà commencée. C'est maintenant le temps de cristalliser les connaissances. Plus tard, elle pourra proposer l'activité intégrant la RA pour permettre à un élève de retrouver, en autonomie, le vocabulaire au besoin. L'outil tablette tactile, équipée de l'application de RA, est pour l'enseignante un support permettant de proposer d'autres modalités d'enseignement. C'est donc bien un moyen pour favoriser un accès aux savoirs pour les apprenants. Ainsi, l'outil-auteur de RA permet à l'enseignante de créer des augmentations adaptées en lien avec son objectif pédagogique et les besoins de ses élèves.

UNE INSTRUMENTALISATION DE L'OUTIL AU SERVICE DES APPRENTISSAGES

Dans un premier temps, au cours de la séance de coconception, la création du contenu sur la tablette tactile via l'application de RA est réalisée avec un certain accompagnement de la part des chercheurs en informatique; ceci est nécessaire afin de rendre possible le souhait formulé par l'enseignante dans son projet et parce que la version utilisée précédemment a évolué. Dans un second temps, l'appropriation de l'outil se fait progressivement par l'enseignante. En effet, les différentes étapes sont intégrées par celle-ci et lui permettent d'automatiser des gestes dans son activité instrumentée. De plus, au fur à mesure de ses manipulations sur l'outil, elle prend en compte les contraintes (instrumentation) et propose des pistes pédagogiques en utilisant ces contraintes comme un moyen d'agir sur le développement des activités (instrumentalisation). Pour illustrer ce dernier point, elle souligne, après avoir enregistré une capsule audio comme augmentation d'une image-marqueur, qu'il est envisageable que les élèves puissent réaliser eux-mêmes cette capsule pour développer leur langage oral. L'outil qui était initialement pensé pour permettre de travailler sur le langage écrit va progressivement l'amener vers d'autres activités de remédiation pour les élèves.

DU PROJET PÉDAGOGIQUE À LA PROJECTION EN CLASSE

À la fin de son activité de création, l'entretien permet d'échanger sur les possibles de la séance à venir avec les élèves. L'enseignante indique ne pas être inquiète et qu'il n'est pas nécessaire d'être un expert de la tablette tactile pour l'utiliser avec les élèves, mais ajoute tout de même qu'il est plus simple d'être conseillé. Elle indique avoir déjà utilisé ces outils en classe (en activités complémentaires) et que depuis peu elle récolte les traces d'activité des élèves avec l'appareil photo intégré. Elle est assez d'accord pour dire qu'elle se sent compétente dans l'usage de l'outil numérique en classe auprès des élèves et est d'accord sur le fait de gérer l'outil dans sa pratique pédagogique. Enfin, elle est tout à fait d'accord pour dire que la tablette tactile peut-être utile pour des apprentissages (outil attirant pour les élèves et qui propose du contenu plus riche que le support papier seul, et ce, dans une modalité permettant la manipulation) et de ce fait, cet outil l'intéresse. À la question « est-ce que la production réalisée va répondre à l'objectif pédagogique? », l'enseignante répond : « oui, je pense... et je vois déjà des activités que je peux faire après au-delà de cela. Des enfants qui pourraient trouver et associer les images et les mots » (une nouvelle instrumentalisation). Elle envisage donc de créer une activité à partir de sa création de contenu sur l'application RA pour permettre aux apprenants d'identifier et d'associer une image (p. ex. : une craie que l'on retrouve dans la classe) à un mot (p. ex. : le mot « craie » écrit) correspondant à ce qui est observé sur l'album jeunesse (p. ex. : une craie avec des yeux – image imaginaire).



Activités réalisées par les élèves

INTRODUIRE UN NOUVEL OUTIL EN CLASSE

Une phase de familiarisation avec l'enseignante et le groupe d'élèves permet d'identifier les vignettes correspondantes à chaque activité intégrant de la RA sur l'outil-auteur (une vignette donne accès à une augmentation avec l'album jeunesse papier intitulé *L'énigme du tableau noir*¹¹). Tous les élèves font un essai pour prendre connaissance de ce qui apparaît sur le support numérique. Dans le premier essai, l'enseignante demande aux élèves :

« Qu'est-ce qui se passe quand nous passons la tablette sur la règle [du livre]? »

Une élève répond :

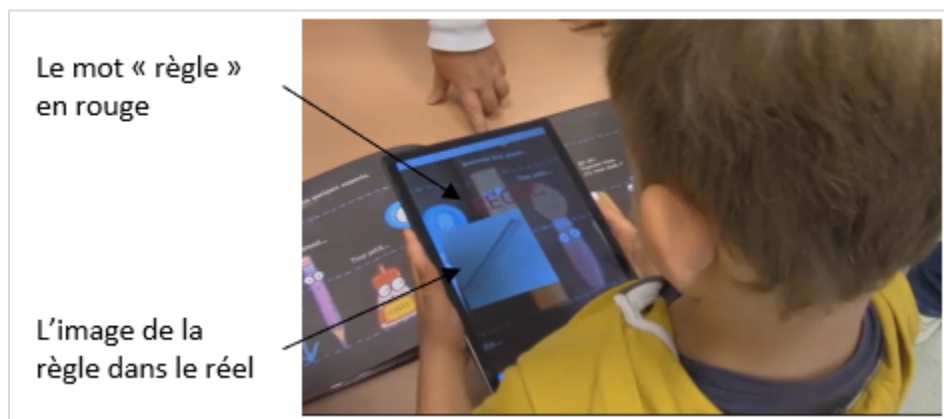
« Ça fait la règle [réelle en photo]. »

Un autre ajoute :

« L'écriture de la [du mot] règle. »

Figure 3

Activité d'apprentissage sur tablette avec l'application MIXAP, côté élève



Note. © Membre du projet MIXAP. Reproduit avec son autorisation. Un élève passe la tablette tactile équipée de l'application X sur une page de l'album jeunesse pour faire apparaître le mot « règle » et l'image de la règle.

À chaque essai les élèves indiquent qu'il y a le mot écrit et le « vrai » objet en photo. L'enseignante offre de l'assistance aux élèves notamment pour la prise en main et la position de la tablette tactile dans les mains des enfants; cela permet de favoriser l'apparition des augmentations : « tu es trop près du livre ». Tous les élèves souhaitent voir le contenu sur l'application, et ce, pour tous les essais. Cette phase de familiarisation (figure 3) permet d'introduire la tablette tactile et son contenu (via l'application) pour préparer l'activité à suivre comme cela est fait pour tout outil, même non numérique (p. ex. : la règle – instrument de géométrie).

¹¹ Livre jeunesse de Richard Byrne (2018).



La consigne est donnée à l'ensemble du groupe. Le travail pédagogique se réalise à partir d'un outil papier (album jeunesse) déjà connu par les élèves, des tablettes tactiles possédant l'application de RA et le contenu pédagogique créé par l'enseignante. Les élèves consultent les différentes vignettes (pour avoir accès aux images augmentées) sur le support numérique et doivent, par comparaison terme à terme, trouver la localisation de la page dans l'album jeunesse pour avoir accès aux augmentations.

Figure 4

Activité d'apprentissage avec l'application MIXAP, côté enseignante



Note. © Membre du projet MIXAP. Reproduit avec son autorisation. Au passage de la tablette tactile, dans les mains de l'enseignante, équipée de l'application X de RA, le mot « CRAIE » apparaît en bas à droite de l'écran et une photo de craies apparaît en haut à gauche de l'outil.

Ainsi, les élèves, en plaçant la tablette tactile au-dessus de l'ouvrage papier (sans prendre de photo, juste avec un passage), font apparaître une photo et un texte (en majuscules) virtuels sur un support réel (l'album jeunesse). L'exemple en figure 4 illustre le propos. Un troisième contenu a été ajouté pour le mot « ciseaux » et permet aux apprenants d'entendre un son correspondant à l'image et au mot écrit.

UNE ACTIVITÉ PERMETTANT LE RENFORCEMENT DES COMPÉTENCES SOCIOCOGNITIVES

Une fois les mots identifiés (la photo de l'objet réel et le mot, voire le son), les élèves ont pour tâche, en binôme, de faire correspondre, sur une feuille d'activité volante, plusieurs étiquettes ensemble. Par exemple, un flacon de colle représenté dans l'album jeunesse (représenté par un dessin imaginaire – une colle avec des yeux – dans l'encadré en haut à droite de la figure 5) auquel les élèves doivent faire correspondre la photo de l'image réelle (qu'ils retrouvent dans le quotidien) et le mot écrit qui correspond, à savoir le mot « COLLE ». Notons que la tâche peut être complexe (avec des obstacles didactiques), car plusieurs mots commencent par la même lettre en fonction de la feuille d'activité. Sur le support papier d'activité, trois objets commencent par la même lettre : « COLLE », « CRAIE » et « CISEAUX ».



Figure 5

Activité de correspondance pour les élèves



Note. © Membre du projet MIXAP. Reproduit avec son autorisation. Deux élèves travaillent sur la correspondance entre les images de l'album jeunesse, les photos dans le réel et les mots écrits en majuscules les représentants.

Les binômes font preuve de coopération en divisant les tâches pour être plus efficaces. Un élève manipule la tablette tactile au-dessus de l'album jeunesse pour trouver les indices révélés par augmentation. Pendant ce temps, l'autre élève se charge de récupérer les indices et de chercher les étiquettes correspondantes pour les disposer sur le support papier d'activité.

Cette division de la tâche est sans doute liée au fait qu'il est difficile de stabiliser le support numérique par les jeunes qui doivent nécessairement trouver un allié pour achever l'activité. Une vérification est opérée par les élèves pour valider ou non leur proposition. Une autocorrection favorise une activité autonome chez les élèves et quand cela est difficile, un léger étayage de l'activité est proposé par l'enseignante (figure 6).



Figure 6

Accompagnement de l'enseignante



Note. © Membre du projet MIXAP. Reproduit avec son autorisation. Deux élèves vérifient le mot choisi avant de le coller sur leur feuille d'activité sous le regard de l'enseignante (à gauche) et l'enseignante vérifie le mot affiché sur l'application (à droite).

Retour réflexif de la professionnelle sur la séance

Un entretien en visioconférence a été réalisé avec l'enseignante le 24 octobre 2022 (un mois après la séance) à propos des usages de l'outil numérique et du contenu de l'application avec ses élèves. Son premier retour fait référence à la situation atypique en contexte de classe avec la présence des adultes munis de caméra pour le projet et la capacité de ses élèves d'en avoir fait abstraction. Dans sa pratique professionnelle, la séance menée a été agréable et sans embûche. La suite de l'entretien permet de relever des éléments pédagogiques et didactiques en faveur de l'utilisation de la RA en classe tout en soulignant les limites de la solution. Ces points deviendront les critères d'évaluation des prochaines séances avec l'ensemble de la cohorte.

POSTURE ET RÉGULATION DU GROUPE CLASSE

La posture de l'enseignante a progressivement évolué pour laisser peu à peu les élèves en autonomie :

« Le but c'était qu'ils deviennent autonomes. »

Elle intervenait seulement pour débloquer des situations d'apprentissage limitées parfois par l'usage de l'outil numérique. Le contenu de la séance était déjà connu des apprenants et il était question de consolider les apprentissages. C'est l'ensemble des stratégies proposées par l'enseignante qui permet aux élèves, en situation instrumentée, de vérifier leurs connaissances sur l'objet d'apprentissage.

Pour l'enseignante, c'est un support de plus au service des apprentissages et un complément visuel :

« C'est un plus que l'on apporte à un objet [d'apprentissage]. C'était l'objectif pour moi. »

La phase de familiarisation est importante pour permettre aux élèves de développer des compétences relatives au vivre-ensemble : chacun son tour, coopérer et interagir. Selon elle, tous les nouveaux supports (numériques ou non) proposés en classe nécessitent cette phase de familiarisation et donc de régulation.



Des élèves, au début de la séance, rencontrent parfois des difficultés pour réaliser la tâche en binôme avec la tablette tactile par rotation. Cependant, elle observe le même comportement lorsqu'elle propose un jeu de plateau où tous les élèves veulent jeter le dé. L'accompagnement de l'enseignante, comme habituellement, permet de proposer un cadre bienveillant et structurant à tous les élèves.

COMPÉTENCES SOCIOCOGNITIVES

Pour l'enseignante, à durée égale sur une activité débranchée de 30 minutes, les élèves ont fait preuve d'une concentration tout à fait ordinaire. Ils ont également fait preuve d'une mobilisation de leur mémoire de travail pour trouver les mots écrits dans la barquette en plastique (mêlés à des mots inutiles pour certains binômes). L'enseignante a travaillé avec eux en amont sur la reconnaissance des premières lettres d'un mot pour le retrouver sur un autre support. Ici, elle observe donc le réinvestissement de cette stratégie travaillée plus tôt dans l'année pour faciliter la réalisation de l'activité.

Au cours de la séance suivante, elle souligne que quelques élèves ont fait preuve de métacognition (présentation de leurs stratégies pour réaliser l'activité) auprès des élèves absents ou n'ayant pas participé à l'étude (pour faire suite aux autorisations des responsables légaux). En effet, les élèves ayant participé devaient expliciter ce qu'ils avaient fait et les stratégies mobilisées pour mener à bien l'activité proposée. C'est au cours de ce retour que l'enseignante a pu prendre conscience que l'outil numérique utilisé permettait également un retour métacognitif de la part des élèves dans leurs apprentissages.

UNE RÉPONSE AUX BESOINS ÉDUCATIFS PARTICULIERS DES ÉLÈVES ET UNE SOURCE DE MOTIVATION?

L'activité proposée a permis une forte coopération de la part des apprenants :

« Ils s'aidaient les uns les autres. »

Ceci est renforcé par les conditions de réalisation de la tâche. En effet, les élèves devaient travailler en binôme avec une tablette tactile, une forme d'imitation se met en place pour des élèves en manque de confiance en eux et réservés. L'enseignante indique que la pratique en binôme sur l'outil a sans doute permis à deux élèves d'essayer et de s'autoriser à faire des erreurs. Deux autres élèves, décrits avec des BEP (hyperactivité pour l'un et des traits autistiques pour l'autre), participent à la séance avec le même engagement que tout le groupe classe. L'enseignante ajoute dans son discours :

« Ça ne s'est pas vu [sur la vidéo]? »

Elle émet une hypothèse que le support numérique favorise un comportement adapté de ces deux élèves en séance. Cependant, elle souligne l'importance de vérifier cela à l'avenir.

L'enseignante souligne qu'elle a observé des élèves motivés et souriants quant à l'intégration d'un nouvel outil en classe pour son activité. Une forme de joie pour elle qui émane de la découverte d'un support (numérique) et d'un travail réalisé de manière différente. Elle a déjà constaté cette motivation chez les élèves, mais ici elle signifie qu'elle était unanime :

« Ça a vraiment accroché tout le monde. »



Elle émet alors l'hypothèse que l'effet de nouveauté peut avoir une incidence et qu'il serait nécessaire d'observer la motivation de ses élèves à long terme avec un contenu différent. Pour elle, le contenu doit évoluer et c'est à la charge de l'enseignant de le rendre attrayant.

Discussion

Usages de la réalité augmentée par l'enseignante

L'appropriation de l'application de RA sur la tablette tactile par l'enseignante lui permet de créer du contenu en lien avec son objectif pédagogique. D'abord dans une instrumentation de l'outil (ce que l'outil lui permet de faire), elle passe rapidement, dans une projection, à une possible instrumentalisation lui permettant de capitaliser sur la création du contenu (ce qu'elle souhaite faire avec l'outil) (Béguin et Rabardel, 2000; Mercier, à paraître). L'outil est considéré comme un moyen au service du projet, mais surtout au service des apprentissages. C'est une modalité complémentaire pour permettre aux apprenants de faire un lien entre les différents concepts enseignés. L'application de RA ne vise pas l'accès à un contenu inaccessible dans cette enquête, mais bien une association de supports visuels et parfois audio réunis sur un seul et même outil (Lardé, 2020). La multiplication des modalités permet aux élèves de travailler sur les régularités des objets étudiés puis sur leur généralisation pour consolider les apprentissages (Bruner, 1983). L'ensemble de ces observations sont rendues possibles par une approche par projet (en lien avec les besoins de l'enseignante et de ses élèves) et non pas par une approche par dissémination de technologies dans les classes qui peut rapidement entraîner des angoisses chez les enseignants quant à l'usage (Ferrière *et al.*, 2013).

Cette pratique instrumentée, utilisant la RA, est suggérée par le ministère de l'Éducation nationale en France. En effet, dans le livret présenté en 2019 à l'occasion de l'université d'été Ludovia, la RA est citée comme simulation immersive dans le cadre de l'innovation numérique, mais toujours au service de l'efficacité pédagogique. Le rapport stipule que la solution numérique « permet [...] aux élèves d'entrer dans des expériences à partir de situations authentiques [qui] constituent [...] une autre perspective structurante en matière de pédagogie » (ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2019, p. 12). Ceci est rendu possible par la création de contenu de l'enseignante. Comme le souligne Bousquet *et al.* (2022), la solution technologique en tant que telle ne présente pas d'intérêt et c'est bien l'élaboration du contenu, mais aussi l'accompagnement de l'enseignante qui permet de donner du sens aux apprentissages. Le rôle du pédagogue est central et a trop souvent été ignoré dans les travaux autour des pratiques instrumentées (Mercier, à paraître). Pour cette dernière, l'activité instrumentée va permettre de soulever une contrainte de temps (l'élève peut travailler en autonomie en activité détachée), de durée (tirer profit de ce qui est déjà créé en contenu pour imaginer d'autres activités) et de lieu (utiliser le support dans d'autres environnements – musée ou sortie – dans le cadre scolaire; Tricot, 2021).

Intérêt de la réalité augmentée pour les élèves

D'un point de vue des programmes du cycle 1, la manipulation et l'usage d'une tablette tactile sont des compétences à développer : « agir sur une tablette numérique » (ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2020, p. 21). En effet, ce qui est attendu en fin d'école maternelle par les élèves est : « Utiliser des objets numériques : appareil photo, tablette [tactile], ordinateur » (p. 22). En soi, l'intégration de la RA en classe peut répondre à cet objectif de fin de cycle, mais qu'en est-il pour les apprentissages des élèves via cet outil numérique de RA?



À partir des premiers résultats, avec le suivi de la progression d'une enseignante sur sa séquence, il semblerait que la technologie de RA proposée est intéressante pour optimiser les approches médiatiques et d'apprentissage, comme le soulignent Sabil *et al.* (2022) dans une enquête auprès des collégiens en mathématiques (bien que les deux populations ne soient pas comparables). La séance permet aux élèves d'identifier des objets réels qui sont représentés d'une certaine manière dans l'album jeunesse (imaginaire) ainsi que d'identifier des mots écrits spécifiques pour travailler sur le vocabulaire, car ces mots sont baignés dans le texte et ne permettent pas à l'élève de les identifier sans l'aide d'un adulte (ATSEM¹² ou enseignante). C'est donc un atelier qui permet à un binôme d'élèves de travailler en autonomie avec le matériel déposé sur la table. Plusieurs points positifs sont soulignés et nuancés par l'enseignante : sollicitation de la mémoire de travail (ou mémoire à court terme), motivation unanime, concentration et coopération. Les résultats sont similaires à ceux présentés par Ahuja *et al.* (2022) : augmentation de la motivation, facilité d'interaction, développement des compétences cognitives, amélioration de la mémoire à court terme et leçons plus agréables, rendant l'expérience globale stimulante et engageante.

Faisons maintenant un point sur les effets de la coopération qui permettent à quelques élèves avec des BEP d'essayer l'outil numérique et de travailler d'une façon différenciée. Selon l'enseignante, deux élèves au profil atypique (TSA ou hyperactivité) font preuve d'imitation par observation des pairs ou du second membre du binôme pour entrer dans l'activité. Ces observations, en lien avec l'activité médiatisée des élèves présentant des BEP, avec une tablette tactile, sont déjà étayées dans la littérature scientifique (Bourdon *et al.*, 2018). Cette modalité utilisant un outil numérique, proposant un complément visuel, favorise la progression des élèves dans l'activité en leur permettant d'essayer plusieurs fois, de dénicher les erreurs au fur et à mesure pour progresser, mais également et surtout de se tromper sans risque (Lardé, 2020) avec une autocorrection accessible à tout moment. L'album jeunesse en RA semble donc être un outil intéressant pour le développement des connaissances des élèves, comme l'ont souligné les travaux de Sukasih *et al.* (2022).

L'ensemble de ces observations devra faire l'objet d'une étude plus fine pour s'assurer qu'il n'y a pas seulement un effet de nouveauté. Par conséquent, ce dernier peut être un biais considérable à prendre en compte pour généraliser les résultats à venir avec l'ensemble des professionnels impliqués dans le projet. Seul un temps d'habituation, sur une période d'accommodation laissée au sujet, suffisent à obvier à cet effet (Laurencelle, 2005). Ainsi, comme le souligne l'enseignante dans son entretien final, le pédagogue doit s'assurer de l'intérêt et de la pertinence du contenu pour ses élèves (comme il le ferait pour un contenu sur un support non numérique). Elle ajoute également que c'est à l'enseignant de faire attention de ne pas surcharger le support (l'interface numérique) pour favoriser l'ergonomie. Le rôle de l'enseignante est central dans la conception et l'utilisation du contenu intégrant de la RA. Ces deux derniers éléments sont pilotés par les objectifs pédagogiques de l'enseignante. Ce qui est important pour elle, c'est de ne pas être soumis à l'outil :

« C'est nous [les enseignants] qui allons créer l'outil, comme on veut qu'il soit. On sait pourquoi on le fait aussi. »

¹² Agent territorial spécialisé des écoles maternelles



Conclusion

Les premiers résultats soulignent l'importance du rôle de l'enseignant dans la création du contenu pédagogique et didactique, mais également dans l'accompagnement des élèves autour d'un nouvel outil numérique en classe. L'outil de RA, considéré comme un outil de plus au service de la pédagogie, permet à l'enseignante un pouvoir d'agir (Rabardel, 1995) lui permettant, en partie, d'atteindre son objectif pédagogique en toute quiétude. Le développement de sa séance avec une approche par projet donne du sens à sa pratique et favorise l'évolution des élèves sur les compétences à développer. Le projet de l'enseignante ne s'arrête pas à la séance, il se poursuit dans ses projections pour l'envisager comme un outil permettant, tout au long de l'année, de consolider des connaissances. Ainsi, l'appropriation de l'outil par l'enseignante engendre une première instrumentation (ce que l'outil lui permet de faire), puis une seconde instrumentalisation (ce qu'elle souhaite faire avec l'outil; Mercier, 2022) qu'il conviendra d'étudier dans les mois à venir. En effet, la littérature scientifique montre que le manque de temps des enseignants freine massivement l'usage des outils numériques en classe (Ferrière *et al.*, 2013). La plus-value de l'outil numérique dans la pratique enseignante semble se confirmer (Shaumiwaty *et al.*, 2022).

D'un point de vue des apprenants, plusieurs éléments sont notables et soulignent l'intérêt de la RA dans les classes pour favoriser les apprentissages. Il est notifié que les élèves qui sollicitent leur mémoire de travail :

- font preuve d'une motivation qui n'est pas aussi unanime habituellement (tout en s'interrogeant sur l'effet de nouveauté);
- montrent un intérêt particulier pour les situations interactives (Roy, 2022);
- participent de manière coopérative avec un autre élève.

Les effets sur le comportement de deux élèves avec BEP soulignent une piste intéressante permettant de la différenciation pédagogique. Ainsi, la tablette numérique, par ses propriétés physiques, avec l'application de RA et le contenu créé par l'enseignante, semble répondre aux BEP de deux élèves d'une manière différente du reste du groupe classe. Par imitation, ces deux jeunes s'autorisent la découverte d'un nouvel outil et la réalisation d'une activité sur un support numérique et papier. Le support numérique devient alors un outil de médiatisation permettant l'accès aux savoirs pour les élèves qui rencontrent parfois quelques difficultés pour entrer dans les activités. En agissant sur la situation (Gremion et Gremion, 2020) plus que sur les BEP des élèves, l'enseignante offre une porte dérobée aux apprenants pour qu'ils puissent participer à l'activité et vivre peut-être de « meilleures expériences d'apprentissage » (Ahuja *et al.*, 2022). Cependant, il reste difficile de statuer sur un possible effet sur les apprentissages, avant même de parler de réussite scolaire (Anil et Batdi, 2022), des élèves sans un suivi longitudinal. Ce sera donc un des objectifs de l'analyse des données à venir avec l'ensemble des enseignants et de leurs élèves en situation d'apprentissage.



Liste de références

- Ahuja, N. J., Dutt, S., Choudhary, S., Iohmor, et Kumar, M. (2022). Intelligent Tutoring System in Education for Disabled Learners Using Human–Computer Interaction and Augmented Reality. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2124359>
- Anil, Ö., et Batdi, V. (2022). Use of augmented reality in science education: A mixed-methods research with the multi-complementary approach. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11398-6>
- Arrêté du 18 février 2015 fixant le programme d'enseignement de l'école maternelle en France (2015). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000030340778>
- Béguin, P., et Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2). http://tecfa.unige.ch/tecfa/maltt/cofor-1/textes/bequin_rabardel00.pdf
- Bourdon, P., Lefer-Sauvage, G., Mercier, C., Teutsch, P., et Lopez, S. (2018). Le rôle de l'imitation dans l'appropriation des outils numériques chez les enfants avec autisme. Étude de l'usage des tablettes tactiles en ULIS – école TED et IME. *Enfance*, 1, 147-168. <https://doi.org/10.3917/enf2.181.0147>
- Bousquet, B., Canioni, L., Guillet, J.-P., Fleck, S., Normand, E., et Hachet, M. (2022). HOBIT. Un concept innovant pour la transformation des pratiques pédagogiques en physique. *Reflète de la physique*, 73, 36-39. <https://doi.org/10.1051/refdp/202273036>
- Bruner, J. S. (1983). *Le développement de l'enfant : Savoir-faire, savoir dire*. Presses universitaires de France.
- Degeer, M., et Kumps, A. (2022). *Les compétences numériques des élèves et des enseignants : À l'heure du Pacte pour un Enseignement d'excellence*. De Boeck (Pédagogie et Formation).
- Dugas, J. (2018, novembre). La réalité augmentée dans un contexte d'apprentissage. *Adjectif*. <https://adjectif.net/spip.php?article480>
- Dunleavy, M., et Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. Dans J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (p. 735-745). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Ez-zaouia, M., Marfisi-Schottman, I., Oueslati, M., Mercier, C., Karoui, A., & George, S. (2022). A Design Space of Educational Authoring Tools for Augmented Reality. Dans K. Kiili, K. Antti, F. de Rosa, M. Dindar, M. Kickmeier-Rust, et F. Bellotti (dir.), *Games and Learning Alliance* (p. 258-268). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22124-8_25
- Fallet, V., Mehlman, C., Canellas, A., et Cadranel, J. (2022). Réalité virtuelle pour la relaxation avant les soins. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, 14(2, Supplément 1). [https://doi.org/10.1016/S1877-1203\(22\)00135-5](https://doi.org/10.1016/S1877-1203(22)00135-5)
- Fan, M., Antle, A. N., et Warren, J. L. (2020). Augmented Reality for Early Language Learning: A Systematic Review of Augmented Reality Application Design, Instructional Strategies, and Evaluation Outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 58(6), 1059-1100. <https://doi.org/10.1177/0735633120927489>
- Ferrière, S., Cottier, P., Lacroix, F., Lainé, A., et Pulido, L. (2013). Dissémination de tablettes tactiles en primaire et discours des enseignants : Entre rejet et adoption. *STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation)*, 20. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01138251>
- Gremion, F., et Gremion, L. (2020). De l'élève à la situation : Pour une prise en compte des besoins de la situation éducative particulière. Dans N. Chatelain, C. Miserez-Caperos et G. Steffen (dir.), *Interagir dans la diversité à l'école : regards pluriels* (p. 13-28). Éditions HEP-BEJUNE.
- Guffroy, M., Vigouroux, N., Kolski, C., Vella, F., et Teutsch, P. (2017). From Human-Centered Design to Disabled User et Ecosystem Centered Design in Case of Assistive Interactive Systems. *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development*, 9(4). <https://doi.org/10.4018/IJSKD.2017100103>
- Harbola, S., Storz, M., et Coors, V. (2022). Augmented Reality for Windy Cities : 3D Visualization of Future Wind Nature Analysis in City Planning. Dans V. Coors, D. Pietruschka, et B. Zeitler (dir.), *ICity. Transformative Research for the Livable, Intelligent, and Sustainable City: Research Findings of University of Applied Sciences Stuttgart*, 241-250. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92096-8_15



- Huguet, C., Pearse, J., et Tarazona, A. M. L. (2022). Using Augmented Reality to improve understanding of the Carbon cycle. *8th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'22)*, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia. <https://doi.org/10.4995/HEAd22.2022.14487>
- Ibrahim, A., Huynh, B., Downey, J., Höllerer, T., Chun, D., et O'donovan, J. (2018). ARbis Pictus: A Study of Vocabulary Learning with Augmented Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(11), 2867-2874. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2868568>
- Kumar, A. (2022). *Challenges of Using Augmented Reality to Teach Magnetic Field Concepts and Representations* [these de doctorat, Columbia University, New York, États-Unis]. <https://doi.org/10.7916/xyz0-qz75>
- Lardé, M. (2020). *Une école pour demain*. Evidence Éditions.
- Laurencelle, L. (2005). *Abrégé sur les méthodes de recherche et la recherche expérimentale*. PUQ.
- Li, N. (2022). Research on Augmented Reality College English Listening and Speaking Teaching Mode Supported by Wearable Technology. *Mobile Information Systems*, 2022. <https://www.hindawi.com/journals/misy/2022/2760131/>
- Lin, W., Lo, W.-T., et Yueh, H.-P. (2022). Effects of learner control design in an AR-based exhibit on visitors' museum learning. *PLOS ONE*, 17(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274826>
- Liu, E., Cai, S., Liu, Z., et Liu, C. (2022). WebART: Web-based Augmented Reality Learning Resources Authoring Tool and Its User Experience Study among Teachers. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(1), 1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3214854>
- Mercier, C. (2020). Accompagner les élèves avec autisme dans des espaces co-éducatifs avec un outil numérique de planification. *Traduction et Langues*, 19(1). <https://www.asip.cerist.dz/en/article/133456>
- Mercier, C. (2022). De la fourchette au zirgouflex : Quand quelqu'un veut développer une pratique instrumentée, mieux vaut lui apprendre à cheminer que de lui donner la solution. *Cahiers pédagogiques*, 580, 47-49. <https://www.cahiers-pedagogiques.com/n-580-vers-une-education-numerique/>
- Mercier, C. (à paraître). Comment l'outil devient-il un instrument dans l'esprit de l'Homme au travers de son activité et comment peut-il devenir un acteur de cela? Dans *La relation à autrui en régime numérique*. Chronique sociale.
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse (2019). *Le numérique au service de l'école de la confiance*. https://www.education.gouv.fr/sites/default/files/imported_files/document/DP-LUDOVIA_987361.pdf
- Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports (2020, 30 juillet). Programme du cycle 1. En vigueur à la rentrée 2020. *Bulletin officiel*, 31. <https://tinyurl.com/3bd4kfnw>
- Mohammadhossein, N., Richter, A., et Lukosch, S. (2022). Benefits of Using Augmented Reality in Learning Settings: A Systematic Literature Review. *Forty-Third International Conference on Information Systems*, Copenhagen. <https://tinyurl.com/muzmjdkj>
- Pionnier, X. (2022). Le numérique comme bien commun et la protection des données, notamment concernant les élèves à Besoins éducatifs particuliers : Un exemple, l'usage de la réalité augmentée. *La nouvelle revue – Éducation et société inclusives*, 94(2), 267-274. <https://doi.org/10.3917/nresi.094.0267>
- Prasasti, I. H., Priyangan, D. M., et Fransiska, H. (2022). Development of Innovative Learning Assessment Modules on Augmented Reality-Based Space Building. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 5(4). <https://www.bircu-journal.com/index.php/birci/issue/view/56>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462>
- Rajkumar, R., Ramakrishnan, S., Yeturu, P. N., et Reddy, A. S. (2022). A real-time Augmented Reality application to increase the learners' engagement in Classroom. *2022 IEEE 5th International Symposium in Robotics and Manufacturing Automation (ROMA)*, 1-3. <https://doi.org/10.1109/ROMA55875.2022.9915660>
- Rézeau, J. (2002). Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement : Du triangle au « carré pédagogique ». *ASp, la revue du GERAS*, 35-36. <https://doi.org/10.4000/asp.1656>
- Roy, D. (2022). La SandBox, outil dynamique au service de la représentation spatiale dans l'apprentissage de la géographie. *Mappemonde. Revue trimestrielle sur l'image géographique et les formes du territoire*, 134. <https://doi.org/10.4000/mappemonde.7890>



- Sabil, H., Noverma, N., et Indri, S. (2022). The practice of using interactive media with augmented reality (AR) based on STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics) in student learning. *Cakrawala Pedagogik*, 6(2). <https://doi.org/10.51499/cp.v6i2.335>
- Sadirac, N. (2019). Apprendre 3.0. Par l'inventeur de la pédagogie d'Epita, Epitech, l'école 42 et zone 01. Éditions First.
- Shaumiwaty, S., Fatmawati, E., Sari, H. N., Vanda, Y., et Herman, H. (2022). Implementation of Augmented Reality (AR) as A Teaching Media in English Language Learning in Elementary School. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 6(6). <https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i6.3398>
- Sukasih, S., Wulandari, D., et Permana, Z. F. (2022). The Effectiveness of Augmented Reality Book to Improve Critical Thinking Ability at Elementary School Students. *Journal of Education for Sustainability and Diversity*, 1(1). <https://doi.org/10.57142/jesd.v1i1.2>
- Tricot, A. (2021). Le numérique permet-il des apprentissages scolaires moins contraints? Une revue de la littérature. *Éducation et sociétés*, 45(1), 37-56. <https://doi.org/10.3917/es.045.0037>
- Yu, Y.-L., Wu, T. T., et Huang, Y.-M. (2022). *Learning behavior in augmented reality-mediated mobile game-based learning*. Library Hi Tech. <https://doi.org/10.1108/LHT-03-2022-0122>



Un processus et des principes pour le développement de jeux sérieux en réalité virtuelle immersive

A Process and Principles for the Design and Development of Immersive Virtual Reality Educational Applications

Un proceso y algunos principios para el diseño y el desarrollo de aplicaciones educativas de realidad virtual inmersiva

<https://doi.org/10.52358/mmm.vi15.356>

Christine Marquis, enseignante et chercheuse de collègue
Cégep de Saint-Jérôme, Canada
christine_marquis@hotmail.com

Bruno Poellhuber, professeur
Université de Montréal, Canada
bruno.poellhuber@umontreal.ca

Sébastien Wall-Lacelle, enseignant
Cégep de Saint-Jérôme, Canada
swall@cstj.qc.ca

Normand Roy, professeur
Université de Montréal, Canada
normand.roy@umontreal.ca

RÉSUMÉ

La réalité virtuelle, qui implique un environnement généré par un système informatique donnant une impression de réalité, de présence et d'engagement (Pellas *et al.*, 2020), a connu des développements dans le domaine de l'éducation (Freina et Ott, 2015; Jensen et Konradson, 2018). Les avantages qu'elle présente, notamment pour la visualisation des concepts abstraits, pour la réalisation de tâches expérimentales difficiles ou impossibles à



réaliser dans la réalité ainsi que pour la motivation, l'engagement et le transfert des apprentissages la rendent particulièrement utile pour l'apprentissage des sciences (Dalgarno et Lee, 2010; Lewis *et al.*, 2021; Shin, 2017). En nous ancrant dans une démarche adaptée de l'analyse de la valeur pédagogique (Rocque *et al.*, 1998), du modèle ADDIE, de l'art de la conception des jeux sérieux (Ryerson University, 2018) et d'un modèle de conception d'applications en réalité virtuelle (Vergara *et al.*, 2017), nous avons développé de manière itérative différents jeux sérieux en réalité virtuelle en sciences au collégial (biologie, chimie et physique) pour finalement les mettre à l'essai en classe à l'automne 2022. Cet article vise à partager le processus expérimenté pour le développement, les résultats de chacune des étapes de ce processus ainsi que les principes qui en sont ressortis. Le tout sera utile aux acteurs du milieu de l'éducation désirant développer des jeux sérieux en réalité virtuelle.

Mots-clés : technologies immersives, enseignement des sciences, ludification, jeux sérieux, design, analyse de la valeur pédagogique

ABSTRACT

Virtual reality, which involves a computer-generated environment that gives a sense of reality, presence, and engagement (Pellas *et al.*, 2020), has recently seen significant developments in education (Freina and Ott, 2015; Jensen and Konradsen, 2018). Its advantages, including visualizing abstract concepts, performing experimental tasks that are difficult or impossible in real life, as well as its' capacity to facilitate motivation, engagement, and transfer of learning, make it particularly useful for science learning (Dalgarno and Lee, 2010; Lewis *et al.*, 2021; Shin, 2017). Anchored in an approach adapted from pedagogical value analysis (Rocque *et al.*, 1998), the ADDIE model, the Art of Serious Game Design (Ryerson University, 2018), and a virtual reality application design model (Vergara *et al.*, 2017), we iteratively developed different virtual reality serious games in CEGEP science courses (biology, chemistry, and physics). We ultimately piloted them in classrooms in the fall of 2022. This article aims to share the process used for developing our VR serious games, the results of each step of this process, and the principles that emerged from it. This will be useful to those in the education community who wish to develop virtual reality applications and/or serious games.

Keywords: immersive technologies, science education, gamification, serious games, design, educational value analysis

RESUMEN

La realidad virtual, que implica un entorno generado por ordenador que da sensación de realidad, presencia y compromiso (Pellas *et al.*, 2020), ha experimentado un marcado desarrollo en la educación (Freina y Ott, 2015; Jensen y Konradsen, 2018). Sus ventajas, como la visualización de conceptos abstractos, la realización de tareas experimentales difíciles o imposibles de hacer en la realidad, y la motivación, el compromiso y la transferencia del aprendizaje, la hacen especialmente útil para el aprendizaje de las ciencias (Dalgarno y Lee, 2010; Lewis *et al.*, 2021; Shin, 2017). Basándonos en un enfoque adaptado del análisis de valor pedagógico (Rocque *et al.*, 1998), el modelo ADDIE, el arte del diseño de juegos serios (Ryerson University, 2018) y un modelo de diseño de aplicaciones de realidad virtual (Vergara *et al.*, 2017), desarrollamos iterativamente diferentes juegos serios de realidad virtual en ciencias universitarias (biología, química y física), y finalmente los pilotamos en las aulas



en otoño de 2022. Este artículo tiene como objetivo compartir el proceso de desarrollo, los resultados de cada paso de dicho proceso, así como los principios que surgieron del mismo. Será de utilidad para quienes, en el sector educativo, deseen desarrollar juegos serios en realidad virtual.

Palabras clave: tecnologías inmersivas, enseñanza de las ciencias, ludificación, juegos serios, diseño, análisis del valor educativo

Cet article présente le processus que nous avons suivi pour le développement de jeux sérieux en réalité virtuelle (RV) immersive pour l'apprentissage de concepts de biologie, de chimie et de physique prescrits dans le programme d'études collégiales en sciences de la nature ainsi que les principes de design qui en découlent.

Problématique

Malgré l'importance des sciences pour la société, les études démontrent une baisse d'intérêt des étudiants pour ces disciplines alors qu'ils progressent dans le système scolaire, et ce, à travers le monde (Potvin et Hasni, 2014). Ce désintérêt se manifesterait au secondaire alors que plusieurs apprenants commencent à percevoir les sciences comme difficiles et ennuyeuses.

Les sciences apparaissent souvent rébarbatives pour les étudiants à cause, entre autres, des concepts abstraits qu'elles sous-tendent (Johnstone, 1991). En effet, les concepts scientifiques ne sont souvent pas perceptibles à l'aide des sens et doivent être conceptualisés par des définitions impliquant des termes complexes qui sont souvent problématiques (Taber, 2001). Ils sont aussi souvent enseignés de manière décontextualisée (Barmby *et al.*, 2008).

De plus, les méthodes pédagogiques priorisées pour l'enseignement des sciences, souvent basées sur des approches transmissives, peuvent aussi être mises en cause pour expliquer cette baisse d'intérêt des étudiants (Rosenfield *et al.*, 2005).

L'emploi du numérique et d'approches misant sur les pédagogies actives semble prometteur selon les recherches menées sur les classes d'apprentissage actif (Beichner *et al.*, 2000) ou la méta-analyse sur les effets de l'apprentissage actif dans le domaine des sciences (Freeman *et al.*, 2014).

La RV peut venir apporter des solutions à ces problématiques liées à la baisse d'intérêt des étudiants, aux méthodes pédagogiques transmissives prédominantes ainsi qu'à la nature abstraite des concepts identifiés dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Bien qu'il existe certaines applications éducatives en RV immersive sur le marché, celles-ci sont relativement peu nombreuses. De plus, elles sont souvent peu pertinentes sur le plan pédagogique au regard des objectifs du cours. Nous avons donc ainsi tenté de savoir ce qui caractérise une bonne application de RV immersive pour l'apprentissage, et comment on peut s'y prendre pour en développer.



Cadre théorique

Nous aborderons d'abord le concept de réalité virtuelle avant de définir les jeux sérieux. Ensuite, nous présenterons les avantages que la RV présente pour l'apprentissage en lien, notamment, avec les problématiques identifiées plus haut.

1. La réalité virtuelle

Plusieurs définitions sont évoquées dans la littérature au sujet de la réalité virtuelle. Dans leur recension d'écrits, Freina et Ott (2015) reprennent la définition du Oxford Dictionary pour définir celle-ci comme étant une simulation générée par un ordinateur d'une image ou d'un environnement tridimensionnel avec lequel il est possible d'interagir d'une manière qui semble réelle (traduction libre). Pellas *et al.* (2020, p. 1) décrivent la réalité virtuelle comme ce qui permet à un utilisateur d'être immergé dans un environnement numérique généré par un système informatique, en donnant une impression de réalité, de présence spatiale et d'engagement sous une forme à la première personne. Enfin, Sherman et Craig (2018, p. 16) la définissent comme un support composé de simulations informatiques interactives qui détectent la position et les actions du participant, et remplacent ou augmentent la rétroaction à un ou plusieurs sens, donnant le sentiment d'être mentalement immergé ou présent dans la simulation. Certains éléments clés tels que les concepts d'immersion, de présence et d'interactivité ressortent donc des différentes définitions de la réalité virtuelle.

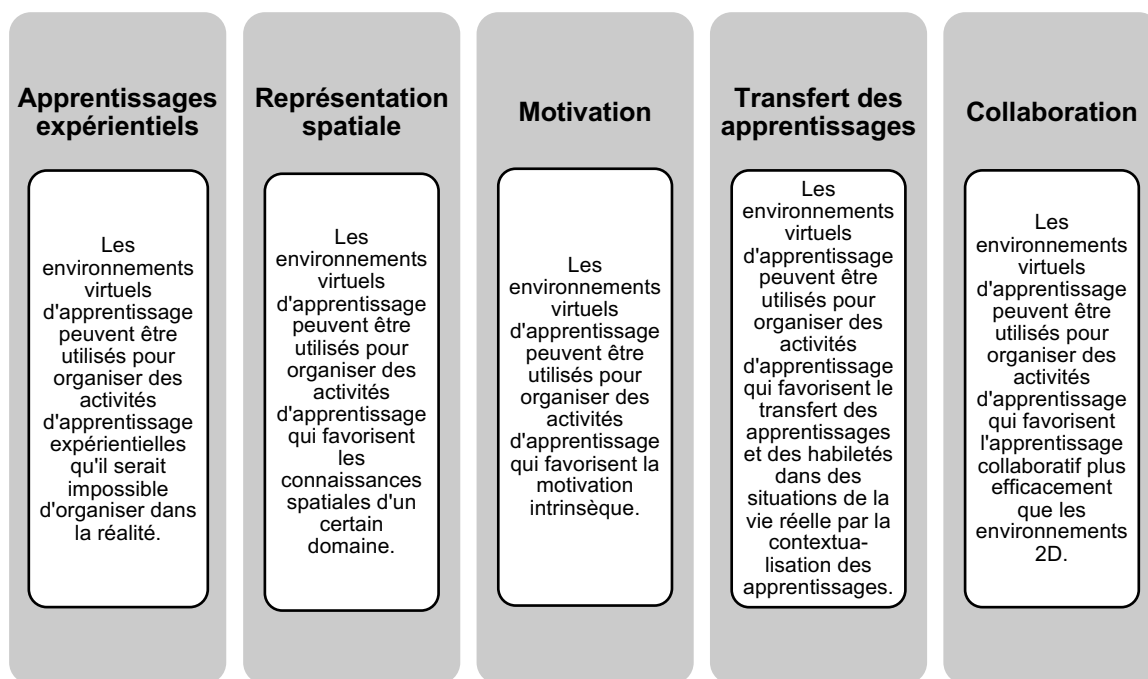
Comme souligné par Mütterlein (2018), les concepts d'immersion, de présence et d'interactivité sont donc centraux en RV. L'immersion est ce qui permet l'introduction de la croyance, chez la personne qui expérimente la réalité virtuelle, qu'elle a quitté le monde réel et qu'elle se trouve maintenant dans l'environnement virtuel. Alors que pour certains auteurs l'immersion est davantage perçue comme un attribut technologique des systèmes de réalité virtuelle permettant de fournir une illusion de réalité inclusive (Slater et Wilbur, 1997), pour d'autres, elle est davantage perçue comme un état psychologique où l'on se sent inclus et enveloppé par l'environnement (Witmer et Singer, 1998). Ensuite, la notion de présence renvoie à cette perception d'être vraiment présent dans l'environnement virtuel même si vous vous trouvez physiquement dans le monde réel (Witmer et Singer, 1998). Enfin, la réalité virtuelle offre la possibilité d'interaction avec l'environnement. L'interactivité décrit à quel point un utilisateur peut influencer la forme ou le contenu d'un environnement virtuel (Steuer, 1992). Un environnement virtuel interactif ne permettra pas seulement à l'utilisateur de naviguer et d'explorer, mais fera en sorte que le monde virtuel réagisse aux réponses.



La réalité virtuelle est un outil prometteur pour l'éducation grâce aux nombreuses possibilités qu'elle offre pour l'apprentissage. Dalgarno et Lee (2010) identifient cinq affordances d'apprentissage des environnements virtuels d'apprentissage 3D (figure 1). Ces auteurs utilisent le terme *affordance*, qui est défini comme « une action qui naît des interactions entre un "agent" (une personne) et son environnement » (traduction libre de Nye et Silverman, 2012). Dalgarno et Lee (2010) considèrent que ce sont les activités et les stratégies pédagogiques soutenues par la technologie (plutôt que la technologie elle-même) qui ont un impact positif sur l'apprentissage.

Figure 1

Les affordances d'apprentissage des environnements virtuels 3D selon Dalgarno et Lee (2010)



Note. Traduit et adapté de Oh et Nussli (2014, p. 39, fig. 3), sous licence CC-BY.

La RV peut permettre de réaliser des expérimentations difficiles ou impossibles à faire dans la réalité. La manipulation d'objets dans des environnements dangereux de manière sécuritaire ou encore l'initiation à des appareils qui sont trop coûteux pour les laboratoires en sont des exemples (Lewis *et al.*, 2021). De la même façon, elle permet de s'adapter à différentes échelles de grandeur (comme l'infiniment petit et l'infiniment grand) et d'accéder à des concepts ou des phénomènes abstraits imperceptibles à l'aide des sens (Winn, 1993).

Par ailleurs, ces environnements peuvent aider les étudiants à se représenter des concepts abstraits grâce à l'interaction avec des objets dans l'environnement 3D. La représentation spatiale offerte par la RV grâce à la modélisation 3D ainsi que la possibilité de voir ces objets sous plusieurs angles peuvent favoriser les apprentissages ou les habiletés spatiales, comme la visualisation et la manipulation de molécules ou le déplacement dans des espaces tridimensionnels.



La RV peut aussi permettre de proposer des activités d'apprentissage engageantes qui favorisent la motivation intrinsèque en raison de la possibilité de faire des choix dans l'environnement et en raison, notamment, de l'utilisation d'approches ludiques basées sur le jeu.

Aussi, grâce à la contextualisation qu'elle permet, la RV contribue à proposer des activités d'apprentissage permettant aux étudiants de mieux appliquer les concepts, favorisant ainsi le transfert de ces apprentissages. En effet, elle permet de situer les apprentissages dans un contexte authentique en offrant des environnements interactifs et réalistes, ce qui peut contribuer à la réutilisation des connaissances dans d'autres contextes.

Enfin, les environnements virtuels 3D multijoueurs peuvent favoriser des apprentissages collaboratifs en misant sur l'interdépendance positive de sorte que chaque étudiant contribue à l'atteinte de l'objectif final.

2. Les jeux sérieux

Les jeux sérieux (*serious games*) sont définis par Alvarez (2007, p. 9) comme étant une application informatique, dont l'intention initiale est de combiner à la fois des aspects sérieux (*serious*) tels, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (*game*). Une telle association, qui s'opère par l'implémentation (la mise en œuvre) d'un scénario pédagogique, a donc pour but de s'écarter du simple divertissement.

Si plusieurs recherches ont été effectuées sur des jeux sérieux au secondaire, on retrouve peu de littérature sur des jeux sérieux adaptés au contexte de l'enseignement des sciences au collégial.

3. Des modèles de développement

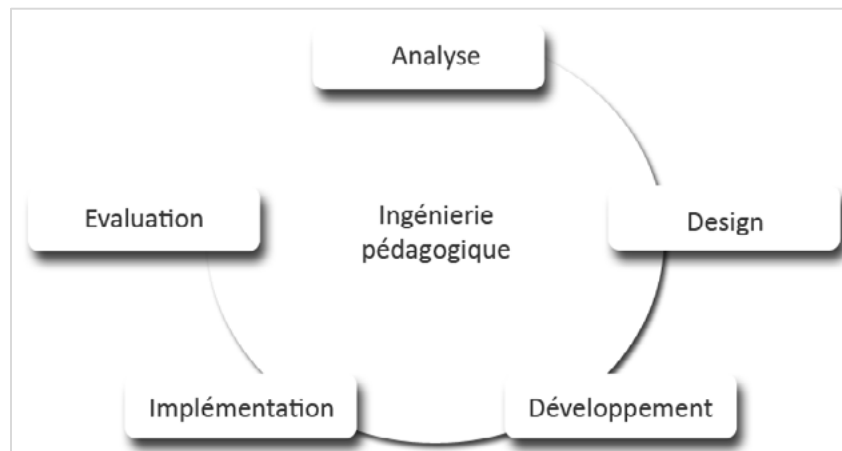
Afin de nous assurer que les jeux sérieux que nous voulions développer en RV présentent les principaux avantages de la RV décrits plus haut, nous avons consulté des modèles de développements issus de l'ingénierie pédagogique, du jeu vidéo ainsi que liés à la conception d'environnements virtuels immersifs.

LE MODÈLE ADDIE

D'abord, le modèle ADDIE, un modèle d'ingénierie pédagogique connu, comporte cinq phases présentées à la figure 2, soit l'analyse, le design, le développement, l'implantation et l'évaluation (d'où l'acronyme ADDIE) (Branch, 2009).



Figure 2
Modèle ADDIE



Note. Source : [Wikipedia](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3296647). Par Vincent Mar. Travail personnel, sous licence CC BY 3.0.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3296647>

La phase d'**analyse** consiste à analyser certains éléments qui orienteront la conception de la ressource d'apprentissage : les besoins (en considérant les difficultés des étudiants), les caractéristiques du public cible, le contexte, les ressources existantes, les contraintes et surtout, les objectifs d'apprentissage. En lien avec cette analyse, la phase de **design** vise à concevoir le plan d'ensemble du projet de manière qu'il y ait une cohérence entre les besoins, les objectifs, les stratégies et l'évaluation. La phase de **développement** consiste à élaborer le dispositif d'apprentissage et les différentes ressources prévus lors de la phase de design. Elle nécessite des tests et des évaluations pilotes du prototype. Ensuite, la phase d'**implantation** permet de rendre le dispositif d'apprentissage disponible pour les étudiants et les enseignants. Enfin, la phase d'**évaluation** consiste à évaluer la ressource d'apprentissage de manière formative et sommative pour s'assurer qu'elle permet d'atteindre les objectifs déterminés. Elle peut être réalisée lors de l'une ou l'autre des phases du modèle.

Les phases de ce modèle étant plutôt générales, nous nous sommes aussi référés à d'autres modèles de développement qui concernent les jeux sérieux et les applications de RV afin d'avoir des indications plus spécifiques, notamment pour les phases de design et de développement dans le contexte spécifique du développement de jeux sérieux en RV.

THE ART OF SERIOUS GAME, UN MODÈLE DE DÉVELOPPEMENT DE JEU ÉDUCATIF POUR L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

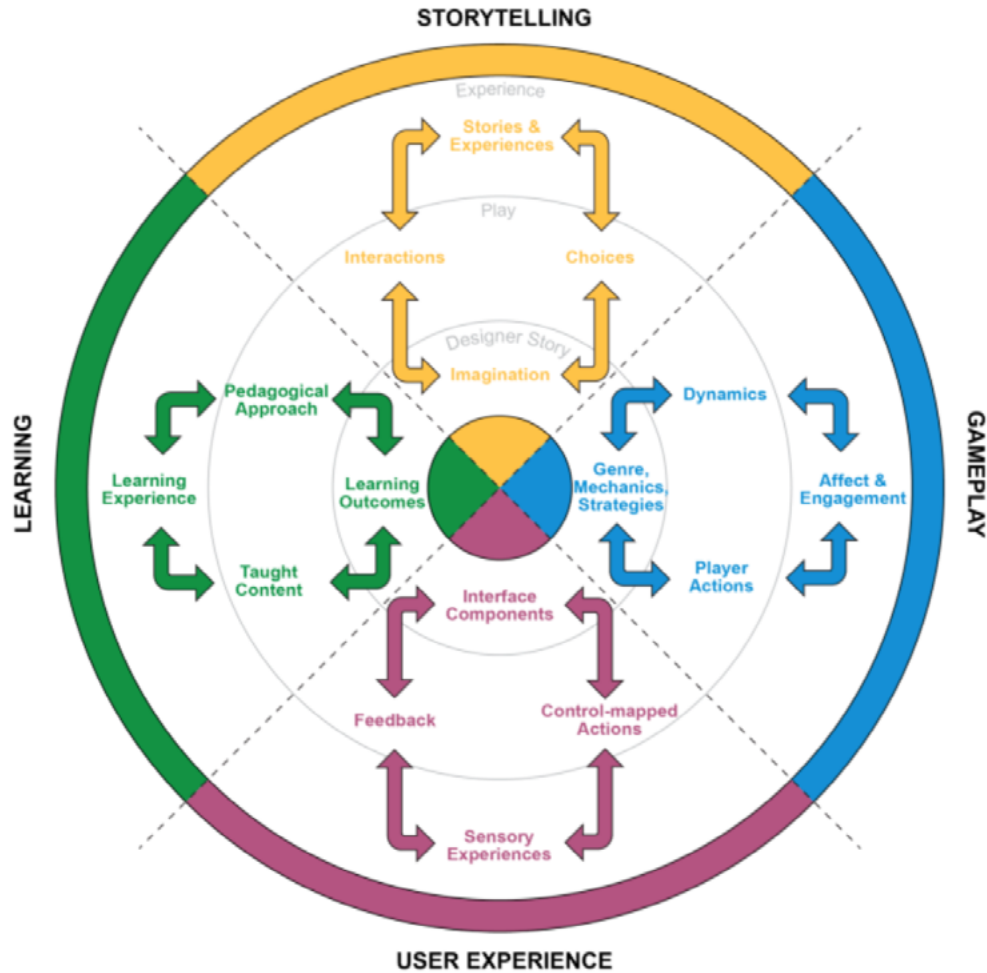
Le modèle *The Art of Serious Game Design* a été élaboré par une équipe interdisciplinaire de l'Université Ryerson dans le but de fournir un modèle de conception rapide et collaborative des jeux sérieux.

Comme illustré à la figure 3, le modèle est représenté par un cercle séparé en quatre cadrans dans lesquels sont identifiés quatre éléments également importants du jeu : l'apprentissage (*learning*), l'histoire (*storytelling*), le *gameplay* et l'expérience utilisateur (*user experience*).



Figure 3

Le cercle méthodologique de l'art de la conception de jeux sérieux



Note. Source : Ryerson University *et al.* (2018). Sous licence CC BY-NC-SA.

Le cadran d'apprentissage (*learning*) fait référence au contenu que les joueurs doivent apprendre au moyen du jeu et des objectifs d'apprentissage clairs et mesurables. L'histoire (*storytelling*) fait référence à l'histoire du jeu et comprend une description du ou des personnages, du contexte et du but ultime du jeu. La jouabilité (*gameplay*) fait référence à la manière dont le joueur interagit avec le jeu ou avec d'autres joueurs ainsi qu'aux types d'activités (par exemple, puzzle, jeu-questionnaire, etc.) retrouvés dans le jeu. L'expérience utilisateur (*user experience*) fait référence aux émotions et aux attitudes du joueur ainsi qu'à la façon dont il interagit avec le jeu.

L'application du modèle se déroule en trois phases : la phase de préproduction (un premier *brainstorming* entre les experts de contenu et les ingénieurs pédagogiques vise à les initier à la méthodologie et à identifier les objectifs d'apprentissage, et un deuxième *brainstorming* collaboratif réunissant les designers de jeu, les développeurs et autres membres de l'équipe pour remplir le cercle méthodologique de



différentes notes autocollantes permettant d'aboutir à un premier prototype papier du jeu), la phase de production (le jeu est élaboré) et la phase de postproduction (le jeu est amélioré avant d'être utilisé par les apprenants).

Ce modèle s'avère particulièrement pertinent pour le développement de jeux sérieux en RV immersive en précisant des thèmes à considérer lors de l'idéation dans le cercle méthodologique de l'art de la conception de jeux sérieux. En effet, les questionnements relatifs aux apprentissages, à l'histoire du jeu, à la jouabilité (*gameplay*) et à l'expérience de l'utilisateur sont essentiels dans l'objectif de concevoir des jeux qui seront utiles, amusants et qui procureront une expérience positive aux joueurs. De plus, nous retenons de ce modèle que l'idéation devrait être faite de manière collaborative en réunissant des acteurs possédant une diversité de points de vue et d'expériences relativement à la conception pédagogique (enseignants et conseillers pédagogiques) et au jeu.

LE MODÈLE DE CONCEPTION D'ENVIRONNEMENTS D'APPRENTISSAGE VIRTUELS IMMERSIFS DE VERGARA

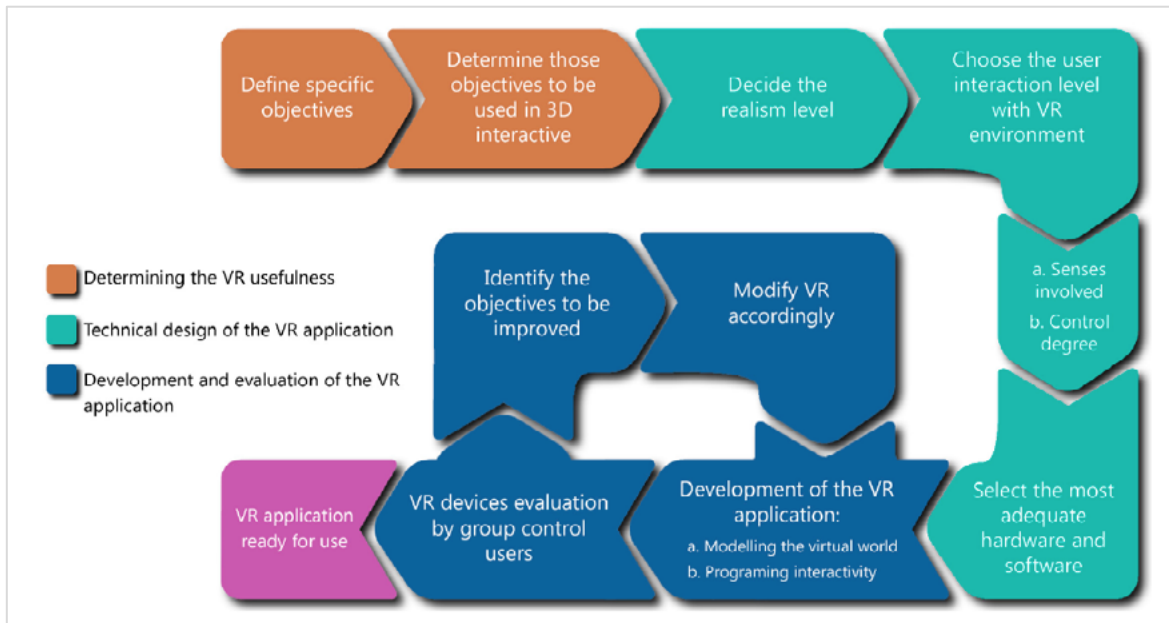
Vergara *et al.* (2017) proposent un modèle pour la conception de ressources en RV (figure 4) qui implique les étapes suivantes.

- Déterminer des objectifs pédagogiques et ceux d'entre eux qui pourront être pris en compte par l'outil RV afin de s'assurer de l'utilité de la réalité virtuelle.
- Décider du niveau de réalisme le plus adéquat pour atteindre chaque objectif, allant de très symbolique ou schématique à très réaliste.
- Choisir le niveau d'interaction de l'utilisateur avec l'environnement de réalité virtuelle, qui détermine i) les sens impliqués (par exemple, tactile, sonore ou visuel uniquement) et ii) le degré de contrôle et d'immersion que l'utilisateur aura.
- Effectuer les choix matériels (*hardware*) et logiciels (*software*) selon les objectifs établis en fonction des options retenues dans les étapes précédentes.
- Modéliser le monde virtuel, programmer l'interactivité et générer l'application RV. Il faut considérer que réduire le temps est essentiel pour obtenir l'expérience en RV la plus réelle possible et pour minimiser les cybermalaises.
- Effectuer des tests sur l'application RV par un groupe d'utilisateurs pilotes. Les résultats des tests permettent de vérifier si les objectifs souhaités sont atteints et d'apporter les modifications nécessaires dans le cas contraire.



Figure 4

Organigramme pour la conception d'une application RV



Note. Source : Vergara et al. (2017). Sous licence CC BY 4.0.

Ce modèle s'avère particulièrement pertinent pour développer des jeux sérieux en RV immersive en proposant de se questionner sur l'utilité de la RV pour atteindre les objectifs pédagogiques déterminés, en guidant quant aux choix techniques à respecter ainsi qu'en donnant des indications spécifiques sur la conception en RV.

Dans le cadre d'un appel à projets du programme NovaScience 2020 du ministère de l'Économie et de l'Innovation¹, notre équipe a obtenu une subvention pour réaliser le développement de jeux sérieux en RV immersive pour l'apprentissage de concepts en biologie, en chimie et en physique qui proposeraient des expériences d'apprentissage motivantes et ludiques. Cet article vise à décrire le processus de développement structuré que nous avons suivi pour ces développements et les résultats de chacune des étapes de développement, ainsi que sept principes de développement que nous avons pu mettre en évidence. Ce processus et ces principes pourront être utiles aux équipes qui souhaitent développer des jeux sérieux en RV.

¹ <https://www.quebec.ca/entreprises-et-travailleurs-autonomes/aide-financiere/recherche-innovation/programme-novascience>



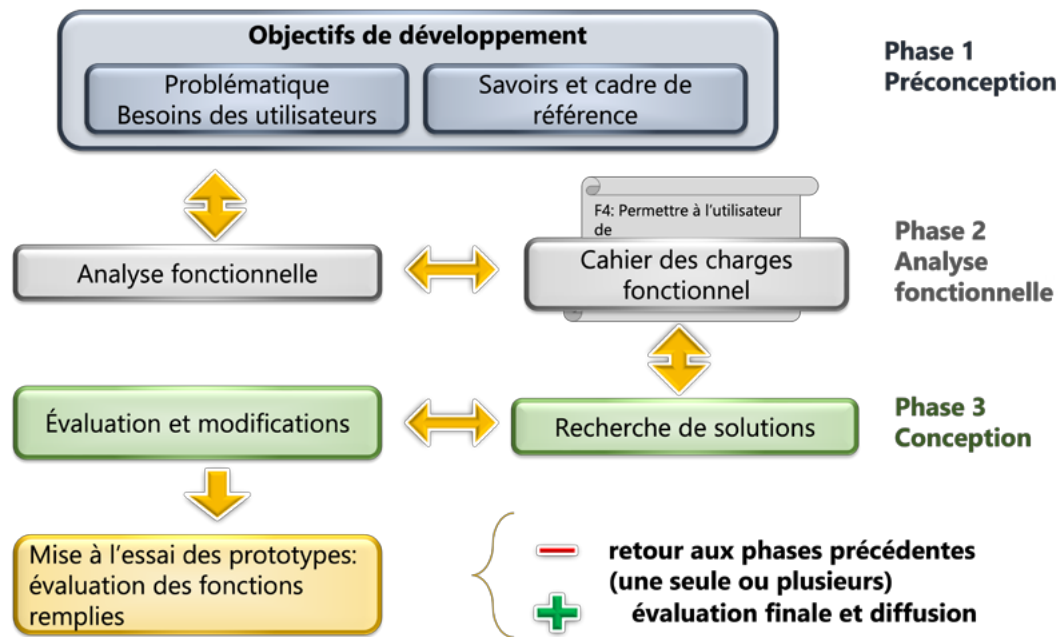
Démarche méthodologique

Notre projet s'inscrit dans une recherche-développement, un type de recherche peu documenté dans le domaine de l'éducation et pour lequel plusieurs démarches sont proposées par les auteurs (Loiselle et Harvey, 2008).

Nous avons utilisé une démarche principalement fondée sur l'analyse de la valeur pédagogique (AVP) (Rocque *et al.*, 1998) pour le développement de nos jeux sérieux en RV. Cette démarche est le fruit d'une adaptation à l'éducation de l'analyse de la valeur (AV), une méthodologie utilisée en ingénierie pour la conception et le développement de nouveaux produits. L'AVP, utilisée dans le cadre de différents projets de recherche et thèses en éducation, est, selon les auteurs, une méthode structurée, systématique et créative pour la conception d'un produit pédagogique visant la satisfaction des utilisateurs. Elle comprend trois phases : la préconception, l'analyse fonctionnelle et la conception du produit visé (figure 5).

Figure 5

Analyse de la valeur pédagogique



Note. © Auteurs.



La phase de préconception implique une analyse des besoins des utilisateurs ainsi qu'une analyse des écrits scientifiques dans le domaine.

La phase d'analyse fonctionnelle vise à identifier les fonctions que le produit ou le service à développer doit remplir. Les fonctions sont les rôles que devrait jouer le produit. Elle opère des analyses, des transformations et des priorisations sur les fonctions identifiées afin d'en arriver à des fonctions qui pourront éventuellement être communiquées à l'équipe de développement à l'étape suivante. Il s'agit d'identifier les fonctions que le produit ou le service à développer doit rencontrer, en laissant la marge de manœuvre à l'équipe de conception afin de déterminer les moyens pour le faire. Nous avons fait le choix d'établir des critères de qualité des applications RV destinées à l'apprentissage des sciences plutôt que des fonctions à remplir par le produit.

Enfin, la phase de conception implique la conception des premiers prototypes, leur mise à l'essai itérative et de procéder aux modifications requises.

Cette démarche, utilisée dans le cadre d'un projet précédent (Poellhuber, 2017), a l'avantage de permettre un développement répondant spécifiquement aux besoins des utilisateurs. Toutefois, elle n'offre pas beaucoup de guidance pour la phase de conception. Cette guidance s'avère essentielle, selon nous, lors du développement des jeux sérieux en RV immersive, car ce type de développement représente des défis techniques et logistiques importants et des développements qui sont très élevés.

Pour nous orienter adéquatement dans les différentes étapes de la conception (idéation et développement), nous avons fait une synthèse et une adaptation des modèles de développement retenus, présentés dans la section précédente du cadre conceptuel. Finalement, bien que nous nous soyons d'abord centrés sur la méthodologie de l'AVP, nous en sommes arrivés à un modèle et à un processus de développement qui s'en distinguent un peu. À partir de cette démarche, nous avons développé de manière itérative deux jeux sérieux en chimie et en biologie de niveau collégial, un troisième étant en cours de développement en physique, en mettant à contribution des équipes disciplinaires d'enseignants à différentes étapes. Les jeux sérieux que nous avons développés en chimie et en biologie ont été testés dans 7 groupes de biologie (140 étudiants) et 6 groupes de chimie (120 étudiants) au trimestre d'automne 2022. Deux entrevues de groupe focalisées sur les différents aspects de l'expérience d'apprentissage vécue par les étudiants ont été réalisées. Les étudiants ont aussi répondu individuellement à un questionnaire portant sur différents aspects de leur motivation et de leur engagement, mais ces résultats seront rapportés ultérieurement.

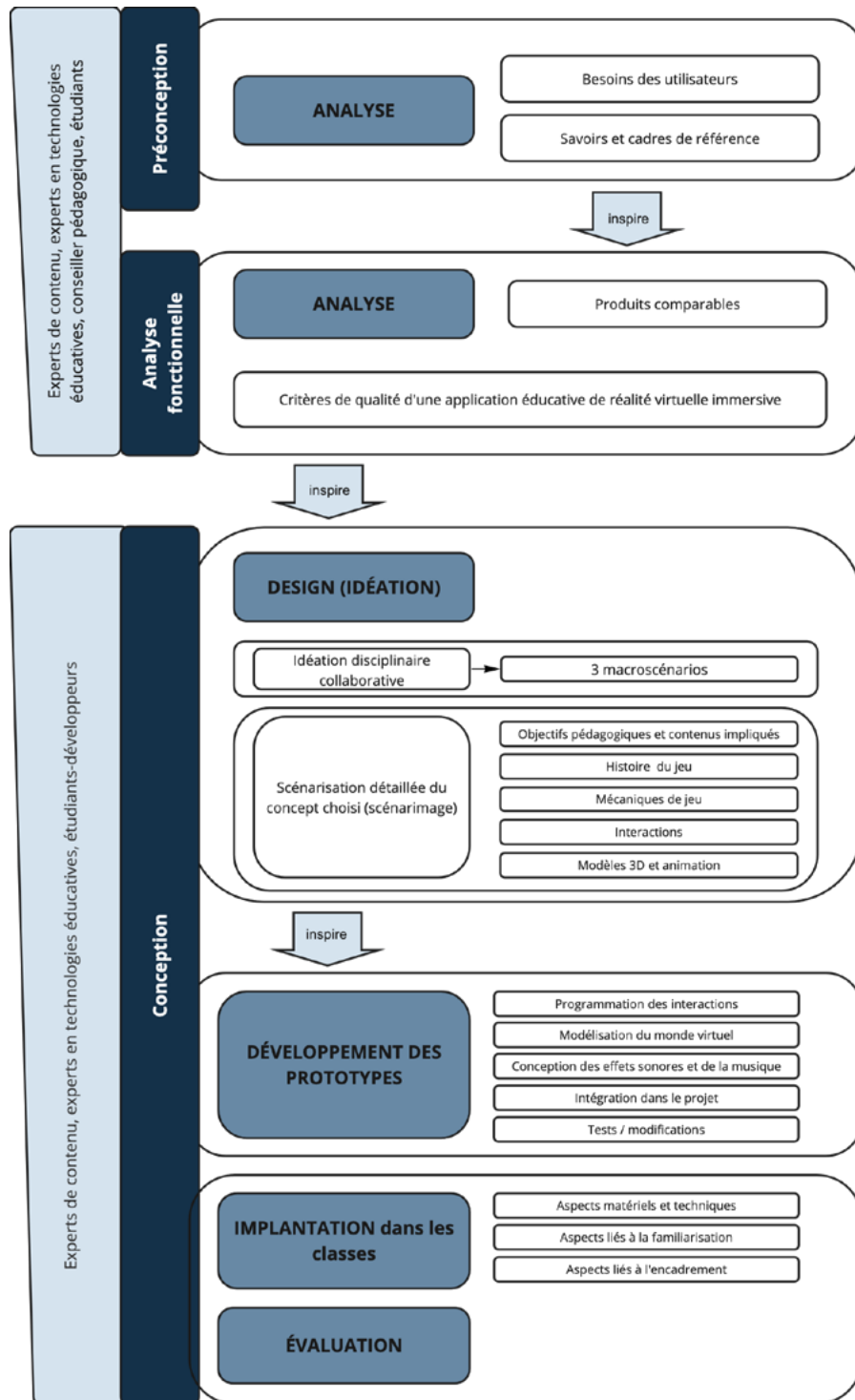
Résultats par étape du processus de développement de jeux sérieux en RV

Le processus que nous avons suivi pour le développement de nos jeux sérieux en RV immersive comporte différentes phases tirées du modèle de l'AVP (Rocque *et al.*, 1998), mais précisées et adaptées à l'aide des autres modèles retenus. Chacune de ces phases (voir figure 6) a donné lieu à un résultat. Le présent article présente le processus retenu ainsi que le résultat de chacune de ses phases.



Figure 6

Modèle de développement de jeux sérieux en RV immersive



Note. © Auteurs.



1. Préconception

Conformément au modèle d'AVP (Rocque *et al.*, 1998), le processus que nous proposons a débuté par une phase de préconception où nous avons fait l'analyse des besoins en ce qui a trait à des applications éducatives en RV pour apprendre des concepts scientifiques ainsi qu'une recension de la littérature portant sur les caractéristiques et avantages de la RV immersive.

Une analyse des besoins des enseignants a été faite via un questionnaire auquel douze enseignants de sciences ont répondu. Les enseignants ont alors été questionnés quant aux concepts qu'ils considéraient pertinents de traiter en RV en considérant les compétences et les objectifs de leurs cours. Nous avons aussi réuni plusieurs enseignants agissant comme spécialistes de contenu des trois disciplines touchées afin de discuter des besoins des enseignants et de leurs étudiants pour une application éducative de réalité virtuelle.

Le questionnaire ainsi que les rencontres disciplinaires ont permis de mettre en évidence certaines difficultés d'apprentissage récurrentes dans chacune des disciplines, desquelles découlaient certains thèmes pertinents à traiter en réalité virtuelle (tableau 1) ainsi que des objectifs pédagogiques que cette technologie pourrait permettre d'atteindre.

Tableau 1

Résultats de l'analyse des besoins réalisée auprès des enseignants pour les thèmes pertinents à traiter en RV

Discipline	Thèmes pertinents à traiter en RV
Biologie	Synthèse des protéines
	Respiration cellulaire
	Photosynthèse
Chimie	Géométries moléculaires
	Hybridations
	Isomérisation
	Réactions en chimie organique
Physique	Champs électriques
	Champs magnétiques
	Concepts de physique moderne

Parallèlement, une première recension des écrits a été faite dans le but de faire l'état de la question des caractéristiques et avantages de la RV immersive. Afin de nous orienter dans l'approche de développement à privilégier pour nos jeux sérieux en RV, une deuxième recension des écrits a porté sur des modèles utilisés pour le développement. Les résultats de ces recensions ont été présentés dans le cadre conceptuel.



2. Analyse fonctionnelle

Dans notre proposition, la phase d'analyse fonctionnelle vise à établir une liste de critères de qualité des applications d'apprentissage des sciences en RV immersive alors que dans l'AVP (Rocque *et al.* 1998), on cherche à établir les fonctions d'un produit pédagogique.

Pour établir cette liste de critères de qualité, une équipe diversifiée formée d'enseignants de sciences, de chercheurs en technologies éducatives, d'un conseiller pédagogique et d'étudiants en sciences a procédé à une analyse individuelle d'une vingtaine de produits comparables (des applications éducatives existantes en RV immersive en sciences fonctionnant dans différents casques). Alors que notre recension des écrits a permis d'établir une première version de la liste, des discussions itératives des membres du comité à propos des critères favorisant une expérience d'apprentissage optimale en réalité virtuelle immersive l'ont complétée. En effet, suivant la technique du groupe nominal, les membres ont pu proposer des modifications en fonction des différentes applications évaluées et voter à différentes reprises afin d'en arriver éventuellement à un consensus sur une liste comprenant vingt-cinq critères favorisant une expérience d'apprentissage positive avec la réalité virtuelle regroupés en trois catégories principales, soit les critères liés aux aspects pédagogiques et didactiques, les critères liés à la réalité virtuelle immersive et les critères liés au jeu (tableau 2).

Tableau 2

Critères de qualité d'une application éducative en RV immersive

Critères liés aux aspects pédagogiques et didactiques
Pertinence pédagogique
Caractère adéquat de la scénarisation pédagogique
Présence d'une contextualisation des apprentissages
Présence d'apprentissage actif
Degré d'ouverture (liberté)
Présence d'éléments motivants et engageants
Adéquation du rythme
Présence de formes de représentation des concepts justes et pertinentes
Adéquation du niveau de formulation
Clarté des explications
Pertinence des exemples
Critères liés à réalité virtuelle immersive
Utilisation adéquate du potentiel de la RVI
Possibilité de vivre des situations ou réalités rares, voire difficilement ou pas du tout accessibles
Facilité d'utilisation
Guidance suffisante
Degré d'interactivité
Degré d'immersion et de présence physique
Présence sociale
Vraisemblance de l'environnement
Qualité audio



Critères liés au jeu

Présence d'éléments de ludification

Degré de *fun* (plaisir)

Adéquation du niveau de défi

Autres critères liés aux simulations

Fidélité cognitive (d'une simulation)

Suscite l'empathie

3. Conception : design (idéation), développement et implantation

La phase de conception du processus que nous proposons vient apporter des précisions à celle du modèle d'analyse de la valeur pédagogique de Rocque *et al.* (1998) en y ajoutant des phases de design (idéation), de développement, d'implantation et d'évaluation.

Suivant les conseils de notre partenaire Affordance Studio, nous avons créé une entreprise-école formée d'un étudiant-designer de jeu, d'un étudiant-programmeur/intégrateur et d'un étudiant-artiste généraliste en vue du développement des jeux sérieux. Un autre membre, responsable de la musique et des sons, s'est joint à l'équipe ensuite. L'équipe travaillait sous la supervision d'une enseignante en sciences responsable du projet. Le développement de l'application s'est fait dans un projet collaboratif Unity.

A) IDÉATION DISCIPLINAIRE COLLABORATIVE

À partir des besoins identifiés dans le sondage par questionnaire et des critères de qualité établis avec l'étape d'analyse fonctionnelle, de manière apparentée à ce qui est proposé dans le premier type de *brainstorming* dans l'approche de l'Université Ryerson, nous avons tenu des séances d'idéation disciplinaires collaboratives réunissant des experts de contenus (enseignants de la discipline) ainsi qu'un spécialiste en scénarisation d'applications RV et des spécialistes en technologies éducatives. Ces séances, qui consistaient en des *brainstormings* sur des tableaux blancs collaboratifs, visaient à faire émerger un grand nombre de concepts pour les jeux sérieux. Ces concepts étaient, en fait, des idées générales pouvant être à la base de nos jeux. Les participants devaient émettre des idées de concepts, commenter et enrichir les concepts évoqués par les autres.

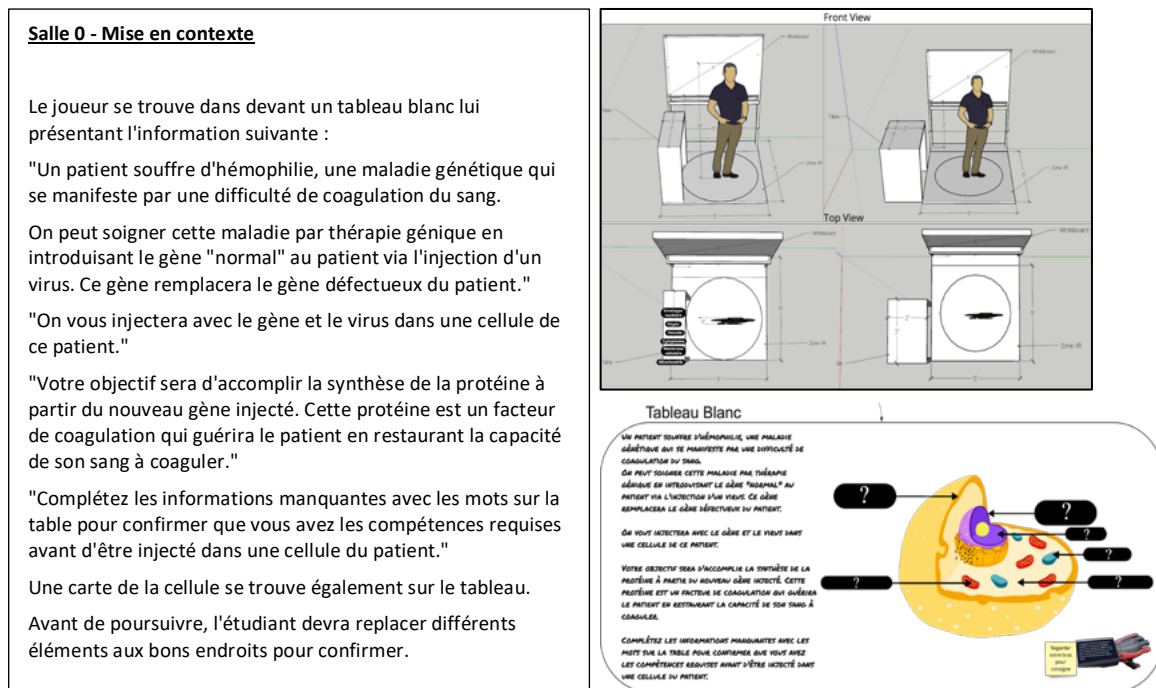
Ensuite, parmi l'ensemble des concepts issus des *brainstormings*, nous en avons choisi trois par discipline pour lesquels nous avons élaboré un macroscénario. Les macroscénarios impliquaient de se pencher sur cinq éléments, c'est-à-dire d'établir des objectifs pédagogiques (en se questionnant quant à l'utilité de la RV pour l'atteinte de ces objectifs comme suggéré par Vergara *et al.* (2017)), de réfléchir relativement l'utilité et la pertinence pédagogique de traiter ce thème dans une application en lien, notamment, avec des difficultés éprouvées par les étudiants, de penser à des éléments de ludification qui pourraient être ajoutés, de réfléchir aux enjeux de faisabilité technique et de se questionner sur la pertinence de la RV pour ce concept (par une exploitation des opportunités et avantages qu'offre la RV). Les différents experts présents dans les séances d'idéation ont ensuite évalué de manière quantitative chacun de ces cinq éléments pour les trois macroscénarios de chaque discipline afin de choisir le concept qui sera scénarisé avant de passer en phase de développement.



Après avoir choisi le concept du jeu pour chacune des disciplines, nous avons réalisé une scénarisation détaillée sous la forme de scénarimages. La scénarisation détaillée, interactive, collaborative et itérative a impliqué de décrire et d'illustrer les choix faits en ce qui a trait aux objectifs pédagogiques, aux contenus théoriques ou pratiques abordés, à l'histoire du jeu, aux mécaniques de jeu qui seraient intégrées (Ryerson University, 2018), aux interactions qu'il serait nécessaire de programmer ainsi qu'aux modèles 3D et aux animations à produire. Les scénarimages, réalisés par le designer de jeu, sont essentiels afin que le programmeur, l'artiste généraliste ainsi que le spécialiste en sons et musique puissent bien comprendre leurs tâches. La figure 7 illustre une partie du scénarimage du jeu de biologie.

Figure 7

Illustration d'une partie du scénarimage pour le design du jeu de biologie



Note. © Auteurs.

B) DÉVELOPPEMENT

À partir des informations contenues dans le scénarimage réalisé par le designer du jeu, les étudiants-développeurs ont travaillé à chercher et à sélectionner les *assets* utiles pour le jeu. Les *assets* sont des éléments préconçus vendus sur Internet tels que des objets, des sons, des scripts ou des animations qui sont utilisés dans le produit final. Ils permettent de gagner beaucoup de temps lors du développement.

L'étudiant-programmeur a codé, entre autres, des interactions de type prendre, placer, associer et se téléporter, ainsi que des rétroactions (qui sont les conséquences des différentes interactions). Il utilisait alors des formes grossières pour ces interactions et rétroactions. L'étudiant-artiste généraliste devait ensuite remplacer ces formes grossières par des modèles (souvent animés) qu'il concevait avec le logiciel Blender lorsqu'il n'arrivait pas à les trouver dans les *assets* disponibles. Cet étudiant devait fournir tous les éléments visuels requis (objets, environnements, éclairage) pour modéliser le monde virtuel du jeu.



La musique et les effets sonores ont ensuite été conçus. Les éléments visuels et sonores ont enfin été intégrés dans le projet Unity. L'étudiant-designer de jeu était en constante interaction avec les autres membres de l'équipe afin de s'assurer que le design était compris et suivi, et de faire des ajustements au scénarimage lorsque nécessaire. L'enseignante de sciences responsable du projet voyait continuellement à superviser l'avancement du travail et à s'assurer de l'équilibre entre les aspects jeu et l'apprentissage.

Par ailleurs, des prototypes du jeu ont été testés rapidement dans le développement par des enseignants et des étudiants. Ces tests visaient à régler les problèmes techniques, mais aussi à faire des améliorations relativement aux aspects ludiques et éducatifs du jeu.

Un prototype final a été produit pour les disciplines de biologie et de chimie, le prototype pour la discipline de physique étant en cours de finalisation. Les prototypes sont des jeux sérieux de réalité virtuelle qui traitent de concepts à l'étude dans des cours du programme en sciences de la nature. Les figures 8, 9 et 10 illustrent des captures d'écran des jeux sérieux en RV.

En chimie, les étudiants sont invités à embarquer à bord d'une machine de téléportation temporelle et spatiale afin de résoudre des énigmes sur des molécules impliquées dans de véritables catastrophes écologiques. Ce jeu vise la consolidation des apprentissages des étudiants relativement aux concepts de géométrie moléculaire, d'angle de liaison et d'hybridation des orbitales. Ce choix, s'alignant aux thèmes ressortis par les enseignants de chimie, s'explique par les difficultés vécues par les étudiants à se représenter les molécules complexes en trois dimensions.

Figure 8

Illustrations de la machine de téléportation temporelle, spatiale et numérique et de l'analyse de l'ozone de l'application Mission Molécules VR développée par notre équipe



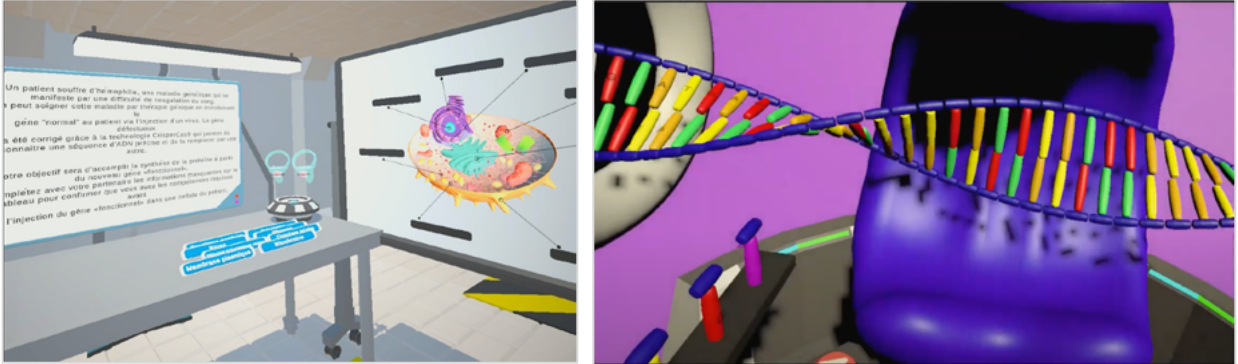
Note. © Auteurs. L'ozone est une des molécules responsables du nuage de pollution à Beijing.

En biologie, l'application consiste en un jeu d'évasion où le joueur est miniaturisé et injecté dans une cellule pour guérir un patient atteint d'une maladie génétique. Il devra synthétiser la protéine du gène injecté pour guérir le patient. La synthèse des protéines est un thème qui est ressorti de l'analyse des besoins réalisée auprès des enseignants de biologie. L'objectif pédagogique est que les étudiants puissent être immergés dans une cellule et puissent s'approprier les processus impliqués dans la synthèse des protéines en les réalisant eux-mêmes.



Figure 9

Illustrations de la contextualisation ainsi que de la transcription à réaliser dans le noyau dans l'application Mission protéine VR développée par notre équipe



Note. © Auteurs.

Le jeu en physique propose une mission spatiale où les étudiants utiliseront des concepts de mécanique afin de faire décoller une fusée pour se rendre dans une station spatiale où ils observeront des étoiles et découvriront ainsi le mystère de la matière sombre. L'objectif pédagogique est de placer les étudiants au cœur d'une mission spatiale pendant laquelle ils contextualiseront les concepts de conservation d'énergie et de dynamique du mouvement circulaire.

Figure 10

Illustrations de la station de lancement d'une fusée qui amènera les étudiants dans une station spatiale dans l'application Mission Matière sombre VR développée par notre équipe



Note. © Auteurs.

Nous sommes d'avis que ces développements respectent la majorité des critères de qualité établis (voir tableau 2) : pertinence pédagogique, présence d'une contextualisation des apprentissages, présence d'apprentissage actif, présence de formes de représentation des concepts justes et pertinentes, adéquation du niveau de formulation, utilisation adéquate du potentiel de la RVI, vraisemblance de l'environnement, présence d'éléments de ludification et adéquation du niveau de défi.



C) IMPLANTATION EN CLASSE ET ÉVALUATION

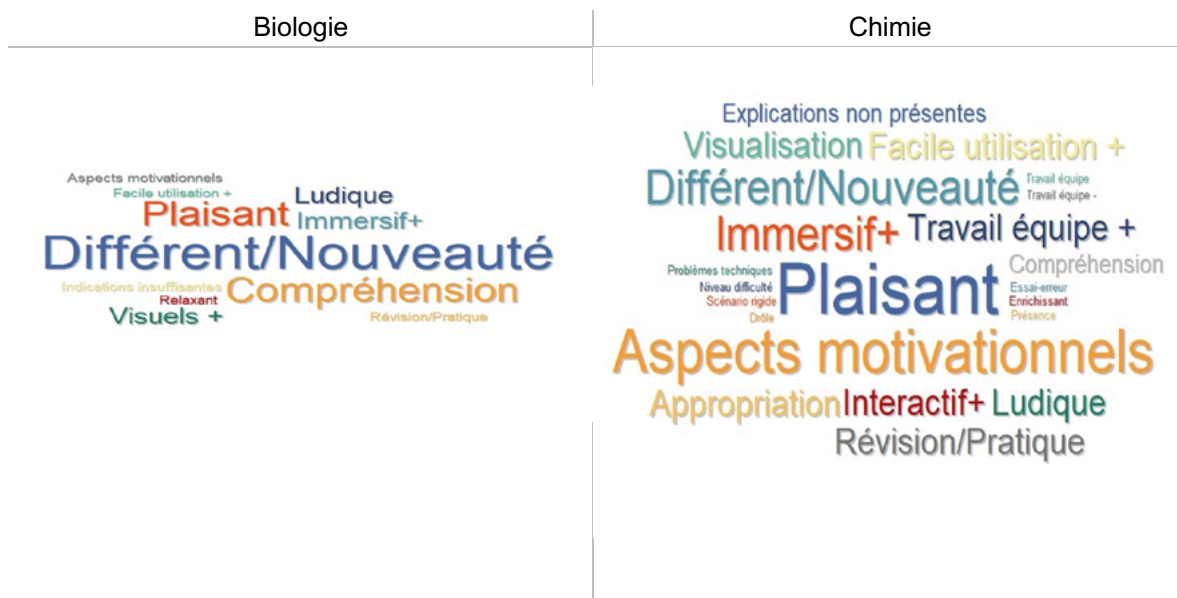
Une fois le développement terminé, les applications ont été implantées dans des cours du programme d'études collégiales en sciences de la nature. Les enseignants devaient intégrer les jeux sérieux dans un scénario pédagogique qu'ils devaient élaborer selon le modèle de scénarisation pédagogique intégrant la réalité virtuelle retenu dans les travaux de « auteur » (soumis).

L'implantation implique une planification minutieuse des aspects matériels et techniques, des aspects liés à la familiarisation avec cette nouvelle technologie ainsi que des aspects liés à l'encadrement des étudiants durant leur expérimentation. L'annexe 1 présente les aspects à considérer pour le déploiement d'activités en réalité virtuelle en classe.

Les résultats des entrevues montrent que l'expérience des étudiants, généralement positive, a été marquée par les aspects en lien avec la nouveauté, la motivation, le côté plaisant du jeu et des aspects liés à l'apprentissage (compréhension et visualisation) (figure 10). Les principales sources de difficultés étaient liées aux problèmes techniques du jeu, à la familiarisation avec l'équipement et l'environnement RV, et au manque de maîtrise de certaines connaissances théoriques disciplinaires.

Figure 10

Nuages de mots représentant les thèmes abordés par les étudiants pour décrire leur expérience d'apprentissage avec les jeux sérieux en RV immersive



Note. © Auteurs.



Discussion et conclusion

Les résultats préliminaires nous indiquent que l'expérience des jeux sérieux en réalité virtuelle est plaisante et engageante pour les étudiants, et qu'elle leur permet d'apprendre (comprendre ou visualiser) tout en s'amusant. Par ailleurs, les résultats qualitatifs recueillis sur l'expérience d'apprentissage des étudiants sont cohérents avec les besoins exprimés par les enseignants ainsi qu'avec les intentions de développement des jeux. En effet, outre les aspects ludiques et de nouveauté mentionnés par les deux groupes, les étudiants de chimie ont apprécié la visualisation des molécules en 3D, alors que les étudiants de biologie semblent avoir mieux compris la synthèse des protéines grâce à cette expédition dans l'univers de la cellule.

Les jeux développés ont misé sur les critères de qualité mis en évidence durant la phase de préconception, chacun des critères différents, en lien avec le besoin pédagogique mis en évidence. La grille des critères de qualité fournit donc de bonnes orientations générales pour le développement d'applications RV. Elle s'avère aussi très utile pour la sélection ou l'évaluation d'applications existantes.

Le développement d'un jeu sérieux en RV immersive représente une entreprise considérable présentant de nombreux défis logistiques, techniques et autres, qui a rarement été réalisée dans le milieu collégial québécois. L'équipe a largement sous-estimé la complexité de ce processus, ce qui s'est traduit par une durée du projet beaucoup plus longue que celle initialement prévue. L'approche que nous avons déployée, fondée sur la démarche de l'AVP, mais qui a été aussi modifiée à l'aide de plusieurs autres modèles de développement, s'est avérée extrêmement utile pour le développement de nos jeux sérieux. Ce processus, présenté à la figure 6, peut servir à quiconque souhaite se lancer dans une initiative de conception de jeux sérieux en RV immersive, un domaine où il existe peu de guides pour les non-spécialistes issus du milieu de l'éducation.

Si les jeux sérieux en RV permettent de miser sur l'aspect ludique, la motivation et l'apprentissage, plusieurs conditions sont requises pour qu'ils puissent être utilisés efficacement. La mise en œuvre de notre processus nous amène à mettre de l'avant six principes utiles à tout projet ayant des objectifs similaires.

1. Un processus d'idéation et de scénarisation misant sur les besoins des enseignants et des étudiants et respectant les critères de qualité d'une application éducative en RVI doit être mis en place.
2. Une idéation collaborative et itérative, impliquant des échanges continus entre les spécialistes de contenu et le designer du jeu et, à différents niveaux, les autres acteurs responsables du développement, doit avoir lieu tout au long de la réalisation.
3. La conception (le développement) devrait réunir des acteurs ayant des compétences clés en design de jeu (le designer), en programmation (le programmeur) ainsi qu'en modélisation et en animation 3D (l'artiste généraliste). Elle devrait aussi inclure idéalement un artiste sons et musique ainsi qu'un lien constant avec un expert de la discipline ainsi qu'avec le gestionnaire de projet.
4. Le développement collaboratif et itératif d'un scénarimage très détaillé est la pierre angulaire du succès du processus de développement.



5. Une approche de prototypage rapide permettant d'effectuer rapidement plusieurs tests sur l'application impliquant notamment les experts disciplinaires doit être déployée afin d'obtenir une application ne comportant pas d'erreurs conceptuelles et sans bogues majeurs.
6. L'implantation en classe devrait impliquer différents acteurs de l'établissement (TI, enseignants, CP, direction) et être planifiée soigneusement (voir annexe A).

Ces principes et le processus de développement présenté constituent un des résultats les plus importants de notre démarche et seront utiles à quiconque voulant réaliser des jeux sérieux en RV ou d'autres types d'applications RV, par exemple avec la vidéo 360°.

Bien que nous ayons cherché à nous appuyer sur une démarche scientifique et rigoureuse, notre projet demeure une première expérimentation d'un modèle de recherche-développement hybride, à une échelle relativement petite, et les résultats des expérimentations en classe ne sont pas encore complètement analysés.

Enfin, cette expérience étant somme toute un succès, nous prévoyons une phase 2 où nous peaufinerons les jeux sérieux déjà réalisés, et une phase 3 où nous pourrions en concevoir d'autres, notamment à l'intérieur d'une collaboration interétablissements et interordres, et avec la participation de partenaires de l'industrie.

Liste des références

- Alvarez, M. G. (2007). *Du jeu au serious game. Approches culturelle, pragmatique et formelle* [thèse de doctorat, Université Toulouse]. http://ja.games.free.fr/These_SeriousGames/TheseSeriousGames.pdf
- Barmby, P., Kind, P. M., et Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093. <https://doi.org/10.1080/09500690701344966>
- Beichner, R. J., Saul, J. M., Allain, R. J., Deardorff, D. L., et Abbott, D. S. (2000). *Introduction to SCALE-UP: Student-Centered Activities for Large Enrollment University Physics*. (Research report). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED459062.pdf>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer Science & Business Media.
- Dalgarno, B., et Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., et Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Freina, L., et Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 1, 133. <https://www.itd.cnr.it/download/eLSE%202015%20Freina%20Ott%20Paper.pdf>
- Jensen, L., et Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Lewis, F., Plante, P., et Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : Une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, (5), 11-27. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>



- Loiselle, J., et Harvey, S. (2008). La recherche développement en éducation : Fondements, apports et limites. *Recherches qualitatives*, 27(1), 40-59.
- Mütterlein, J. (2018). The Three Pillars of Virtual Reality? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 9. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.174>
- Nye, B. D., et Silverman, B. G. (2012). Affordance. In N. M. Seel (dir.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 179-183). New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_369
- Oh, K., et Nussli, N. (2014). Teacher training in the use of a three-dimensional immersive virtual world: Building understanding through first-hand experiences. *Journal of Teaching and Learning with Technology*, 3(1), 33-58. <https://doi.org/10.14434/jotlt.v3n1.3956>
- Pellas, N., Dengel, A., et Christopoulos, A. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- Poellhuber, B. (2017). Une réflexion et une expérimentation à partir du contexte des enseignants concepteurs de leurs propres vidéos pédagogiques. *Distances et médiations des savoirs*. 2017(20). <https://doi.org/10.4000/dms.2012>
- Potvin, P., et Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784-802. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x>
- Rocque, S., Langevin, J., et Riopel, D. (1998). L'analyse de la valeur pédagogique au Canada : Méthodologie de développement de produits pédagogiques. *La valeur des produits, procédés et services*, 76, 6-11.
- Rosenfield, S., Dedic, H., Dickie, L., Rosenfield, E., Aulls, M., Koestner, R., Krishtalka, A., Milkman, K., et Abrami, P. (2005). *Étude des facteurs aptes à influencer la réussite et la rétention dans les programmes de la science aux cégeps anglophones*. Vanier College.
- Ryerson University. (2018). *The Art of Serious Game Design*. Toronto Metropolitan University Pressbooks. <https://pressbooks.library.torontomu.ca/guide/>. Sous licence CC BY-NC-SA.
- Shin, D.-H. (2017). The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality, Elsevier Enhanced Reader. *Telematics and Informatics*, 34(8), 1828-1838. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.013>
- Slater, M., et Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- Sherman, W. R., et Craig, A. B. (2018). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann.
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Taber, K. S. (2001). Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations from Educational Research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 123. <https://doi.org/10.1039/b1rp90014e>
- Vergara, D., Rubio, M. P., et Lorenzo, M. (2017). On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/mti1020011>
- Winn, W. (1993). *A conceptual basis for educational applications of virtual reality*. (Technical Publication R-93-9; Human Interface Technology Laboratory of the Washington Technology Center). University of Washington.
- Witmer, B. G., et Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>



Annexes

ANNEXE A

Considérations techniques pour le déploiement d'activités en réalité virtuelle en classe

- Faire l'achat d'une flotte de x casques. Nous avons opté pour le modèle Oculus Quest 2 à raison d'un casque par équipe de deux étudiants.
- Configuration de x courriels (institutionnels idéalement) qui serviront à la configuration des comptes Meta.
- Configuration de x comptes Meta.
- Configuration des nouveaux casques (langue, wifi, appairage avec compte Meta).
- Installation de l'application Oculus sur des iPad ou des téléphones en vue de la mise en miroir si un scénario de travail collaboratif est retenu. Chaque iPad ou téléphone doit être apparié à un casque précis. Il est aussi possible de faire la mise en miroir avec un ordinateur (www.oculus.com/casting), par exemple dans une classe active. S'assurer avec les TI que le wifi utilisé permet la mise en miroir des casques.
- Achat (si ce sont des jeux payants) et installation des jeux dans tous les casques.
- Prévoir un local dépourvu de mobilier suffisamment grand pour accueillir x zones de jeu et binômes (minimalement 5 pi x 7 pi). Délimiter les zones de jeu et du binôme avec du ruban adhésif. Prévoir un espace de circulation pour l'enseignant et les assistants.
- Prévoir une période de familiarisation des étudiants avec cette technologie particulière. Nous avons conçu un guide de familiarisation expliquant comment ouvrir le casque et l'ajuster, comment faire la mise en miroir et comment démarrer le jeu.
- Prévoir un mécanisme afin que les tablettes et les casques soient bien chargés entre chaque utilisation.
- Prévoir un grand nombre de personnes qualifiées afin d'encadrer les étudiants sur les plans technologiques et conceptuels. Ces personnes doivent être en mesure d'assister les étudiants avec le démarrage du casque, le choix de l'application et la mise en miroir au début du jeu. Par la suite, l'assistance peut porter sur un dépannage technique, mais idéalement, les assistants connaissent bien le contenu du jeu pour pouvoir répondre aux questions de contenu difficiles pour les étudiants, ou au moins les orienter vers des pistes.

La création de récits d'anticipation en réalité virtuelle pour le développement de la compétence numérique et de la compétence en littératie médiatique multimodale des élèves au secondaire

Developing Digital, Media, and Multimodal Literacy Competencies in Secondary Students Through the Creation of Virtual Reality Anticipation Narratives

Creación de narrativas anticipatorias en realidad virtual en la educación artística para el desarrollo de la competencia digital y de la competencia de alfabetización mediática multimodal de estudiantes de secundaria

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.346>

Martin Lalonde, professeur
Université du Québec à Montréal, Canada
lalonde_martin@uqam.ca

Karine Blanchette, étudiante à la maîtrise
Université du Québec à Montréal, Canada
blanchette.karine@uqam.ca

Géraldine Wuyckens, doctorante
Université catholique de Louvain, Belgique
geraldine.wuyckens@uclouvain.be

Emma June Huebne, doctorante
Université Concordia, Canada
emmajune.huebner@concordia.ca

Barbara Meilleur, chargée de cours
Université de Sherbrooke, Canada
barbara.meilleur@usherbrooke.ca



RÉSUMÉ

Le projet *ma.réalité* est une étude portant sur le potentiel des dispositifs technologiques en réalité virtuelle (RV) et en réalité augmentée à favoriser le développement de la compétence numérique et des compétences en littératie médiatique multimodale (LMM) chez les élèves et les professionnels et professionnelles de l'enseignement des arts et multimédia au secondaire. Basée sur les principes méthodologiques de la recherche-design en éducation (RDE) (McKenney et Reeves, 2014), cette étude vise à produire de nouveaux savoirs théoriques et pratiques au sujet de l'intégration des technologies de la RV en éducation artistique. Cet article présente un pan des résultats préliminaires de l'étude qui portent sur la compétence numérique et les compétences en littératie médiatique multimodale (Acerra et Lacelle, 2022) mobilisées par les élèves durant les deux premières phases de la recherche. Les données démontrent que la création d'environnements immersifs en réalité virtuelle engage des types de capacités chez les élèves qui relèvent de l'interaction entre divers modes sémiotiques sollicitant ainsi de manière unique les composantes technique, sémiotique et multimodale du cadre de compétence en littératie médiatique multimodale.

Mots-clés : immersion, récit d'anticipation, compétence numérique, littératie médiatique, multimodalité, enseignement des arts et multimédia, adolescents, recherche-design

ABSTRACT

The *ma.réalité* project examined the potential of VR and augmented reality technology devices for fostering the development of digital, multimodal, and media literacy skills in secondary school students and art educators. Based on the methodological principles of design-based research (McKenney & Reeves, 2014), this study seeks to yield new theoretical and practical knowledge about integrating VR technologies in art education. This article presents preliminary findings that focus on digital competencies and multimodal media literacy skills (Acerra & Lacelle, 2022) that students harnessed during the first two iterations of the research. These findings suggest that creating immersive virtual reality environments challenges students to develop skills related to the interaction of various semiotic modes, thus uniquely engaging the technical, semiotic, and multimodal components of the multimodal media literacy competency framework.

Keywords: immersion, anticipatory storytelling, digital literacy, media literacy, multimodality, arts and multimedia education, adolescents, design-based research



RESUMEN

El proyecto *ma.réalité* es un estudio sobre el potencial de los dispositivos tecnológicos en realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) para promover el desarrollo de la competencia digital y de las habilidades de alfabetización mediática multimodal entre estudiantes y profesionales de la educación secundaria en artes y multimedia. Basado en los principios metodológicos de la investigación en diseño educativo (IDE) (McKenney y Reeves, 2014), este estudio tiene como objetivo producir nuevos conocimientos teóricos y prácticos sobre la integración de las tecnologías de RV en la educación artística. Este artículo presenta una sección de los resultados preliminares del estudio que se centran en la competencia digital y en las habilidades de alfabetización mediática multimodal (Acerra y Lacelle, 2022) realizadas por los estudiantes durante las dos primeras fases de la investigación. Los datos demuestran que la creación de entornos de realidad virtual inmersivos involucra tipos de habilidades en los estudiantes que se relacionan con la interacción entre varios modos semióticos, por lo que involucran de manera única los componentes técnicos, semióticos y multimodales del marco de competencias de alfabetización mediática.

Palabras clave: inmersión, narrativas anticipatorias, competencia digital, alfabetización mediática, multimodalidad, educación artística y multimedia, adolescentes, investigación-diseño

Introduction

Au cours des dix dernières années, la mise en marché de visiocasques performants et abordables a contribué à la démocratisation de la réalité virtuelle (RV) (Fleury et Richir, 2023; Lege et Bonner, 2020). Que ce soit au cinéma, dans les jeux vidéo ou dans le monde l'art, on trouve aujourd'hui dans le secteur culturel une offre importante de contenu immersif destiné aux dispositifs technologiques en RV. Ces nouveautés ont contribué à créer un engouement pour la RV en éducation artistique, comme en témoignent les articles et ressources diffusés sur des plateformes pédagogiques comme le Récit¹. Malgré cet intérêt grandissant, l'un des enjeux principaux de la RV concerne la pertinence des artefacts pédagogiques qu'elle peut générer et leur efficacité à favoriser l'atteinte d'objectifs pédagogiques spécifiques dans des contextes disciplinaires donnés (Lewis *et al.*, 2021). S'inscrivant dans l'objectif d'explorer les enjeux pragmatiques et théoriques de l'intégration d'un dispositif en RV dans des activités pédagogiques en enseignement des arts et du multimédia, nous présenterons dans cet article la proposition, la démarche et des résultats préliminaires du projet *ma.réalité*. Ces derniers portent sur les compétences numériques et en littératie médiatique multimodale (LMM) mobilisées par les élèves dans le contexte de création et de l'appréciation de mondes immersifs en RV. L'article s'articule en plusieurs parties; nous présenterons le projet *ma.réalité*, les fondements théoriques sur lesquels repose l'analyse,

¹ Réseau financé par le ministère de l'Éducation du Québec destiné au soutien des enseignants et orienté vers la production et le partage de ressources pédagogiques pour le développement des compétences des élèves par le biais de l'utilisation des technologies (<https://recit.qc.ca/>).



la méthodologie de la recherche-design en éducation et les stratégies de récolte et d'analyse des données. Nous terminerons en présentant des résultats obtenus en matière de composantes de compétences numériques et en littératie médiatique multimodale mobilisées par les élèves durant la réalisation de leur projet.

Justification

Le lien entre adolescence et pratiques communicationnelles et informationnelles dans le numérique n'est plus à prouver. Dans le contexte de leurs usages personnels, la plupart du temps dans les médias sociaux (Anderson *et al.*, 2022; Vogels *et al.*, 2022), les jeunes s'approprient une variété d'outils technologiques leur permettant de combiner divers modes sémiotiques comme le texte, l'image fixe, l'image en mouvement et le son (Lebrun, Lacelle et Boutin, 2012). Néanmoins, même si ces derniers et dernières semblent disposer de réflexes d'utilisation qui leur permettent d'être fonctionnels et de naviguer dans ces environnements, cela ne signifie pas pour autant qu'ils ou elles développent leurs compétences numériques au sens où l'entendent les praticiens, praticiennes et les chercheurs, chercheuses de l'éducation (Boyd, 2014; Cordier, 2015; Hargittai, 2010). Les compétences en littératie médiatique ont récemment été intégrées aux préoccupations et aux pratiques des professionnels de l'éducation au Québec. Bien que les enseignants et les enseignantes soient formés à l'usage pédagogique des TIC, peu de place est accordée au développement de la compétence multimodale dans le cadre de leur formation initiale. Or, dans un contexte numérique, celle-ci permet de s'approprier des messages multimodaux, de les décoder et de les intégrer de manière à enrichir des savoirs existants ou à structurer de nouveaux savoirs (Lacelle *et al.*, 2019; Delarue-Breton *et al.*, 2021).

ma.réalité

Le projet *ma.réalité* est une recherche-design en éducation portant sur le potentiel de l'utilisation des dispositifs technologiques en réalité augmentée (RA) et en réalité virtuelle (RV) pour favoriser le développement des compétences numériques et des compétences en LMM chez des élèves et des professionnels et professionnelles en enseignement des arts au secondaire. Subventionnée par le programme de relève professorale du Fonds de recherche du Québec Société et Culture (FRQSC), l'étude s'inscrit dans les champs de recherche de la didactique des arts et des technologies éducatives. Celle-ci se penche sur les transformations provoquées dans l'environnement d'apprentissage et d'enseignement en arts et multimédia par l'intégration des technologies de la RA et de la RV. D'un point de vue pratique, le projet propose la coproduction avec les milieux participants d'une innovation pédagogique visant à apporter des solutions à des besoins sur le terrain. Sur le plan de l'avancement des connaissances, il vise à générer des données empiriques qui permettront de mieux évaluer certains avantages et certaines limitations de l'intégration de ces technologies dans le contexte de l'éducation artistique. Sur un plan plus strictement théorique, il vise à contribuer à l'enrichissement du cadre conceptuel des compétences en LMM.

À la suite d'un appel à participation au projet de recherche auprès d'une communauté de pratique d'enseignants et d'enseignantes spécialistes, nous avons sélectionné deux écoles publiques de la grande région de Montréal offrant le programme en arts plastiques et multimédia. Un enseignant participant par école a pris part aux activités de recherche qui comprenaient les grandes étapes suivantes : la formulation des besoins de perfectionnement en lien avec l'objet de recherche, la coproduction du design



pédagogique, la première implantation de l'activité et des ressources pédagogiques auprès de deux groupes de la troisième et quatrième secondaire, le raffinement du design pédagogique, la deuxième implantation de l'activité et des ressources pédagogiques auprès des groupes, et finalement l'analyse synthèse du projet. Nous présentons ici les données issues d'un des deux sites, soit celui où l'enseignant participant ainsi qu'une stagiaire en enseignement des arts et multimédia ont choisi de travailler sur le design d'un dispositif pédagogique en réalité virtuelle.

Le design pédagogique coproduit et implanté en classe consiste en une situation d'apprentissage et d'évaluation, un dossier de ressources didactiques, des prototypes médiatiques ainsi qu'une série de gabarits de travail dans les différents médias mobilisés. Intitulée Les mondes de demain, la proposition pédagogique formulée aux élèves était la suivante : « Imaginez l'état du monde dans 1000 ans, à la suite d'un bouleversement planétaire majeur ». Dans un premier temps, les élèves étaient invités à rédiger un court récit fictionnel d'anticipation. Ce récit leur a ensuite servi de base pour une série d'activités de création médiatique qui les a progressivement amenés à réunir leurs différents médias en vue d'un assemblage dans un environnement immersif à l'aide de CoSpaces, un logiciel de création d'expériences en réalité virtuelle et en réalité augmentée. Dans son ensemble (tableau 1), et pour chacune des deux itérations réalisées, la durée du projet en classe s'est étalée sur une période de 6 à 8 semaines.

Tableau 1

Séquence des activités de création médiatique de la proposition pédagogique

Tableau d'inspiration	L'élève effectue une recherche d'images représentatives de l'univers de son récit. Il ou elle réunit ces images sur un document de type photomontage ² afin de dépendre l'aspect visuel de son monde. Utilisation des logiciels Photoshop ou Gimp.
Modèle tridimensionnel	L'élève procède à la modélisation tridimensionnelle ³ d'un élément central à son récit. Utilisation du logiciel Tinkercad.
Paysage sonore	L'élève procède à la création d'un paysage sonore ⁴ . Trame auditive non narrative destinée à induire les ambiances à l'intérieur du récit. Utilisation du logiciel GarageBand.

² Le photo montage consiste à réaliser une image à partir d'autres images en les découpant, en les collant, en les réarrangeant et en les superposant. Lors du projet, pour effectuer cette étape, les élèves ont employé le logiciel Photoshop développé par Adobe inc.

³ La modélisation 3D consiste à créer une représentation tridimensionnelle d'un objet en imagerie de synthèse. Le logiciel gratuit Tinkercad a été utilisé pour cette étape.

⁴ Les élèves ont créé des paysages sonores pour leur monde, ce qui consistait à combiner des sons libres de droits, à enregistrer leurs propres sons et à composer de la musique. On parle de paysages sonores lorsqu'on utilise le son et la musique pour créer une ambiance. Au cours du projet, les élèves ont utilisé GarageBand, un logiciel gratuit développé par Apple, pour générer, monter et modifier leurs sons. Ce logiciel n'est disponible que sur les ordinateurs Apple. Audacity, un logiciel libre ouvert, est une excellente alternative pour les autres systèmes d'exploitation.



Environnement immersif	L'élève intègre ses différents médias dans le logiciel CoSpaces afin de créer son monde immersif ⁵ . Il ou elle y ajoute des éléments issus des banques médias du logiciel et programme des événements, des interactions et des comportements en vue de la navigation des spectateurs et spectatrices dans son monde.
------------------------	--

Deux modèles de visiocasques ont été utilisés en classe pendant les activités, soit l'Oculus Quest 2 ainsi que le Google Cardboard. Pour s'inspirer, les élèves ont consulté différentes œuvres immersives. Les jeunes ont aussi eu accès aux casques pendant les périodes de travail. En conclusion de la séquence pédagogique, alors que les créations des élèves étaient terminées, ceux-ci et celles-ci ont pu participer à une activité d'appréciation du travail de leurs pairs. Lors de cette dernière, l'expérience immersive d'un utilisateur ou d'une utilisatrice dans le visiocasque était projetée à l'écran afin de permettre à de petits groupes de pairs de découvrir et de commenter les différentes réalisations.

Cadre théorique

Environnements immersifs et réalité virtuelle en art

Nous définissons l'immersion comme l'impression d'être présent ou présente dans un environnement différent de notre milieu immédiat ou naturel. De son côté, l'expression « réalité virtuelle » fait référence à une immersion dans un environnement artificiel produit par ordinateur et accessible via un dispositif technologique; ce degré d'immersion peut varier selon le type d'expérience ainsi que l'équipement utilisé. Si on trouve depuis le début du développement de cette technologie différents types de dispositifs, c'est le visiocasque qui est actuellement le plus connu et le plus accessible. C'est en effet la commercialisation de ce type d'équipement dans l'industrie du divertissement et du jeu vidéo qui a contribué en bonne partie à la démocratisation de la RV à plus grande échelle auprès du grand public au courant de la dernière décennie. Cette accessibilité nouvelle aux technologies de la RV a entraîné des répercussions dans le monde de l'art contemporain et du cinéma, qui a rapidement vu naître des sociétés de production et des canaux de diffusion spécifiquement liés à la réalité virtuelle. Des biennales, des festivals, des galeries, des centres d'art et de culture ainsi que des plateformes de diffusion en ligne se spécialisent désormais dans la promotion et la dissémination de l'art et de divers types de productions en RV. Mentionnons à titre d'exemples Venice Immersive⁶ à l'international, le Centre Phi⁷ à Montréal ou les sites Internet comme Within⁸ ou YouTube VR⁹. Ces différents espaces démontrent comment la RV s'est imposée en quelques

⁵ Les mondes immersifs font référence aux environnements en réalité virtuelle produits par les élèves dans le cadre du projet. Ils et elles ont utilisé CoSpaces pour leur création, une plateforme en ligne conçue pour les milieux éducatifs.

⁶ Venice Immersive est la composante du programme de l'Exposition internationale d'art contemporain de la Biennale de Venise portant spécifiquement sur les œuvres touchant aux réalités mixtes et immersives.
<https://www.labiennale.org/en/cinema/2022/venice-immersive>

⁷ Le Centre Phi est un centre de diffusion axé sur les arts visuels, le cinéma, la musique, le design et la technologie situé à Montréal qui accorde une place importante aux œuvres immersives en réalité virtuelle.
<https://phi.ca/fr/>

⁸ Within est une plateforme Web et une application mobile orientée vers le partage et la diffusion d'expériences immersives en réalité virtuelle.
<https://www.with.in/>

⁹ YouTube VR est la composante du site de partage vidéo YouTube destiné à l'hébergement et la diffusion de vidéos en réalité virtuelle.
<https://vr.youtube.com/>



années, non seulement comme un champ prometteur pour le milieu artistique, mais aussi comme un nouveau marché orienté vers un public amateur.

La RV en enseignement des arts au Québec

On peut en déduire que les enseignants et enseignantes spécialistes du domaine des arts et du multimédia au Québec ne sont pas insensibles à cet engouement du monde de l'art contemporain pour la RV. Ces nouvelles manifestations ont nécessairement des échos dans les contenus de formation des classes d'arts et multimédia. Les programmes de congrès de 2022 à 2017 de l'Association québécoise des enseignants et enseignantes spécialistes en arts plastiques (AQESAP, www.agesap.org) de même que les ressources produites et partagées sur le site du Récit national des arts (www.recitarts.ca) démontrent qu'il existe en effet un intérêt et une demande dans le corps enseignant pour le développement des compétences professionnelles à étudier et à faire usage de ce nouveau média.

La compétence numérique

Développé par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec (MEES) dans le cadre de son Plan d'action numérique (2019), le plus récent cadre de référence décompose la compétence numérique en 12 dimensions jugées indispensables à la vie en société et au monde du travail au 21^e siècle. À leur tour, ces dimensions sont considérées au moyen d'éléments et d'exemples concrets. Celles-ci sont destinées à être prises en compte dans un large éventail de domaines et ne sont pas spécifiques à une discipline ou à un contexte particulier. Afin de faciliter l'enseignement de la compétence numérique, le cadre suggère des aptitudes et des comportements observables, qui sont associés à trois niveaux de maîtrise : débutant, intermédiaire et avancé. Ces indicateurs vont de la capacité à identifier une certaine pratique, à la capacité à l'intégrer, et enfin à l'analyser et la critiquer. Basés sur l'approche par compétence, dans l'optique d'un apprentissage tout au long de la vie, ces dimensions et leurs indicateurs se veulent souples et adaptatifs à un contexte marqué par des cycles d'innovations technologiques en lien avec le numérique (p. 8). Les 12 dimensions de la compétence numérique identifient un large spectre de composantes, allant entre autres de l'éthique citoyenne aux habiletés technologiques, à la culture informationnelle, à la collaboration, à l'inclusivité et à l'innovation (ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019). Si les travaux de la présente recherche nous donnaient l'opportunité d'explorer toutes ces dimensions, nous avons fait le choix, avec les enseignants participants et enseignantes participantes, d'accorder notre attention particulière aux cinq dimensions essentielles à la réalisation du projet, c'est-à-dire celles portant sur les actions productives. Cet article se concentre sur les résultats au sujet de deux de ces dimensions : la résolution de problèmes et la mobilisation des habiletés technologiques.

Les compétences en littératie médiatique multimodale

Le terme « littératie », au sens strict, renvoie aux compétences textuelles de lire et d'écrire. La littératie médiatique prend ainsi en compte les compétences d'écriture et de production des textes médiatiques¹⁰.

¹⁰ « Texte » est compris ici comme toute forme d'expression ou de communication réifiée mobilisant un ou plusieurs systèmes sémiotiques (p. ex. : langage verbal, images fixes ou animées, design graphique, son, musique...) (Hobbs, 2010, p. 16-17) dans des agencements mono- ou multimodaux.



Plus largement, « la littératie médiatique peut être comprise comme l'ensemble des compétences caractérisant l'individu capable d'évoluer de façon critique et créative, autonome et socialisée dans l'environnement médiatique contemporain » (Fastrez, 2012, p. 1). Depuis que la définition s'est fixée au National Leadership Conference on Media Literacy en 1993, on dit d'un individu compétent en littératie médiatique qu'il est capable de décoder, d'analyser, d'évaluer et de produire divers textes médiatiques dans une variété de contextes (Aufderheide et Firestone, 1993).

À la suite de la convergence des canaux de communication¹¹ et des textes médiatiques, Kress et van Leeuwen (2001) ont amené le concept de « multimodalité » pour définir l'usage, en contexte réel de communication médiatique, de plusieurs modes sémiotiques pour concevoir un objet ou un événement sémiotique (Lebrun *et al.*, 2012, p. 8). C'est ainsi qu'a émergé la littératie médiatique multimodale, « une littératie qui conjugue plusieurs modes (iconiques, linguistiques et auditifs), souvent sur le même support, dans la même production (une séquence vidéo, par exemple, comprend images animées et sons, les deux étant livrés conjointement) » (Lebrun *et al.*, 2012, p. 6). Selon le modèle produit par Acerra et Lacelle (2022), la compétence LMM s'articule autour de six compétences fondamentales :

1. Compétence cognitive : savoir décoder, comprendre et produire le sens d'une information, en fonction de ses connaissances acquises.
2. Compétence subjective : savoir s'investir émotionnellement et intellectuellement dans la réception et la production de sens.
3. Compétence sémiotique : savoir (re)connaître, analyser et utiliser des systèmes de signes et des symboles dans la réception et la production de sens.
4. Compétence multimodale : savoir (re)connaître, analyser et combiner des codes, des modes et des langages pour recevoir et produire des designs narratifs, poétiques, expérientiels, intermodaux, spatiaux, graphiques, sonores et haptiques.
5. Compétence sociale : savoir (re)connaître, analyser et produire le sens en interaction avec des individus du monde réel et virtuel.
6. Compétence critique : savoir (re)connaître et analyser les contextes de réception et de production de sens en identifiant les intentions et les idéologies sous-jacentes.

En contexte scolaire, le développement de ces compétences peut aider les élèves à approcher une grande variété de contenus et de supports médiatiques. En particulier, la LMM permet de prendre en considération l'intégralité des caractéristiques des technologies immersives, comme la réalité augmentée et la réalité virtuelle, qui combinent plusieurs modes à la fois. C'est en ce sens que nous nous centrons sur un apprentissage des technologies numériques basé sur le développement des compétences en LMM à l'école.

¹¹ Du point de vue des études médiatiques, le « canal de communication » désigne le dispositif permettant au texte médiatique de communiquer. Dans l'exemple d'une émission de télévision, l'émission renvoie au texte médiatique et la télévision, au canal de communication.



Méthodologie

Nous avons opté dans cette recherche pour le modèle de la recherche-design en éducation. La recherche-design en éducation (RDE) est une méthodologie de recherche collaborative, interventionniste, itérative, adaptative, et à la fois pragmatique et orientée vers la théorie (McKenney et Reeves, 2014; The Design-Based Research Collective, 2003; Wang et Hannafin, 2005). La RDE est employée par des recherches qui visent à étudier les phénomènes de l'apprentissage et de l'enseignement en contexte naturel. Elle se base sur le postulat selon lequel l'étude des dimensions pratiques d'un problème peut permettre de développer une compréhension théorique plus pointue du phénomène qui nous intéresse (Stokes dans Class et Schneider, 2011). La RDE fonctionne donc dans une dynamique d'aller-retour entre la pratique et la théorie (Brown et Campione, 1996) où les itérations d'un design pédagogique sur le terrain représentent des occasions pour les chercheurs et chercheuses de tester des principes qui viennent confirmer ou infirmer des cadres théoriques naissants ou existants. Le projet *ma.réalité* a été conçu de manière à générer des artefacts pédagogiques mettant à profit les spécificités de la RV pour répondre à l'intérêt et aux besoins de formation de praticiens et praticiennes sur le sujet. Le fait de concevoir ces artefacts et d'étudier leur implantation dans les classes des enseignants participants nous a permis de collecter des données qui apportent des précisions sur l'efficacité et les défis de ce dispositif en enseignement des arts.

Données de recherche

Afin de rejoindre les objectifs à la fois pratiques et théoriques de *ma.réalité*, la collecte de données a été organisée de façon à recueillir des informations sur les innovations produites ainsi que sur l'expérience des personnes participant à la recherche. Les stratégies retenues sont présentées au tableau 2.



Tableau 2

Données collectées

Observation	Observation des périodes de cours par une auxiliaire de recherche. Les faits saillants, enjeux et questions récurrentes des enseignants et des élèves ont été consignés dans un journal de bord collectif.
Entretiens individuels semi-dirigés	Entretiens avant et après chaque phase du projet auprès des élèves ainsi que des enseignants.
Groupes focalisés	Entretiens en sous-groupe de 3 à 4 élèves. On les invitait à faire l'expérience de la production d'un pair sur un visiocasque, puis à participer à un échange d'appréciation critique sur cette expérience.
Matériel pédagogique et didactique	Consignation de tous les documents ayant été créés et utilisés dans le cadre du projet (ex. : diaporamas, fiches de directives, tutoriels, outils d'évaluation, prototypes, etc.).
Productions d'élèves	Consignation des artefacts textuels et/ou médiatiques générés par les élèves lors des différentes activités (ex. : intention de projet, activité d'appréciation) ainsi que les productions finales (ex. : mondes en réalité virtuelle).
Documentation visuelle	Documentation photographique des espaces de classes, des élèves au travail, des interactions pédagogiques et captures d'écran des environnements de travail et des productions finales. Documentation vidéographique de certaines activités de classe (utilisation du visiocasque, présentations aux pairs des réalisations) et capture vidéo de déambulation dans les mondes immersifs.

ÉCHANTILLON

La recherche a impliqué la participation de trois groupes d'élèves de troisième secondaire ainsi que de deux enseignants en art médiatique. L'ensemble des jeunes des groupes sollicités ont participé aux activités pédagogiques. De ce nombre, 34 ont accepté de contribuer à la collecte de données. Le portrait de ces élèves est hétérogène en ce qui concerne leur genre, leurs habiletés technologiques ainsi que leur degré de motivation scolaire.

ANALYSE DES DONNÉES

La mixité de la nature des données collectées a impliqué le croisement de plusieurs stratégies. Les données textuelles ont été importées dans un logiciel d'analyse de données qualitatives, puis codées à l'aide d'un arbre thématique. Les thèmes retenus pour les codes ont été déterminés à l'aide d'une logique inductive qui s'accordait avec la dimension exploratoire de la présente recherche (Blais et Martineau, 2006). Les catégories de thèmes qui ont orienté l'analyse sont toutes ancrées dans le cadre théorique. Parmi les thèmes et sous-thèmes de ces catégories, environ la moitié a émergé des différents types de données. La moitié des sous-thèmes est directement liée à des éléments issus de notre cadre théorique tandis que le reste constitue de nouveaux thèmes qui ont émergé des différentes données. Par exemple, si des thèmes comme « résoudre une variété de problèmes » ou « exploiter des technologies d'une création » provenaient des verbatims et étaient liés aux cadres de compétences, d'autres thèmes comme



« le ressenti de l'expérience », « le sens des apprentissages en RV » et sous-thèmes comme « l'empathie » et « le ludique » ont émergé des données issues des propos des élèves ou de l'analyse de leurs réalisations. La multimodalité des données importantes, comme les productions des élèves et les prototypes, a constitué à la fois une richesse de la recherche et un défi d'ordre méthodologique. Afin de faciliter le dialogue avec les autres données, nous souhaitons les transposer vers un format textuel. Pour ce faire, nous avons développé un outil d'analyse des œuvres en RV des élèves. Présenté dans la forme d'une grille d'évaluation, cet outil comprenait des rubriques sur la description formelle des réalisations (éléments visuels, auditifs, textuels, etc.), sur les connaissances et savoir-faire mobilisés ainsi que sur les éléments observables des cadres de la compétence numérique et des compétences en LMM. Ces grilles nous ont permis d'obtenir un portrait détaillé des apprentissages réalisés par les élèves et des savoirs et compétences mobilisés par l'enseignant et l'enseignante pour soutenir ces apprentissages.

Résultats

Nous présentons dans cette section des résultats qui portent sur les éléments de compétence numérique et en LMM mobilisés par les élèves dans les activités de création et d'appréciation de leur monde immersif. Ces résultats sont présentés sur la base du cadre de la compétence numérique du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec (2019) et du cadre des compétences en LMM d'Acerra et Lacelle (2022). Bien qu'exposés comme deux cadres distincts dans la partie théorique, les compétences numériques et les compétences en LMM sont présentées conjointement dans cette section afin de mettre en évidence leurs interrelations. Les prochains paragraphes montrent des manifestations observables des compétences qui ont été les plus sollicitées durant la réalisation des projets.

Des habiletés technologiques spécifiques au développement de la compétence multimodale

Les données ont d'abord démontré que la création d'environnements immersifs en réalité virtuelle engageait la mobilisation et le développement d'une grande variété d'habiletés technologiques, une aptitude de la compétence numérique. En effet, pour réaliser le projet, les élèves ont appris à utiliser différents logiciels, plateformes et applications numériques. Au sein de chaque itération, les élèves ont touché au photomontage dans Photoshop, à la modélisation 3D dans Tinkercad, à la création sonore dans GarageBand ainsi qu'au design et à la programmation d'interactions en environnement immersif dans le logiciel CoSpaces.

Plusieurs jeunes ont mentionné qu'ils et elles aimaient découvrir de nouveaux médias, en particulier ceux qu'ils et elles jugeaient normalement hors de leur portée par rapport à leurs connaissances et habiletés technologiques.

C'était un projet qui était motivant, car c'était nous-mêmes qui faisait les sons, c'est nous qui faisons les animations, c'est nous qui faisons tout du long. Et ce n'était pas quelqu'un d'autre qui le faisait à notre place, c'était vraiment nous qui le faisons. (Élève 1)

Cette diversité a été identifiée comme un avantage par les enseignants puisqu'elle leur permettait de rejoindre un grand nombre d'élèves du même coup. En effet, en touchant à différents modes au sein d'un même projet, il était possible pour chaque jeune d'y trouver au moins une composante qui l'intéressait



davantage et dans laquelle il ou elle pouvait s'investir pleinement. D'ailleurs, bon nombre de jeunes ont nommé être agréablement surpris d'être capables d'effectuer les tâches proposées; plusieurs avaient en tête qu'il s'agissait de médias réservés aux professionnels et professionnelles et n'avaient donc jamais imaginé être en mesure de produire des contenus de ce type. Cependant, la quantité de logiciels utilisés a eu des effets mitigés sur la motivation des participants et des participantes. En effet, la majorité a souligné que cela avait représenté un alourdissement du travail dans le processus de création.

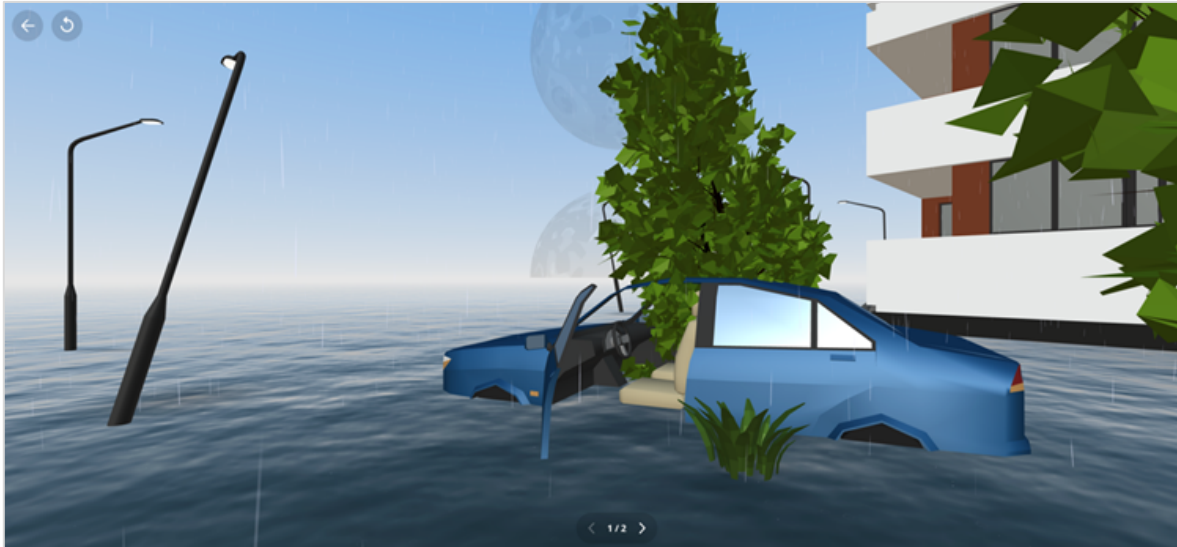
J'avais l'impression que c'était vraiment beaucoup genre au début. Parce qu'il fallait faire un texte. Il fallait faire un robot. Il fallait faire de la musique. Il fallait faire comme les sons. Il fallait faire la programmation. Ça avait l'air comme vraiment beaucoup. (Élève 2)

Les habiletés technologiques développées dans le cadre de la manipulation de divers logiciels numériques ont, en même temps, contribué au développement de la compétence multimodale, qui consiste à « savoir (re)connaître, analyser et combiner des codes, des modes et des langages pour recevoir et produire des designs narratifs, poétiques, expérientiels, intermodaux, spatiaux, graphiques, sonores ou haptiques » (Acerra et Lacelle, 2022). Dans le cadre du projet, la compétence multimodale est la compétence du cadre de référence LMM qui a été la plus exploitée. On peut l'observer de la manière la plus évidente par l'ajout des composantes sonores dans les œuvres. Par exemple, dans l'œuvre *OK* (figure 1), le spectateur ou la spectatrice commence l'expérience dans un paysage urbain abandonné et inondé : la pluie est à la fois visible et audible. Dans une autre œuvre, on se retrouve dans un monde sombre entouré de robots et une musique d'ambiance rythmée accompagne le spectateur ou la spectatrice dans son exploration. Des élèves ont également composé des effets sonores pour accompagner certaines interactions et ont ainsi réalisé des apprentissages sur l'importance de la cohérence entre les différents modes sémiotiques. Pour certains et certaines, ce processus s'est déroulé facilement, tandis que pour d'autres, il s'agissait d'un défi à relever. Souvent, cette difficulté s'est retrouvée lors de la création de la composante sonore, puisqu'elle n'est pas traditionnellement explorée en tant que mode de création distinct dans les cours d'arts et multimédia.



Figure 1

Capture d'écran du monde immersif OK produit par un élève



Note. Reproduit avec autorisation.

Après avoir créé des éléments sonores, les élèves ont dû les intégrer adéquatement à leur œuvre. Par exemple, un élève décrit l'effet d'une association inadéquate entre le mode du son et la programmation d'un de ses éléments visuels.

J'ai intégré la fusée qui bouge [...]. J'ai intégré que la téléportation marche. J'ai aussi intégré de la musique. Quand tu entres dans le portail, ça fait un bruit. Oui, mais je riais, car j'aurais dû couper, car il y a un bruit de porte. Après, ça finit avec le bruit quand tu sors, mais j'aurais dû couper genre, qu'on entend seulement le bruit quand tu prends dans le portail, car ça a tout gâché. Mais c'est trop tard, alors ce n'est pas grave [...]. (Élève 3)

De la résolution de problème à la compétence sémiotique LMM

Plus les élèves progressaient dans leur monde, plus ils et elles étaient confrontés à de nouvelles composantes des compétences numériques et en LMM. Une autre dimension de la compétence numérique qui a été exploitée de manière importante est celle de la résolution de problème. La variété de logiciels et de formats impliqués dans le projet a en effet constitué une source de défis pour les élèves lors de l'étape de la mise en commun des composantes dans leur environnement immersif. Les élèves y mobilisaient des connaissances et des savoir-faire variés et spécifiques dans le contexte d'une situation complexe. L'enseignant résume bien les enjeux pour les élèves :

Comment ça se fait qu'une image n'est pas compatible avec CoSpaces? Comment ça se fait que quand on fait un format PSD, on ne soit pas capable de l'intégrer dans le projet? « Monsieur, ça ne marche pas! » Oui, mais pourquoi ça ne marche pas? C'est quoi une extension? [...] Et là on va faire... on va amener les notions sur les extensions. Est-ce que l'extension est compatible? Puis le .psd, le .jpg, le .png. Est-ce que la résolution de ton image est assez grande, assez bonne



pour ton monde? Quand tu l'agrandis, est-ce que c'est pixélisé? Ça fait que tout ça, c'est beaucoup de résolution de problèmes à des fins esthétiques, pas à des fins de fonction. (Enseignant 1)

Les fins esthétiques décrites plus haut relèvent de l'interaction entre diverses pratiques que les élèves doivent apprivoiser, non seulement sur les plans technologique et artistique, mais aussi sur le plan sémiotique. Ainsi, la mobilisation lors de la création d'environnements immersifs des composantes liées aux dimensions des habiletés technologiques et de la résolution de problèmes de la compétence numérique sollicite de manière unique des compétences en LMM comme la compétence sémiotique. Cette compétence consiste à « savoir décoder, utiliser et combiner les spécificités de chaque mode sémiotique en fonction des dispositifs, des logiciels et des supports technologiques » (Acerra et Lacelle, 2022).

Lors des groupes focalisés où les élèves étaient amenés à commenter et à expliquer leurs mondes virtuels, ils et elles ont démontré leur capacité à établir des liens plus rapidement et à comprendre le sens et l'intention du créateur ou de la créatrice selon les choix de composantes dans les projets. Comme l'explique une élève, elle se contentait habituellement de dessiner et n'avait pas à ajouter d'autres modes sémiotiques à son travail. Ce type de processus créatif lui a permis d'établir des liens et de comprendre les références intermodales.

Dans le même ordre d'idées, nous avons relevé que le visionnement du monde à l'aide du visiocasque a eu un impact important sur l'expérience, la compréhension et l'appréciation de l'œuvre du spectateur ou de la spectatrice. En effet, l'utilisation de ces appareils permet de vivre le sentiment d'immersion et l'illusion de présence d'une façon qui n'est pas possible à l'écran d'un ordinateur de bureau. Conséquemment, cette utilisation des visiocasques durant le processus de réalisation a influencé les décisions des élèves créateurs et créatrices par rapport aux composantes liées, entre autres, à l'espace et à l'échelle de leur monde immersif. Ces derniers et ces dernières se mettaient dans la peau des spectateurs et spectatrices de leur monde afin de réfléchir aux états et aux effets qu'ils ou elles désiraient leur faire vivre. Par exemple, une élève a découvert qu'elle était en mesure de fixer la caméra du spectateur (point de vue de la personne vivant l'expérience immersive) sur le dos d'un dragon qui volait à toute vitesse dans les airs. Après avoir fait l'essai de son monde à l'aide du visiocasque, elle a rapidement été étourdie par l'expérience. Elle a donc fait le choix de modifier le parcours et la vitesse de vol afin de permettre une visite plus confortable aux futurs visiteurs et futures visiteuses.

Compétence sociale LMM et transfert des compétences

Pour finir, nous aimerions mettre en avant deux derniers résultats probants de notre étude : le développement de la compétence sociale LMM et le transfert des compétences dans d'autres contextes, comme souligné par les élèves.

La mobilisation de la compétence sociale LMM a joué un rôle central pour les élèves durant les étapes de programmation des interactions. La notion d'interactivité dans la majorité des œuvres des élèves est de nature exploratoire; ces interactions sont parfois contraignantes, parfois optionnelles (Acerra, 2021). Cet aspect interactif était nouveau pour de nombreux élèves et a, par extension, entraîné certains défis. Comme l'explique l'enseignante dans l'une des descriptions du travail d'un élève, l'utilisateur ou l'utilisatrice ne savait pas qu'il ou elle devait suivre le robot programmé (voir le robot à gauche de la figure 2). Ainsi, l'exploitation d'un autre mode, le texte dans ce cas-ci, aurait gagné à être exploité.



La programmation du robot, de la bombe et du GIF animé est très complexe. Cependant, il n'y a pas d'autres éléments programmés. Si le spectateur ne suit pas immédiatement le robot, celui-ci manque toute l'action animée. L'élève aurait pu ajouter une bulle texte invitant le spectateur à suivre le robot. (Enseignante 2)

Figure 2

Capture d'écran du monde immersif X produit par un élève



Note. Reproduit avec autorisation.

Les élèves ont aussi noté comment les compétences développées pouvaient être transférables à d'autres types de projets. Pour illustrer ce propos, une élève décrit le lien qu'elle a fait avec les films d'animation :

Bien, vu que je veux faire des films et des choses qui ressemblent à ça, je me suis dit que, oui, peut-être ça pourrait m'aider pour quand même mettre des effets sonores dans les... Admettons, on fait des films animés pour enfants, on voit souvent que c'est des dessins qu'on dessine, mais par la suite on les met pour que ça se suive. Puis, par la suite, on va mettre des effets sonores. Donc, peut-être que ça pourrait m'aider pour faire les films aussi. (Élève 4)

Ces observations sont significatives parce que de nombreux élèves ont décrit, pendant les entretiens, les types d'emplois qu'ils ou elles aimeraient exercer plus tard. Ces données sont liées à la dimension 9 du référentiel numérique (ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019, p. 21) qui propose d'« adopter une perspective de développement personnel et professionnel avec le numérique dans une posture d'autonomisation ». Ces perspectives professionnelles n'étaient pas nécessairement liées à la RV, toutefois dans plusieurs cas, les élèves étaient en mesure d'expliquer comment les apprentissages qu'ils et elles avaient effectués dans le projet leur seraient utiles dans les suites de leur démarche de formation postsecondaire.



Conclusion

Cet article a démontré comment la création d'environnements immersifs en RV en enseignement des arts et du multimédia dans le cadre du projet de recherche *ma.réalité* a mobilisé simultanément chez les élèves des éléments des cadres de la compétence numérique et de la compétence LMM. En effet, les jeunes participants et participantes ont été amenés à développer des habiletés technologiques et de résolution de problèmes pointues à travers l'utilisation d'une grande variété de logiciels tels que Photoshop, Tinkercad, Garageband et CoSpaces, en plus de réfléchir aux perspectives de développement personnel et professionnel ouvertes par ces apprentissages. Les résultats de la recherche démontrent que le développement de ces dimensions du cadre de la compétence numérique a été intégré au développement des compétences LMM. La conception, la mise en forme et l'analyse de l'expérience de leur monde immersif en RV ont poussé les élèves à mobiliser les compétences multimodale, sociale et sémiotique en LMM, dont l'application de la simultanéité d'utilisation des codes, des modes et des langages. Le fait de combiner les spécificités de chaque mode sémiotique en fonction des supports technologiques de manière cohérente dans la forme et le contenu de leur réalisation et le fait d'analyser l'efficacité de ces moyens en regard du sens recherché dans l'expérience immersive en RV a amené les élèves à développer leur compétence sémiotique en LMM. En somme, ces résultats nous permettent d'amener des précisions sur les manifestations des dimensions de la compétence numérique et d'apporter des éclairages sur l'opérationnalisation de compétences en LMM. En exposant comment ces compétences se construisent et s'enrichissent chez les élèves par la mise en œuvre d'actions productrices concrètes dans une démarche de création en arts visuels et médiatiques, nous démontrons le lien essentiel entre la pratique et l'analyse pour leur développement. Un tel constat nous permet d'envisager que l'appréciation de différents types d'expériences immersives en RV (expériences contemplatives, ludiques, cinétiques, interactives, avec des jeux vidéo et des logiciels de création) pourra être mise à profit dans un cadre de recherche interventionniste telle que celui-ci afin d'enrichir et de préciser les manifestations et l'opérationnalisation des compétences en LMM, et plus particulièrement des compétences métacognitives.

D'un point de vue pratique, même si la courbe d'apprentissage des logiciels, des techniques et de l'utilisation des appareils en RV a été abrupte en classe pour les enseignants, les enseignantes et les élèves participants, la deuxième itération du projet a démontré que ces derniers et ces dernières ont rapidement acquis une autonomie au niveau de leur connaissance et de leur utilisation des savoir-faire. La création de mondes immersifs a également suscité une nouvelle capacité chez les élèves dans la classe d'art, à savoir celle de programmer des interactions afin de rendre leur expérience intelligible et engageante pour le public. Les élèves participants et participantes ont, à ce sujet, dépassé les attentes de leur enseignant en développant des interactions complexes allant au-delà des propositions présentées dans les ressources didactiques. Malgré le fait que nous nous penchions seulement sur certaines compétences numériques et en LMM dans cet article, nos résultats préliminaires montrent également que les compétences en LMM ont contribué à ce que les élèves développent, entre autres, des compétences critiques en littératie numérique. Les élèves ont évoqué la façon dont le projet leur a permis de réfléchir à l'avenir et aux frontières entre les mondes naturels et immersifs, aux mécanismes invisibles qui se cachent derrière une grande partie des contenus qu'ils et elles voient et apprécient, et globalement au potentiel de la RV au sein de l'école. Ces résultats pointent aussi vers le potentiel d'activités d'appréciation d'œuvres immersives en RV pour le développement des compétences numériques et en LMM. La capacité unique de la RV de permettre à des utilisateurs et des utilisatrices d'interagir avec des objets médiatiques à travers le mouvement de leur corps dans l'espace et à travers leur perception tactile grâce aux périphériques haptiques vient en effet transformer considérablement le concept d'appréciation, du moins dans le contexte de l'enseignement des arts visuels et médiatiques.



Bien que le projet *ma.réalité* ait connu un fort enthousiasme auprès des participants et des participantes, développer ces compétences dans un cadre de classe a constitué un réel défi. Du fait de la complexité de la RV en tant qu'objet multimodal, les compétences à développer et à maîtriser sont très variées, et les enseignants et enseignantes ont besoin d'un accompagnement ciblé afin d'intégrer ces nouvelles pratiques et ces nouveaux cadres de référence. Le soutien en classe et les ressources pédagogiques créées par l'équipe de recherche ont joué un rôle critique à ce niveau. L'utilisation de la réalité virtuelle à l'école n'en est qu'à ses débuts, et ce projet sert de point d'entrée à son utilisation dans les classes d'arts et multimédia. Les résultats préliminaires présentés ici montrent des pistes prometteuses pour son avenir dans le domaine de l'éducation artistique.

Liste de références

- Acerra, E. (2021, 22 avril). *Interactivité*. Lab-yrinthe. <https://lab-yrinthe.ca/education/interactive>
- Acerra, E. et Lacelle, N. (2022). *Compétences en #LMM*. Lab-yrinthe. <https://lab-yrinthe.ca/education/competences-lmm>
- Anderson, M., Vogels, E., Perrin, A. et Rainie, L. (2022). *Connection, Creativity and Drama: Teen Life on Social Media in 2022*. Pew Research Center. <https://tinyurl.com/dt942bkb>
- Aufderheide, P. et Firestone, C. M. (1993). *Media literacy: A report of the National Leadership Conference on media literacy*. Communications and Society Program. Aspen Institute, Washington.
- Blais, M. et Martineau, S. (2006). L'analyse inductive générale : description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes. *Recherches qualitatives*, 26(2), 1-18. <https://doi.org/10.7202/1085369ar>
- Boyd, D. (2014). *It's complicated: The social lives of networked teens*. Yale University Press.
- Brown, A. L. et Campione, J. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. Dans L. Schauble et L. Glaser (dir.), *Innovations in learning: New environments for education* (p. 289-325). Lawrence Erlbaum Associates.
- Class, B. et Schneider, D. (2013). La recherche design en éducation : Vers une nouvelle approche? *Frantice.net*, 7.
- Cordier, A. (2015). *Grandir connectés : Les adolescents et la recherche d'information*. C&F éditions.
- Delarue-Breton, C., Ronveaux, C., Gladu, E. et Lacelle, N. (2021). Littératie médiatique à l'école et modélisation didactique : quelles préoccupations communes pour la recherche et pour l'enseignement? *Revue de recherches en littératie médiatique multimodale*, 13. <https://doi.org/10.7202/1077706ar>
- Fastrez, P. (2012, Juillet). *Translittératie et compétences médiatiques*. Actes du 5^e séminaire du GRCDI. La translittératie en débat : regards croisés des cultures de l'information (infodoc, médias, informatique) et des disciplines, Rennes. <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:127456>
- Fleury, S. et Richir, S. (2023). The End of the Digital Generation Gap. *Journal of Ergonomics Studies and Research*, 2(1). <http://article.scholarena.com/Th-End-of-The-Digital-Generation.pdf>
- Hargittai, E. (2010). Digital na(t)ives? Variation in internet skills and uses among members of the "net generation". *Sociological inquiry*, 80(1), 92-113.
- Hobbs, R. (2010). *Digital and Media Literacy: A Plan of Action*. A white paper on the digital and media literacy recommendations of the Knight Commission on the information needs of communities in a democracy. <https://www.aspeninstitute.org/events/digital-media-literacy-plan-action/>
- Kress, G. et van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal discourse*. Bloomsbury Academic.
- Lacelle, N., Richard, M., Martel, V. et Lalonde, M. (2019). Design de cocréation interinstitutionnelle favorisant la littératie en contexte numérique. *Revue de recherches en littératie médiatique multimodale*, 9. https://litmedmod.ca/sites/default/files/pdf/r2-lmm_vol9_lacelle.pdf



- Lebrun, M., Lacelle, N. et Boutin, J.-F. (2012). Genèse et essor du concept de littératie médiatique multimodale. *Mémoires du livre / Studies in Book Culture*, 3(2). <https://doi.org/10.7202/1009351ar>
- Lege, R. et Bonner, E. (2020). Virtual reality in education: The promise, progress, and challenge. *The JALT CALL Journal*, 16(3), 167-180. <https://doi.org/10.29140/jaltcall.v16n3.388>
- Lewis, F., Plante, P. et Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : Une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, (5), 11-27. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
- McKenney, S. et Reeves, T. C. (2014). Educational Design Research. Dans J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (p. 131-140). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2019). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. <http://www.education.gouv.qc.ca/dossiers-thematiques/plan-daction-numerique/cadre-de-reference/>
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 58. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Vogels, E. A., Gelles-Watnick, R. et Massarat, N. (2022). *Teens, Social Media and Technology 2022*. Pew Research Center. <https://www.pewresearch.org/internet/2022/08/10/teens-social-media-and-technology-2022/>
- Wang, F. et Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 523.



L'apprentissage immersif peut-il améliorer la compréhension de la théorie de l'évolution?

Can Immersive Learning Improve the Understanding of the Theory of Evolution?

¿Puede el aprendizaje inmersivo mejorar la comprensión de la teoría evolutiva?

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.355>

Edith Potvin-Rosselet, doctorante
Université du Québec à Montréal, Canada
potvin_rosselet.edith@uqam.ca

Alain Stockless, professeur
Université du Québec à Montréal, Canada
stockless.alain@uqam.ca

Diane Leduc, professeure titulaire
Université du Québec à Montréal, Canada
leduc.diane@uqam.ca

RÉSUMÉ

Cet article présente les principaux types d'obstacles mettant un frein à la compréhension de la théorie de l'évolution et discute de pistes pédagogiques pour améliorer l'apprentissage de cette théorie au niveau postsecondaire, comme d'autres théories difficiles en science, notamment par la mise en œuvre des principes de l'apprentissage actif et du changement conceptuel. L'article propose l'hypothèse que l'apprentissage immersif, possible par l'entremise des technologies de réalité virtuelle, est une stratégie prometteuse pour mettre en action les personnes apprenantes et pour provoquer un changement conceptuel menant à



une meilleure compréhension de la théorie de l'évolution. Cette hypothèse guide la recherche en cours portant sur l'amélioration de l'apprentissage de cette théorie. L'article présente aussi des éléments positifs et négatifs de l'apprentissage immersif, issus d'une recension des écrits. Ces éléments constituent des pistes d'action dans la perspective du développement d'une expérience éducative immersive que vise la recherche en cours.

Mots-clés : apprentissage immersif, réalité virtuelle, recherche-développement, théorie de l'évolution, changement conceptuel

ABSTRACT

This article outlines the main types of barriers to understanding evolutionary theory. It discusses pedagogical avenues for improving the learning of evolutionary theory at the post-secondary level, as well as other complex theories in science, including implementing the principles of active learning and conceptual change. The paper hypothesizes that immersive learning, made possible through virtual reality technologies, is a promising strategy for engaging learners and bringing about conceptual change leading to a better understanding of evolutionary theory. This hypothesis guides ongoing research on improving learning about evolutionary theory. The article also presents positive and negative elements of immersive learning from a literature review. These elements constitute avenues for action in the future development of an immersive educational experience, which is the goal of the current research.

Keywords: immersive learning, virtual reality, research and development, evolutionary theory, conceptual change

RESUMEN

En este artículo se esbozan los principales tipos de obstáculos para la comprensión de la teoría evolutiva y se analizan vías pedagógicas para mejorar su aprendizaje a nivel postsecundario, así como para la comprensión de otras teorías científicas difíciles, incluida la aplicación de los principios del aprendizaje activo y el cambio conceptual. El artículo propone la hipótesis de que el aprendizaje inmersivo, posible gracias a las tecnologías de realidad virtual, es una estrategia prometedora para implicar a los alumnos y promover un cambio conceptual que conduzca a una mejor comprensión de la teoría evolutiva. Esta hipótesis orienta la investigación en curso para mejorar el aprendizaje de dicha teoría. El artículo también presenta elementos positivos y negativos del aprendizaje inmersivo a partir de una revisión de la literatura. Estos elementos constituyen vías de actuación para el futuro desarrollo de una experiencia educativa inmersiva, que es el objetivo de la presente investigación.

Palabras clave: aprendizaje inmersivo, realidad virtual, investigación y desarrollo, teoría evolutiva, cambio conceptual



Introduction et contexte

Plusieurs théories scientifiques à l'étude dans le parcours scolaire des personnes apprenantes sont perçues comme difficiles. Pour bien comprendre ces théories, comme celles de la gravitation terrestre ou de la relativité, un niveau élevé d'intégration de connaissances est nécessaire. La théorie de l'évolution (TE) ne fait pas exception et les difficultés entourant sa compréhension sont documentées depuis plusieurs décennies. L'importance de cette théorie pour comprendre le monde vivant est sans contredit, mais les fausses conceptions concernant l'évolution sont nombreuses et bien ancrées dans les représentations populaires. Elles perpétuent une compréhension fragmentée, parfois alternative, de l'évolution des espèces vivantes (Gregory, 2009; Legare *et al.*, 2018). Afin de comprendre la TE, déconstruire ces fausses conceptions pour en construire de plus justes est nécessaire.

Au Québec, très peu d'apprenantes et d'apprenants au niveau postsecondaire étudient le phénomène, outre celles inscrites et ceux inscrits dans un programme en sciences de la nature et à certains cours en sciences humaines, comme les cours d'anthropologie. Pourtant, connaître adéquatement les concepts de base du mécanisme de sélection naturelle apporterait à toutes les jeunes personnes citoyennes un bagage scientifique adéquat. En effet, l'évolution des espèces est une notion agissant comme un liant entre plusieurs autres notions des domaines génétique, géologique, anthropologique et économique, et la compréhension de celle-ci affecte directement le niveau de littératie en sciences (Passmore et Stewart, 2002; Roseman *et al.*, 2010). En possédant un bagage scientifique de qualité, les personnes apprenantes se dotent d'outils ayant des retombées positives sur leur capacité à exercer une pensée critique et à reconnaître des arguments pseudoscientifiques parfois utilisés à des fins de désinformation. En ce sens, l'importance de maîtriser les concepts à la base de la TE dépasse le contexte scolaire, puisque les mécanismes à l'œuvre dans la transformation des espèces permettent de comprendre des phénomènes qui touchent directement plusieurs aspects de la vie humaine, comme la propagation et la résistance d'un virus mortel dans une population. Pour les professionnelles et les professionnels, ainsi que les personnes décideuses de plusieurs domaines publics, dont en politique et en santé, maîtriser des concepts relatifs à l'évolution des espèces est un atout nécessaire (Emmons *et al.*, 2016). Plusieurs enjeux sociaux et écologiques actuels sont intimement liés à la compréhension de la survie, de l'exploitation et de la compétition pour les ressources. Bien qu'essentielle au développement d'une littératie scientifique suffisante au regard de plusieurs enjeux actuels auxquels fait face l'humanité, la TE est mal comprise par la population en générale, autant que par les personnes apprenantes inscrites en biologie à l'université (Gregory, 2009). Il s'agirait en effet de l'une des notions scientifiques les plus difficiles à comprendre (Alters et Nelson, 2002; Rosengren *et al.*, 2012).

L'apprentissage de la TE peut être amélioré en considérant les principes de l'apprentissage actif. Dans son ouvrage *Teaching in a digital age* (Bates, 2022) pose un regard nouveau sur différentes approches d'enseignement inspirées des théories en éducation et propose que l'apprentissage actif peut être soutenu par une utilisation judicieuse des technologies numériques en éducation. Les outils numériques maintenant disponibles, comme ceux qui permettent la réalité virtuelle, ont le potentiel de rendre actives les personnes apprenantes et d'améliorer la compréhension de phénomènes complexes et abstraits (Lewis *et al.*, 2021).

Un prototype d'apprentissage immersif visant l'amélioration de la compréhension de la TE chez des personnes apprenantes du cégep est une avenue intéressante pour mieux comprendre les concepts de base de l'évolution des espèces. Des autrices et des auteurs mettent cependant en garde contre un usage exotique des technologies immersives en éducation et conseillent de s'attarder à la qualité du scénario



pédagogique afin de soutenir l'apprentissage (Mikropoulos et Natsis, 2011). Le développement d'un tel prototype doit donc se faire en respectant certaines balises. Les objectifs poursuivis dans cet article sont :

- 1) Mieux comprendre les enjeux de l'apprentissage de la TE;
- 2) Explorer l'apprentissage immersif pour améliorer l'apprentissage de théories difficiles à comprendre, comme la TE.

L'article présente une problématique concernant les principaux types d'obstacles faisant frein à la compréhension de la TE. Des pistes pour l'amélioration de l'apprentissage de la TE qui sont mises en évidence dans les écrits sont ensuite présentées. Puis, l'apport de l'apprentissage immersif est articulé afin de démontrer la pertinence de cette approche dans le développement d'une solution à l'amélioration de l'apprentissage de la théorie en question. Finalement, l'article propose une réflexion sur la méthodologie de recherche à considérer pour le développement d'un prototype d'apprentissage immersif et articule des idées sur les retombées potentielles d'un tel projet pour la pratique pédagogique.

Problématique

Depuis les années 1970, des chercheuses et des chercheurs de multiples disciplines mettent en évidence les difficultés qu'éprouvent les personnes apprenantes à comprendre les principes à la base de la TE (Bishop et Anderson, 1986; voir Legare *et al.*, 2018 pour une revue exhaustive). Gregory (2009) recense plus d'une quarantaine d'articles, publiés de 1975 à 2009, qui font état d'une grande incompréhension de la TE chez plusieurs groupes de sujets. Depuis 2009, des chercheuses et des chercheurs, comme Legare aux États-Unis et Alters au Canada, poursuivent des recherches qui continuent de mettre en évidence ces difficultés.

Les écrits suggèrent que les personnes apprenantes adultes, comme celles du niveau collégial, ont été exposées plus longtemps que des personnes plus jeunes aux différentes fausses conceptions véhiculées par des représentations populaires et sont donc davantage confrontées à des obstacles faisant frein à leur compréhension de la TE (Kelemen *et al.*, 2014; Shtulman et Walker, 2020). Ces obstacles peuvent être scolaires, conceptuels ou affectifs.

Des obstacles scolaires, conceptuels et affectifs à l'apprentissage de la théorie de l'évolution

Parmi les contraintes à la compréhension de l'évolution, certaines proviennent en effet du milieu scolaire. Certains manuels de référence, à tous les niveaux d'enseignement, sont parfois scientifiquement inadéquats et soutiennent une conception téléologique¹ de l'évolution (Engel Clough et Wood-Robinson, 1985; Moore *et al.*, 2002; Prinou *et al.*, 2011; Stern et Roseman, 2004). Plusieurs autrices et auteurs mentionnent les lacunes des enseignantes et des enseignants quant à la maîtrise des notions relatives à

¹ Une conception téléologique de l'évolution attribue une fonction à l'apparition de caractéristiques chez une espèce (Kelemen, 1999). En d'autres mots, une croyance de ce type serait d'affirmer que les choses sont créées dans un but qui leur est intrinsèque (Sinatra *et al.*, 2008, p. 190). Selon ce raisonnement, l'évolution devrait éliminer les caractéristiques qui ne possèdent plus de fonction comme l'appendice chez Homo sapiens moderne.



l'évolution des espèces (Emmons *et al.*, 2016; Nehm et Schonfeld, 2007; Prinou *et al.*, 2011). Il est possible de croire que ces lacunes affectent la qualité de leur enseignement et que celles-ci peuvent causer un stress professionnel lié aux tâches d'enseignement de la TE (Griffith et Brem, 2004). D'autres autrices et auteurs mettent en évidence que les méthodes d'enseignement magistrocentrées, c'est-à-dire qui n'engagent pas les personnes apprenantes dans une tâche active qui nécessite un traitement cognitif de haut niveau, sont encore préférées à d'autres méthodes d'enseignement malgré la perpétuité des difficultés vécues par les personnes apprenantes à bien comprendre la théorie (Alters et Nelson, 2002).

Comprendre certains concepts connexes à l'évolution, comme les concepts de temps géologique (Catley et Novick, 2009), d'hérédité, de compétition et de survie (Gregory, 2009), demande un niveau élevé d'intégration de connaissances. Cependant, leur apprentissage est souvent décontextualisé ou confondu avec des hypothèses relatives à l'apparition de la vie sur Terre (Blackwell *et al.*, 2003; Legare *et al.*, 2018). Sinatra *et al.* (2008) notent que les personnes apprenantes perçoivent l'évolution comme un événement plutôt qu'un processus, ce qui les amène à commettre des erreurs conceptuelles difficiles à renverser. Cette perception peut être liée au mode de pensée essentialiste (l'essence de toute chose est immuable), téléologique (les choses ont une fonction) ou d'intentionnalité (*intentionality* dans les écrits en anglais; les choses surviennent, car un tiers parti possède un but pour ces choses). Browning et Hohenstein (2015) soutiennent d'ailleurs que l'essentialisme fait partie des schèmes de pensées des enfants lorsqu'ils font référence aux différentes espèces animales et qu'il est donc ardu pour eux de comprendre qu'il existe un lien d'ancestralité entre toutes les espèces vivantes, encore moins entre l'espèce humaine et les autres primates. Bien ancré dans les représentations populaires de l'évolution, le raisonnement téléologique est mentionné par plusieurs autrices et auteurs comme étant l'un des obstacles principaux à la compréhension fonctionnelle de la TE, c'est-à-dire une compréhension juste, valide et durable (Catley *et al.*, 2010; Kelemen, 1999; Sánchez Tapia *et al.*, 2018; Shtulman et Calabi, 2012; Sinatra *et al.*, 2008).

Les obstacles d'ordre affectif sont relatifs aux émotions et aux croyances des personnes apprenantes. Les croyances religieuses, comme le dessein intelligent ou le créationnisme, peuvent contribuer à l'acceptation de faits pseudoscientifiques et conséquemment renforcent les schèmes de pensées à l'œuvre dans les obstacles d'ordre conceptuel. De manière générale, les croyances chez les adultes se cristallisent et, par l'entremise de processus mentaux comme la dissonance cognitive et le biais de confirmation, participent à la résistance au changement. Ces processus mentaux peuvent aussi être invoqués pour expliquer l'adhésion aux croyances pseudoscientifiques. Sinatra *et al.* (2008) laissent entendre que se faire présenter des idées de prime abord irréconciliables avec celles détenues préalablement peut susciter des réactions émotionnelles qui peuvent potentiellement freiner l'apprentissage. Particulièrement dans le cas de la TE, la perception que les faits scientifiques sont une menace aux systèmes de croyances peut provoquer une réaction émotionnelle néfaste pour un apprentissage fidèle à la science. En ce sens, étant donné que de fortes réactions émotionnelles chez un individu peuvent survenir en lien avec des faits scientifiques, Strike et Posner (1992) ont considéré le rôle des émotions dans leur modèle du changement conceptuel. En plus d'être complexe à comprendre, la TE n'est pas toujours acceptée par les personnes apprenantes (Gregory, 2009). Accepter ou rejeter cette théorie relève de l'ordre l'affectif, puisque les émotions sont un des facteurs déterminants dans l'acceptation de celle-ci. L'utilisation de l'indice émotif-spirituel (*emotional and spiritual quotient*) dans la mesure du degré d'acceptation de la TE chez des personnes apprenantes universitaires le démontre bien (Darussyamsu *et al.*, 2018). Même au Canada, où cette théorie fait partie du curriculum des écoles publiques, son rejet est observé, comme le démontre une étude menée à l'Université Guelph où près de 30 % des personnes apprenantes aux cycles supérieurs sondées par l'étude se disent peu ou pas du tout convaincues par cette théorie (Gregory et Ellis, 2009). Il est possible



de croire que les émotions sont fortement liées aux croyances chez les personnes apprenantes et que les obstacles d'ordre affectif ont une grande part à jouer dans l'acceptation et la compréhension de la TE.

Le changement conceptuel et l'immersion pour favoriser un meilleur apprentissage

Pour améliorer l'apprentissage de la TE, il est nécessaire de mettre en œuvre des stratégies pédagogiques pour surmonter ces obstacles. Pour ce faire, l'approche du changement conceptuel semble tout indiquée, puisqu'elle amène les personnes apprenantes à modifier leurs conceptions d'un phénomène (Hewson et Hewson, 1983; Thouin, 2020). D'ailleurs, plusieurs autrices et auteurs qui s'intéressent à l'amélioration de l'apprentissage de la TE sont de cet avis. Smith (2010) mentionne que « One of the most promising theoretical foundation for evolution instruction is conceptual change theory » (p. 551). Une prochaine étape évidente vers le développement d'une expérience éducative améliorant la compréhension de la TE est donc d'identifier les conceptions erronées les plus dommageables, de décrire précisément les conceptions justes qui devraient les remplacer, et d'élaborer une tâche d'apprentissage cohérente pour déclencher le changement conceptuel nécessaire. Pour ce faire, connaître la mécanique du changement conceptuel s'avère important. En ce sens, Sinatra et Pintrich (2003) mettent de l'avant que les émotions vécues par les personnes apprenantes jouent un rôle important dans l'apprentissage et peuvent être déterminantes dans la probabilité d'un changement conceptuel.

Le rôle des émotions dans l'apprentissage est bien documenté, même quand l'apprentissage est soutenu par l'utilisation d'outils numériques (Lajoie *et al.*, 2020). Il est vrai que les technologies numériques ont le potentiel de mettre en action les personnes apprenantes par l'entremise de fonctionnalités pédagogiques; elles répondent donc aux prérequis des pédagogies actives, que ce soit de manière cognitive, affective ou psychomotrice. Dans le contexte d'une stratégie d'amélioration de l'apprentissage d'une théorie complexe, comme l'est la TE, les principes des pédagogies actives doivent être favorisés (Smith, 2010; Puaud, 2018). Geraedts et Boersma (2006) affirment même qu'une bonne stratégie pour engendrer le changement conceptuel dans le contexte de l'apprentissage de la TE serait une stratégie où la personne apprenante interagit avec le contenu.

La réalité virtuelle semble une technologie numérique prometteuse pour créer cette interaction entre la personne apprenante et le contenu. Grâce à la réalité virtuelle, celle-ci peut vivre une expérience immersive qui sollicite ses sens et qui lui permet de manipuler des objets ou des concepts, comme le temps ou une mutation génétique, auxquels elle n'aurait pas accès autrement. En plus de l'aspect multisensoriel, le sentiment de présence est une variable importante de l'expérience immersive et est défini par Bowman (1999) comme le moment où la personne utilisatrice imagine que le monde virtuel autour d'elle remplace le monde physique. Geslin (2013) précise que la présence est un « élément déterminant de la réussite d'une expérience de réalité virtuelle » (p.74). Selon Dede *et al.* (2000), l'apprentissage immersif par la réalité virtuelle peut amener les personnes apprenantes à construire une nouvelle compréhension d'un phénomène scientifique, qu'on souhaite être améliorée, en *étant ici* grâce à l'immersion et en vivant une expérience interactive avec le contenu. Ainsi, les principes des pédagogies actives sont compatibles avec l'apprentissage immersif, puisque la réalité virtuelle est une technologie qui permet la mise en action. Dans la perspective de susciter une compréhension fonctionnelle de la TE chez des personnes apprenantes du cégep, il semble qu'un dispositif immersif par réalité virtuelle qui tient compte de leurs émotions, du sentiment de présence et des principes des pédagogies actives pourrait améliorer l'apprentissage de la théorie. L'utilisation d'un tel dispositif serait une solution innovante dans le milieu de l'enseignement au collégial au problème de compréhension fragmentée de la TE.



L'apport de l'apprentissage immersif

Pour assurer la qualité de l'expérience éducative et son apport pour un meilleur apprentissage, exempt de conceptions erronées, le développement d'un dispositif d'apprentissage immersif doit se faire selon un ensemble de principes en accord avec la conception d'expériences éducatives immersives. Ces principes sont en quelque sorte le cadre pour l'élaboration du référentiel de développement du dispositif, dans la perspective d'une démarche de recherche-développement (Harvey et Loiselle, 2009; Bergeron *et al.*, 2021). Les travaux de synthèse des écrits scientifiques portant sur la conception d'artefacts immersifs par Jensen et Konradsen (2018), Lewis *et al.* (2021) et Wörner *et al.* (2022) constituent un corpus de références.

Le référentiel de développement doit aussi contenir des pistes provenant d'études antérieures qui testent des approches pédagogiques visant à améliorer l'apprentissage de la TE. Dans une démarche de recherche-développement, les forces et les faiblesses de ces stratégies doivent être mises en lumière (Bergeron *et al.*, 2021). À cet effet, les travaux de Smith (2010), de Gregory (2008, 2009) et de Gregory et Ellis (2009) constituent un corpus théorique de référence pour l'élaboration d'une stratégie d'amélioration de l'apprentissage de la TE qui tient compte des conceptions erronées et des obstacles scolaires, conceptuels et affectifs, et qui vise l'atteinte d'une compréhension fonctionnelle de cette théorie.

PRATIQUES PÉDAGOGIQUES POUR L'APPRENTISSAGE DE LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION

Afin de connaître le type d'intervention pédagogique mise en place en contexte réel pour favoriser un meilleur apprentissage de la TE, 33 études ayant eu lieu de 1975 à 2022 ont été répertoriées (voir le tableau en annexe). Pour l'instant, aucune étude en français et aucune étude québécoise n'ont été décelées dans cette exploration. Il est à noter, cependant, qu'il ne s'agit pas d'une revue systématique des écrits dans ce domaine et que de plus amples recherches dans les banques de données sont nécessaires pour continuer de broser un portrait des pratiques et interventions pédagogiques. L'exploration des écrits révèle tout de même deux grandes catégories d'interventions : celles mettant en œuvre une simulation de la théorie et celles mettant en œuvre un scénario pédagogique. Seulement deux études mettent à contribution des technologies immersives, soit les études de Cardoso *et al.* (2019) et de Henry (2019). Pour chacune d'elle, une simulation de l'évolution avec laquelle les personnes participantes peuvent interagir, selon le degré d'immersion, a été développée.

En ce qui concerne l'étude de Cardoso *et al.* (2019), elle présente un jeu de simulation d'évolution développé pour et testé par des élèves du secondaire. Les chercheurs se sont attardés à trois concepts essentiels de l'évolution, soit l'hérédité, la variation et la sélection. Appelé Sim-Evolution, ce jeu vise à améliorer la compréhension de la TE chez des élèves du secondaire, ainsi qu'à augmenter leur engagement dans l'apprentissage de cette théorie. Le jeu permet l'observation du mécanisme de sélection naturelle d'une population d'oiseaux dans des environnements différents. Il est intéressant de constater que très peu d'actions sont demandées aux élèves, et donc que ces personnes sont moins des joueuses et des joueurs que des observatrices et des observateurs. Le jeu a été testé auprès de 45 élèves de première secondaire. Un questionnaire prétest a permis de récolter des informations sur leurs connaissances antérieures à propos de l'évolution. Un questionnaire posttest a permis de mesurer leurs observations de l'environnement simulé, de qualifier leurs hypothèses sur le changement survenant dans



une population, de connaître leur degré d'accord sur certaines caractéristiques du jeu et de connaître leur opinion sur l'utilité du jeu et le besoin de connaissances antérieures sur la TE pour jouer. L'analyse des résultats présentée dans l'article permet difficilement de comprendre si la mise à l'essai du jeu atteint ou non les objectifs de recherche, bien que les auteurs concluent que « The results of our experimental evaluation suggest that Sim-Evolution can be an important auxiliary tool for helping teachers [...] » (Cardoso *et al.*, 2019, p. 7). Ce qui retient l'attention est l'absence de description du contexte de développement du jeu et la raison qui motive son développement. Cette recherche est un exemple de développement intuitif pour laquelle une posture épistémologique positiviste est opérationnalisée. Ce type de méthodologie a pour conséquence de limiter la production de connaissances à la légitimation de l'utilisation du produit développé et non à « comprendre en profondeur l'expérience d'utilisation et les améliorations possibles » (Bergeron et Rousseau, 2021, p. XXVII). Bien que cette étude soit un exemple concret de la mise en application d'une technologie de réalité virtuelle pour l'apprentissage de la TE, le devis de recherche ne s'attarde pas au vécu de la personne utilisatrice durant le jeu; il est donc difficile d'attester de la qualité de l'expérience immersive.

La deuxième étude est celle de Henry (2019), où une simulation par réalité augmentée a été développée puis testée auprès de 189 personnes étudiantes à l'université. Selon Harley *et al.* (2018), la réalité augmentée est l'ajout d'informations numériques à la réalité afin que ces informations soient pertinentes à l'activité où sont engagées les personnes apprenantes. C'est à l'aide d'une tablette numérique que celles-ci étaient amenées à interagir avec une simulation d'un environnement naturel. Les personnes participantes devaient capturer des proies et observer le changement induit par cette action dans la population. L'hypothèse de recherche est qu'une simulation en réalité augmentée est plus efficace pour réduire les conceptions erronées (quatre sont ciblées dans l'étude) de la sélection naturelle comparativement à une simulation numérique sans réalité augmentée ou virtuelle. Le devis quasi expérimental de cette étude est opérationnalisé par l'entremise de trois groupes expérimentaux, d'un prétest et d'un posttest. Le contenu du prétest et du posttest était le même, et questionnait les personnes participantes sur les quatre différentes conceptions erronées de la sélection naturelle. Les résultats de cette étude montrent que le nombre de conceptions erronées exprimées par les personnes participantes est plus élevé après la simulation qu'avant la simulation, ce qui infirme l'hypothèse formulée. Pour expliquer ce résultat, l'auteur de l'étude prétend que le contexte pédagogique dans lequel s'est déroulé la simulation est probablement similaire au contexte dans lequel les personnes apprenantes développent les fausses conceptions de l'évolution. De plus, la simulation ne faisait pas partie d'un scénario pédagogique incluant une leçon complémentaire sur les concepts de l'évolution, et donc l'utilisation d'une simulation virtuelle isolée, détachée d'autres activités d'apprentissage, ne semble pas suffisante pour modifier les conceptions erronées.

Ce qui retient l'attention dans cette étude est l'utilisation de la réalité augmentée pour simuler des événements naturels dans une population soumise au mécanisme de la sélection naturelle. C'est une technologie qui permet un niveau d'immersion moins élevé que ce qui est permis par la réalité virtuelle, mais qui néanmoins sollicite une perception et une manipulation d'objets. Henry (2019) utilise la théorie du changement conceptuel de Hewson et Hewson (1983) pour appuyer le potentiel d'amélioration de l'apprentissage du dispositif de réalité augmentée. Aussi, tout comme dans l'étude de Cardoso *et al.* (2019), la démarche de développement de la simulation n'est pas explicitée. Dans les deux cas, la mise en œuvre d'un devis quasi expérimental vise la démonstration de l'effet du dispositif sur l'apprentissage, mais ne considère pas l'expérience éducative vécue durant l'immersion. Pourtant, s'attarder à comprendre l'expérience de la personne utilisatrice durant l'immersion est primordial dans le développement d'activités d'apprentissage de réalité virtuelle, puisque la qualité de l'expérience éducative immersive est garantie.



d'une interaction entre le contenu pédagogique et la personne apprenante. Cette interaction est la pierre angulaire de l'apprentissage, et donc d'une possible amélioration de la compréhension des concepts à l'étude. Les devis méthodologiques et les résultats des études données en exemple indiquent que l'expérience de la personne utilisatrice a été écartée. Il est possible de croire que l'absence de données sur le sentiment de présence durant l'immersion, par exemple, ait mené au développement d'expériences immersives peu aptes à provoquer un changement conceptuel chez les personnes apprenantes.

PRINCIPES DE CONCEPTION D'UNE EXPÉRIENCE ÉDUCATIVE IMMERSIVE

En accord avec les résultats rapportés dans les deux études présentées plus haut, une mise en garde est formulée par Jensen et Konradsen (2018) à la suite d'une revue des écrits sur l'utilisation de casques de réalité virtuelle en contexte éducatif : l'utilisation des technologies immersives comme la réalité virtuelle ne mène pas nécessairement à un meilleur apprentissage. Dans ce contexte, il est nécessaire d'identifier les conditions gagnantes pour y arriver, étant donné que l'immersion est un outil au potentiel bien établi en éducation. Quelques autrices et auteurs proposent des conditions gagnantes, formulées à partir des résultats de revues systématiques d'écrits portant sur l'apprentissage immersif en contexte éducatif. Le tableau 1 présente une synthèse d'éléments positifs et négatifs à considérer lors de la conception pour maximiser la qualité de l'expérience éducative immersive et tendre vers un meilleur apprentissage grâce à l'immersion. Les éléments peuvent être un avantage ou une limite de l'immersion, ainsi qu'une considération particulière augmentant ou atténuant la qualité de l'expérience.

Tableau 1

Synthèse des éléments à considérer pour la conception d'une expérience éducative immersive

Éléments positifs	Éléments négatifs
<ul style="list-style-type: none">• Augmentation désirée du sentiment de présence (Jensen et Konradsen, 2018)• Augmentation désirée du réalisme (Jensen et Konradsen, 2018)• Augmentation désirée du degré d'immersion (Jensen et Konradsen, 2018)• Importance du design pédagogique de l'expérience immersive (Jensen et Konradsen, 2018)• Manipulation d'objets dans des contextes dangereux ou rares possible (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Visite d'endroits inaccessibles dans le temps et l'espace possible (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Amélioration de la compréhension de phénomènes abstraits et complexes (Lewis <i>et al.</i>, 2021)	<ul style="list-style-type: none">• Personnes anxieuses ressentant un moins grand sentiment de présence durant l'immersion (Jensen et Konradsen, 2018)• Confusion possible quand présentations très réalistes d'environnements complexes (Jensen et Konradsen, 2018)• Distraction durant l'immersion possible (Jensen et Konradsen, 2018 ; Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Surcharge cognitive possible durant l'immersion (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Traumatismes physiologiques possibles durant l'immersion (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Mise en application de l'immersion peu adéquate est possible (Lewis <i>et al.</i>, 2021)



Éléments positifs	Éléments négatifs
<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de l'acuité spatiale, de la création et du processus métacognitif (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Stimulation sensorielle proche de la réalité (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Communication à distance en temps réel avec un·e expert·e possible (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Facilitation de la collaboration entre les apprenant·es et avec l'enseignant·e (Lewis <i>et al.</i>, 2021)• Combinaison désirée d'une expérience d'apprentissage immersive avec un apprentissage hors immersion (Wörner <i>et al.</i>, 2022)• Activation désirée des connaissances antérieures des apprenant·es avant l'expérience immersive (Wörner <i>et al.</i>, 2022)• Rôle clef de l'enseignant·e comme guide dans la séquence de tâches d'apprentissage dans et hors immersion (Wörner <i>et al.</i>, 2022)	<ul style="list-style-type: none">• Symptômes de cybermalaise possibles (Lewis <i>et al.</i>, 2021)

Note. © Auteurs

Deux éléments positifs à considérer dans la conception d'une expérience éducative immersive de qualité qui semblent incontournables dans le contexte de l'apprentissage de la TE sont le potentiel de l'immersion pour l'amélioration de la compréhension de phénomènes abstraits et complexes (Lewis *et al.*, 2021) ainsi que l'importance de la qualité du design pédagogique (Jensen et Konradsen, 2018). En ce sens, Mikropoulos et Natsis (2011) rappellent que le design d'activités d'apprentissage de qualité est important pour garantir le succès de l'apprentissage. Il est donc primordial, lors de la planification d'une expérience éducative immersive, de considérer les objectifs d'apprentissage visés, ainsi que d'évaluer la plus-value potentielle de l'immersion.

Hypothèse et recherche-développement

À la lumière des constats concernant les obstacles à la compréhension de la TE, du potentiel de l'apprentissage actif, du changement conceptuel comme moteurs de remplacement des conceptions erronées et des recommandations quant à la conception d'une expérience éducative immersive de qualité, il est possible de croire que l'apprentissage immersif est une piste de solution prometteuse pour améliorer l'apprentissage de la TE, ou toute théorie se heurtant à des conceptions erronées de nature similaire.



L'idée que le développement d'une expérience éducative immersive et son implantation en contexte d'enseignement au collégial améliore la compréhension de la TE constitue donc l'hypothèse de travail qui soutient le projet de recherche en cours. Celui-ci s'articule autour d'une visée de développement d'une expérience immersive pour améliorer la compréhension de la TE au cégep et profite des objectifs du présent article. De manière assez éloquente au regard de la notion théorique pour lequel l'effort de développement du projet de recherche veut contribuer, Hoffman et Holzhter (2012) disent que « innovation resembles mutation, the biological process that keeps species evolving so they can better compete for survival » (p. 3). Souvent qualifiée de pédagogique, une innovation peut être vue comme un instrument de changement positif (Serdyukov, 2017) ainsi qu'une nouveauté utile dans un milieu d'enseignement. Pour que cette nouveauté soit utile, elle doit être pensée dans une démarche cohérente qui fait intervenir les personnes utilisatrices et être au service de l'apprentissage. La méthodologie de recherche-développement est tout indiquée pour fournir cette démarche, puisqu'elle prévoit une collaboration étroite entre les chercheuses, les chercheurs, les actrices et les acteurs du milieu, en plus de planifier des allers-retours entre les différentes phases de la démarche, permettant ainsi une grande flexibilité du devis de recherche. La recherche-développement est toujours menée par le besoin de solutionner un problème dans le milieu de pratique et vise à améliorer les actions des actrices et des acteurs de ce milieu, ce qui lui confère son caractère pragmatique (Lenoir, 2018).

Étant donné la double finalité propre à la recherche-développement, soit de « développer un produit utilisable dans la pratique [et de] générer, par un processus de recherche, de nouvelles connaissances grâce à cette expérience » (Bergeron et Rousseau, 2021, avant-propos), la contribution à la science est double : sur le plan pratique, soit celui de l'expérience de développement de l'outil, et sur le plan scientifique, soit celui de la recherche (Bruyère et Lapierre, 2021). Dans le cadre du projet en cours visant à développer une expérience éducative immersive pour améliorer l'apprentissage de la TE, les résultats attendus sur le plan pratique prendront la forme de principes de conception d'un dispositif d'apprentissage immersif utilisant une technologie de réalité virtuelle. Ces principes pourraient inclure des recommandations pour de futurs projets de développement dans des contextes différents de celui de l'enseignement collégial. Cela est cohérent avec le principe de transférabilité des résultats produits dans le cadre d'un projet qui respecte les critères de scientificité de la recherche (Loiselle, 2001). De plus, les résultats pratiques pourraient prendre la forme d'une description de l'expérience de développement dans le contexte d'une recherche-développement avec des actrices et des acteurs du milieu collégial. Sur le plan scientifique, les résultats obtenus pourraient permettre de mieux comprendre l'expérience d'apprentissage durant une expérience immersive par réalité virtuelle. Ce projet veut donc contribuer à l'avancement des connaissances sur l'utilisation des nouvelles technologies numériques éducatives. Ces résultats permettront de mieux comprendre l'enseignement supporté par la réalité virtuelle, notamment l'apprentissage de théories scientifiques difficiles.

Conclusion

Un des objectifs de cet article était de mieux comprendre les enjeux de l'apprentissage de la théorie de l'évolution (TE). Les écrits à ce sujet sont explicites : l'évolution des espèces vivantes est une théorie difficile à comprendre à tous les niveaux d'enseignement, mais particulièrement pour les personnes apprenantes adultes. Les obstacles à sa compréhension sont nombreux et donnent lieu à des conceptions erronées, comme la croyance que la TE explique l'apparition de la vie sur Terre. Les écrits sur le sujet mènent à croire que des stratégies d'enseignement basées sur les principes de l'apprentissage actif et du changement conceptuel sont prometteuses pour améliorer l'apprentissage de la TE. Quand les personnes



apprenantes sont confrontées à leurs fausses conceptions, quand elles expérimentent le phénomène et quand elles sont au cœur de l'action, des conditions gagnantes sont réunies pour créer de nouvelles conceptions plus justes.

Cet article avait aussi comme objectif d'explorer l'apprentissage immersif comme levier pour améliorer l'apprentissage de théories difficiles. L'apport de l'apprentissage immersif dans ce contexte semble contribuer à une solution concrète au problème de compréhension de la TE si certains principes de conception d'une expérience éducative immersive sont respectés, entre autres, planifier un design pédagogique approprié de l'expérience immersive en continuité avec des tâches d'apprentissage hors immersion et induire un grand sentiment de présence durant l'immersion.

Le projet en cours veut contribuer à développer un cadre pédagogique commun pour enseigner la théorie de l'évolution par l'entremise des pédagogies actives et immersives. En ce sens, il contribue à l'avancement des connaissances en enseignement collégial en sciences, connaissances transférables à d'autres disciplines où des notions complexes et multidisciplinaires sont à l'étude. Ce projet contribuera également à documenter les fondements de l'apprentissage immersif, méthode active prometteuse pour améliorer l'apprentissage à l'aide de technologies numériques, puisqu'il n'en est qu'à ses débuts au Québec.

Liste de références

- Aikenhead, G.S., et Jegede, O.J. (1999). Cross-cultural science education: A cognitive explanation of a cultural phenomenon. *Journal of Research in Science Teaching*, 36: 269-287.
- Alters, B. J. et Nelson, C. E. (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901.
- Andersson, B., et Wallin, A. (2006). On developing content-oriented theories taking biological evolution as an example. *International Journal of Science Education*, 28(6), 673-695.
- Asterhan, C. S., et Schwarz, B. B. (2007). The effects of monological and dialogical argumentation on concept learning in evolutionary theory. *Journal of educational psychology*, 99(3), 626.
- Banet, E., et Ayuso, G. E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, 25(3), 373-407.
- Bates, A. T. (2022). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning*. 3^e édition. <https://pressbooks.bccampus.ca/teachinginadigitalagev3m/>
- Bergeron, L. et Rousseau, N. (2021). Avant-propos. Dans L. Bergeron et N. Rousseau (dir.), *La recherche-développement en contextes éducatifs. Une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques* (p. XXV-XXX). Presses de l'Université du Québec.
- Bergeron, L., Rousseau, N. et Dumont, M. (2021). Une opérationnalisation de la recherche-développement menée en contextes éducatifs. Dans L. Bergeron et N. Rousseau (dir.), *La recherche-développement en contextes éducatifs. Une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques* (p. 25-43). Presses de l'Université du Québec.
- Bishop, B. A. et Anderson, C. W. (1986). *Student Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution*, Research Series No. 165. Rapport de recherche. Michigan State University. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED269254.pdf>
- Blackwell, W. H., Powell, M. J. et Dukes, G. H. (2003). The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*, 37(2), 58-67.
- Bowman, D. A. (1999). Interaction techniques for common tasks in immersive virtual environments. *Georgia Institute of Technology*.



- Browning, E. et Hohenstein, J. (2015). The use of narrative to promote primary school children's understanding of evolution. *Education 3-13*, 43(5), 530-547. <https://doi.org/10.1080/03004279.2013.837943>
- Bruyère, M.-H. et Lapierre, H.G. (2021). La recherche-développement en éducation à la petite enfance. Dans J. Lehrer, N. Bigras, A. Charron, et I. Laurin, (dir.). *La recherche en éducation à la petite enfance : origines, méthodes et applications*. Presse de l'Université du Québec, p. 589-614.
- Catley, K. M. (2006). Darwin's missing link—a novel paradigm for evolution education. *Science Education*, 90(5), 767-783.
- Catley, K. M. et Novick, L. R. (2009). Digging deep: Exploring college students' knowledge of macroevolutionary time. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(3), 311-332.
- Catley, K. M., Novick, L. R. et Shade, C. K. (2010). Interpreting evolutionary diagrams: when topology and process conflict. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 861-882.
- Cardoso, J., Caetano, D., Abreu, R., Quadros, J., dos Santos, J., Ogasawara, E. et Lignani, L. (2019). Supporting the Learning of Evolution Theory Using an Educational Simulator. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(2), 417-424. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2911613>
- Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D., et Friedrichsen, P. (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of research in science teaching*, 42(6), 613-637.
- Darussyamsu, R., Fadilah, M. et Putri, D. (2018). *Emotional and Spiritual Quotient Approach Improve Biology Education Students' Acceptance of Evolution Theory*. Communication présentée au IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/2F335/2F1/2F012090>
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection Or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. International Book Company.
- Dede, C., Salzman, M., Loftin, R. B. et Ash, K. (2000). The design of immersive virtual learning environments: Fostering deep understandings of complex scientific knowledge. Dans M. J. Jacobson et R. B. Kozma (dir.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs, for technologies of learning* (p. 361-413). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Emmons, N., Smith, H. et Kelemen, D. (2016). Changing minds with the story of adaptation: Strategies for teaching young children about natural selection. *Early Education and Development*, 27(8), 1205-1221. <https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1169823>
- Engel Clough, E. et Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19(2), 125-130.
- Eterovic, A. et Santos, C. M. D. (2013). Teaching the role of mutation in evolution by means of a board game. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 22.
- Geraedts, C. L. et Boersma, K. T. (2006). Reinventing natural selection. *International Journal of Science Education*, 28(8), 843-870.
- Geslin, E. (2013). *Processus d'induction d'émotions dans les environnements virtuels et le jeu vidéo*. Thèse de doctorat. École nationale supérieure d'arts et métiers.
- Gibson, A. K., Drown, D. M. et Lively, C. M. (2015). The Red Queen's Race: An Experimental Card Game to Teach Coevolution. *Evolution: Education and Outreach*, 8(1), 10.
- Gregory, T. R. (2008). Evolution as fact, theory, and path. *Evolution: Education and Outreach*, 1(1), 46.
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156.
- Gregory, T. R. et Ellis, C. A. (2009). Conceptions of evolution among science graduate students. *BioScience*, 59(9), 792-799.
- Griffith, J. A. et Brem, S. K. (2004). Teaching evolutionary biology: Pressures, stress, and coping. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(8), 791-809.



- Harley, J. M., Lajoie, S. P., Tressel, T. et Jarrell, A. (2018). Fostering positive emotions and history knowledge with location-based augmented reality and tour-guide prompts. *Learning and Instruction*, 101163.
- Harvey, S. et Loiselle, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche-développement. *Recherches qualitatives*, 28(2), 95-117.
- Henry, M. H. (2019). *Exploring the Efficacy of Using Augmented Reality to Alleviate Common Misconceptions about Natural Selection*. Thèse de doctorat. Arizona State University.
- Hewson, M. G. et Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731-743.
- Hoffman, A. et Holzhuter, J. (2012). *The evolution of higher education: innovation as natura selection*, Dans A. Hoffman et S. Spangehl (dir.), *Innovation in Higher Education: Igniting the Spark for Success*, American Council on Education, Rowman & Littlefield Publishers Inc. Lanham, MD, pp. 3-15.
- Holt, E. A., Ogden, T. H. et Durham, S. L. (2018). The positive effect of role models in evolution instruction. *Evolution: Education and Outreach*, 11(1), 11.
- Jensen, M. S., et Finley, F. N. (1997). Teaching evolution using a historically rich curriculum & paired problem solving instructional strategy. *The American Biology Teacher*, 208-212.
- Jensen, L. et Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education & Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Kampourakis, K., et Zogza, V. (2009). Preliminary evolutionary explanations: A basic framework for conceptual change and explanatory coherence in evolution. *Science & Education*, 18(10), 1313-1340.
- Kelemen, D. (1999). The scope of teleological thinking in preschool children. *Cognition*, 70(3), 241-272.
- Kelemen, D., Emmons, N. A., Seston Schillaci, R. et Ganea, P. A. (2014). Young children can be taught basic natural selection using a picture-storybook intervention. *Psychological science*, 25(4), 893-902.
- Khourey-Bowers, C. (2006). Structured academic controversy: A peaceful approach to controversial issues. *The American Biology Teacher*, 68(5).
- Lajoie, S. P., Pekrun, R., Azevedo, R. et Leighton, J. P. (2020). Understanding and measuring emotions in technology-rich learning environments. *Learning and Instruction*, 70, 101272.
- Legare, C. H., Opfer, J. E., Busch, J. T. et Shtulman, A. (2018). A field guide for teaching evolution in the social sciences. *Evolution and Human Behavior*, 39(3), 257-268.
- Lenoir, Y. (2018). *Guide d'accompagnement à la recherche. Un outil de réflexion sur les termes et expressions liés à la recherche scientifique*, 2^e éd. revue et augmentée. Québec, cursus universitaire.
- Lewis, F., Plante, P., & Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : une revue de littérature. *Médiations Et médiatisations*, (5), 11-27. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
- Loiselle, J. (2001). La recherche-développement en éducation : sa nature et ses caractéristiques. Dans M. Anadon (dir.), *Nouvelles dynamiques de recherche en éducation* (p. 77-97). Les Presses de l'Université Laval.
- Matthews, D. (2001). Effect of a curriculum containing creation stories on attitudes about evolution. *The American Biology Teacher*, 404-409.
- Mikropoulos, T. A., et Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.
- Moore, R., Mitchell, G., Bally, R., Inglis, M., Day, J., & Jacobs, D. (2002). Undergraduates' understanding of evolution: ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biological Education*, 36(2), 65-71.
- Nadelson, L., Culp, R., Bunn, S., Burkhart, R., Shetlar, R., Nixon, K., et Waldron, J. (2009). Teaching evolution concepts to early elementary school students. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 458-473.
- Nehm, R. H. et Schonfeld, I. S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 699-723.



- Nelson, C. E. (2008). Teaching evolution (and all of biology) more effectively: strategies for engagement, critical reasoning, and confronting misconceptions. *American Zoologist*, 48(2), 213-225.
- Nieswandt, M., et Bellomo, K. (2009). Written extended-response questions as classroom assessment tools for meaningful understanding of evolutionary theory. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(3), 333-356.
- Passmore, C. et Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(3), 185-204.
- Pnaud, M. (2018). Pédagogies actives : mode d'emploi.
- Pugh, K. J. (2002). Teaching for transformative experiences in science: An investigation of the effectiveness of two instructional elements. *Teachers College Record*, 104(6), 1101-1137.
- Pugh, K. J., Linnenbrink-Garcia, L., Koskey, K. L., Stewart, V. C., et Manzey, C. (2010). Teaching for transformative experiences and conceptual change: A case study and evaluation of a high school biology teacher's experience. *Cognition and Instruction*, 28(3), 273-316.
- Prastiwi, M., Kartowagiran, B., Susantini, E. (2020). Assessing using technology: Is electronic portfolio effective to assess the scientific literacy on evolution theory. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(12), 230-243.
- Prinou, L., Halkia, L. et Skordoulis, C. (2011). The inability of primary school to introduce children to the theory of biological evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4(2), 275-285.
- Roseman, J. E., Stern, L., Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(1), 47-70.
- Rosengren, K.S., Brem, S.K., Evans, E.M. et Sinatra, G.M. (2012). *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*. Oxford University Press.
- Rudolph, J. L., et Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 35(10), 1069-1089.
- Sánchez Tapia, I., Krajcik, J. et Reiser, B. (2018). "We do not know what is the real story anymore": Curricular contextualization principles that support indigenous students in understanding natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(3), 348-376.
- Scharmann, L. C. (2005). A proactive strategy for teaching evolution. *The American Biology Teacher*, 67(1), 12-16.
- Serdyukov, P. (2017). Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it? *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 10(1), 4-33.
- Shtulman, A. et Calabi, P. (2012). Cognitive constraints on the understanding and acceptance of evolution. Dans K.S. Rosengren, S.K. Brem, E.M. Evans, et G.M. Sinatra (dir.) *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*. Cambridge, UK: Oxford University Press, 47-65.
- Shtulman, A. et Walker, C. (2020). Developing an Understanding of Science. *Annual Review of Developmental Psychology*, 2, 111-132.
- Siani, M., Stahi-Hitin, R., et Yarden, A. (2022). Student opposition to learning evolution and How teachers deal with this following a teacher training course. *Journal of Science Teacher Education*, 1-22.
- Sinatra, G. M. et Pintrich, P.R. (2003). *Intentional conceptual change*. Routledge.
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., et Evans, E. M. (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and outreach*, 1(2), 189-195.
- Smith, M. U. (2010). Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical issues. *Science & Education*, 19(6), 539-571.



- Smith, M. U., et Scharmann, L. (2008). A multi-year program developing an explicit reflective pedagogy for teaching pre-service teachers the nature of science by ostention. *Science & Education*, 17(2), 219-248.
- Smith, M. U., et Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science education*, 83(4), 493-509.
- Stebbins, R. C. et Allen, B. (1975). Simulating evolution. *The American Biology Teacher*, 37(4), 206-211.
- Stern, L. et Roseman, J. E. (2004). Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from Project 2061's curriculum evaluation study: Life science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(6), 538-568.
- Strike, K. A. et Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, 176.
- Thouin, M. (2020). La didactique : essentielle, mais menacée. *Didactique*, 1(1), 61-86.
- Wörner, S., Kuhn, J., et Scheiter, K. (2022). The best of two worlds: a systematic review on combining real and virtual experiments in science education. *Review of Educational Research*, 92(6), 911-952.



Annexe

Études qui décrivent et testent une intervention pour l'apprentissage de la théorie de l'évolution, par année de publication

Auteur(s) (année)	Approche pédagogique	Concept de l'évolution utilisé (quand mentionné)	Niveau d'enseignement, taille de l'échantillon
Siani <i>et al.</i> (2022)	Cours spécialisé pour les enseignants	s. o.	s. o.
Prastiwi <i>et al.</i> (2020)	Portfolio électronique	s. o.	Universitaire, N= 135
Cardoso <i>et al.</i> (2019)	Jeu simulateur d'évolution (Sim-Evolution)	Variation, hérédité, sélection	Secondaire (14-17), N = 45
Henry (2019)	Simulation en réalité augmentée	Proie-prédation	Universitaire, premier cycle, N = 189
Holt <i>et al.</i> (2018)	Modèle de l'instructeur (<i>role models</i>)	Évolution contre croyances religieuses	Universitaire
Browning et Hohenstein (2015)	L'histoire narrative	Évolution en général	Primaire (5-8 ans)
Gibson <i>et al.</i> (2015)	Jeu de table	s. o.	s. o.
Kelemen <i>et al.</i> (2014)	L'histoire narrative	Adaptation	Primaire (5-8 ans)
Eterovic et Santos (2013)	Jeu de table	Génétique	Universitaire, premier cycle
Kampourakis et Zogza (2009)	Cours magistraux et discussions dans une perspective constructiviste / confrontations des idées antérieures et des conceptions erronées	s. o.	Secondaire, N = 98
Nadelson <i>et al.</i> (2009)	Tutoriels en ligne	s. o.	Universitaire
Nieswandt et Bellomo (2009)	Analyse de cas	s. o.	s. o.
Pugh <i>et al.</i> (2010)	Expérience transformative basée sur l'affect	s. o.	s. o.
Nelson (2008)	Raisonnement critique	s. o.	s. o.



Auteur(s) (année)	Approche pédagogique	Concept de l'évolution utilisé (quand mentionné)	Niveau d'enseignement, taille de l'échantillon
Smith et Scharmann (2008)	L'évolution comme un outil intellectuel unique ou la résolution d'un type de problème spécifique	s. o.	s. o.
Asterhan et Schwarz (2007)	Intervention de deux heures, discussion collaborative et argumentaire	s. o.	Universitaire
Nehm et Schonfeld (2007)	Cours basé sur l'historique, raisonnement, apprentissage collaboratif, carte conceptuelle, visite d'un musée d'histoire naturelle, cours magistraux, lectures, vidéos	s. o.	Futur personnel enseignant de biologie
Andersson et Wallin (2006)	L'évolution comme un outil intellectuel unique ou la résolution d'un type de problème spécifique	s. o.	s. o.
Catley (2006)	L'évolution comme un outil intellectuel unique ou la résolution d'un type de problème spécifique	s. o.	s. o.
Geraedts et Boersma (2006)	Approche par problème guidé (<i>problem-posing approach</i>)	Évolution en général	Secondaire (15-16 ans)
Khourey-Bowers (2006)	Controverse structurée	s. o.	s. o.
Crawford <i>et al.</i> (2005)	<i>Software Galapagos finches</i>	s. o.	Universitaire, N = 21
Scharmann (2005)	L'évolution comme un outil intellectuel unique ou la résolution d'un type de problème spécifique	s. o.	s. o.
Banet et Ayso (2003)	Résolution de problème basée sur le changement conceptuel	s. o.	Secondaire
Alters et Nelson (2002)	Cours riches sur le plan historique	s. o.	s. o.
Passmore et Stewart (2002)	Étude de cas	s. o.	Secondaire
Pugh (2002)	Expérience transformative basée sur l'affect	s. o.	Secondaire



Auteur(s) (année)	Approche pédagogique	Concept de l'évolution utilisé (quand mentionné)	Niveau d'enseignement, taille de l'échantillon
Matthews (2001)	Cours de 4 semaines	s. o.	Secondaire
Aikenhead et Jegede (1999)	Aider les élèves à franchir la frontière entre la vie quotidienne et les valeurs personnelles qui opposent l'évolution à la culture scolaire des conceptions scientifiques	s. o.	s. o.
Smith et Scharmann (1999)	Élève peut choisir son opinion	s. o.	s. o.
Rudolph et Stewart (1998)	L'évolution comme un outil intellectuel unique ou la résolution d'un type de problème spécifique	s. o.	s. o.
Jensen et Finlay (1997)	Cours riches sur le plan historique	s. o.	s. o.
Stebbins et Allen (1975)	Jeu de table	s. o.	s. o.

Note. Le code « s. o. » indique que l'information n'était pas précisée dans l'étude.

Tour 360 et jeu d'évasion : réalité virtuelle dans Moodle

360 Tour and Escape Game: Virtual reality in Moodle

Tour 360 y Escape Game: Realidad virtual en Moodle

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.353>

Nathalie Angers, enseignante et spécialiste pédagonumérique
Service national du RÉCIT de la Formation à distance, Canada
nathalie.angers@recit.qc.ca

Étienne Roy, conseiller pédagogique
Service national du RÉCIT de la Formation à distance, Canada
etienne.roy@recit.qc.ca

Dominic Gagné, conseiller pédagogique
Service national du RÉCIT de la Formation à distance, Canada
dominic.gagne@recit.qc.ca

RÉSUMÉ

Le RÉCITFAD développe des plugiciels pour Moodle, dont deux qui ont le potentiel d'intégrer des activités immersives : Tour 360 et Jeu d'évasion. Le plugiciel Tour 360 facilite la création d'activités immersives qui permettent à la personne apprenante de visiter virtuellement des environnements. À l'aide d'un casque de RV ou d'un support traditionnel, elle navigue d'une image ou d'une vidéo à l'autre pour y trouver des informations et des éléments interactifs. Le plugiciel Jeu d'évasion permet de proposer des défis de différentes natures et de niveaux de difficulté variés qui concordent avec les intentions pédagogiques de la personne enseignante. En plus de présenter ces deux plugiciels, cet article traite de la pertinence de créer des activités immersives en FAD et relève quelques exemples.

Mots-clés : plugiciels Moodle, activités immersives, réalité virtuelle, ludification, ludicisation, engagement des apprenants, jeux d'évasion, jeux sérieux, RÉCIT



ABSTRACT

RÉCITFAD develops plug-ins for Moodle, including two that have the potential to integrate immersive activities: Tour 360 and Escape Game. The Tour 360 facilitates the creation of immersive activities that allow the learner to visit environments virtually. Using a VR headset or traditional media, they navigate from one image or video to another to find information and interactive elements. The "Escape Game" plug-in allows for challenges of various types and levels of difficulty that match the teacher's educational intentions. In addition to presenting these two plug-ins, this article will demonstrate the relevance of creating immersive activities in FAD and present a few examples.

Keywords: Moodle plug-ins, immersive activities, virtual reality, gamification, ludicization, learner engagement, escape games, serious games, RÉCIT

RESUMEN

RÉCITFAD ha desarrollado complementos para Moodle, dos de los cuales tienen el potencial de integrar actividades inmersivas: "Tour 360" y "Juego de escapismo". "Tour 360" facilita la creación de actividades inmersivas que permiten al alumno visitar virtualmente entornos. Utilizando un casco de RV o medios tradicionales, se navega de una imagen o vídeo a otro para encontrar información y elementos interactivos. Por otro lado, el plugin "Juego de escapismo" ("Escape Game") permite plantear retos de diversos tipos y niveles de dificultad que se ajusten a las intenciones educativas del profesor. Además de presentar estos dos complementos, este artículo analiza la pertinencia de crear actividades inmersivas en la educación a distancia y destaca algunos ejemplos.

Palabras clave: complementos Moodle, actividades inmersivas, realidad virtual, ludificación, aprendizaje lúdico, participación de los estudiantes, juegos de escapismo, juegos serios, RÉCIT

Introduction

Dans les dernières années, le Service national du RÉCIT de la Formation à distance (RÉCITFAD) a rencontré des intervenants et intervenantes au primaire et au secondaire qui utilisent l'environnement numérique d'apprentissage (ENA) Moodle. Le RÉCITFAD les a écoutés s'exprimer sur leurs besoins. Comment améliorer l'expérience de l'élève et du personnel enseignant et pédagogique? Comment susciter davantage de motivation et d'engagement chez l'apprenant ou l'apprenante? Les besoins énoncés nous orientaient vers la création d'activités immersives dans Moodle. Depuis janvier 2022, le RÉCITFAD s'intéresse aux environnements immersifs en formation à distance. Deux plugiciels pour Moodle sont en développement et s'ajouteront à la collection RÉCITFAD : le Tour 360 et le Jeu d'évasion.

Dans cet article sera d'abord présenté le RÉCIT, une organisation au service du personnel enseignant au Québec. Sera discutée ensuite la pertinence de créer des activités immersives pour Moodle pour en venir, enfin, aux plugiciels Tour 360 et Jeu d'évasion développés par le RÉCITFAD.



Le RÉCIT en quelques mots

Le RÉCIT est un réseau axé sur le développement des compétences des élèves par l'intégration des technologies. C'est principalement par la formation, le soutien et l'accompagnement du personnel enseignant que le RÉCIT réalise son mandat, tout en développant une culture de réseau et de partage. Il regroupe plus de 270 personnes-ressources réparties dans :

- 71 services locaux à la formation générale des jeunes;
- 19 services régionaux à la formation générale des adultes;
- 15 services nationaux qui assurent un soutien particulier :
 - en lien avec les domaines d'apprentissage du Programme de formation de l'école québécoise;
 - pour une clientèle scolaire ciblée (adaptation scolaire, éducation préscolaire, formation générale des adultes, formation professionnelle, services à la communauté anglophone, formation à distance, etc.).

Le RÉCIT est soutenu financièrement par le ministère de l'Éducation du Québec. Les centres de services scolaires assurent la gestion de ses personnes-ressources et déterminent les priorités d'action (la Fédération des établissements d'enseignement privés est responsable du service pour le secteur privé). Le RÉCIT est porté par cinq valeurs : réseau, éducation, collaboration, innovation et technologie.

Mise en contexte

En 2018, le RÉCITFAD a été créé pour faire suite au Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur (Ministère de l'Éducation, 2018). Son mandat est de soutenir les initiatives en formation à distance (FAD), dont, surtout, la conception de cours asynchrones. Ainsi ont été conçus des contenus d'apprentissage autoportants pour les programmes d'études visés par la sanction (cours préalables à l'obtention du diplôme d'études secondaires) :

- Anglais, langue seconde, 5^e secondaire;
- Arts plastiques, 4^e secondaire;
- Français, 5^e secondaire;
- Histoire du Québec et du Canada, 4^e secondaire;
- Mathématique séquence sciences naturelles, 4^e secondaire;
- Science et technologie, 4^e secondaire.

Ces contenus autoportants, cohérents avec la réalité de l'école québécoise, sont hébergés dans un ENA. Moodle a été choisi d'emblée parce qu'il permet une rétroaction personnalisée et automatisée et un suivi précis des apprentissages. Cependant, il peut paraître exigeant de se l'approprier et de l'utiliser.



Le RÉCITFAD a donc réfléchi à des solutions innovantes : des plugiciels (extensions ou *plug-ins*) pour Moodle. Il les a programmés, évalués et déployés. Chacun répond à des besoins exprimés par des concepteurs et conceptrices de cours, du personnel enseignant, des apprenants et apprenantes ou des gestionnaires. Au printemps 2023, on compte 28 plugiciels développés par le RÉCITFAD pour optimiser Moodle. Certains sont accessibles dans l'espace officiel de téléchargement de Moodle, mais la totalité se trouve sur l'espace GitHub du RÉCITFAD¹.

Par exemple, le Cahier des traces permet à l'apprenant ou à l'apprenante de consigner des notes que la personne enseignante pourra consulter et commenter. L'Apprentimètre regroupe des données facilitant le suivi des apprenants, tandis que l'éditeur HTML Bootstrap permet de présenter les contenus d'un cours Moodle avec plus de flexibilité, une ergonomie améliorée et un visuel attrayant.

La réflexion du RÉCITFAD s'étant posée sur les environnements immersifs en FAD, deux nouveaux plugiciels pour Moodle sont en développement : le Tour 360 et le Jeu d'évasion.

Pourquoi créer un environnement immersif en FAD?

Développer un plugiciel à intégrer à l'ENA Moodle implique un investissement important, qui plus est lorsqu'il s'agit d'une technologie aussi complexe que la réalité virtuelle. La décision doit être fondée. Cette technologie offrira-t-elle un gain pédagogique? Est-ce une réponse à un besoin?

La réalité virtuelle et sa pertinence pédagogique

Définissons d'abord le concept de réalité virtuelle (RV). Il s'agit d'un environnement virtuel dans lequel une personne utilisatrice est immergée et avec lequel elle interagit. Celui-ci est généré à partir de contenus réels (photos et vidéos 360°), de contenus de synthèse 3D ou d'un mélange des deux. On y accède par un casque de réalité virtuelle ou un support traditionnel (ordinateur, téléphone intelligent ou tablette). Souvent, la personne utilisatrice est associée à un avatar ou à une image d'elle-même enrichie par des éléments virtuels ou réels (Cahagne et Fuzet, 2022, p. 12).

La RV permet d'enseigner d'une façon différente : elle donne la sensation d'apprendre par une expérience virtuelle. Les situations ainsi vécues seraient difficilement applicables en classe ou y seraient moins réalistes. Elle place l'humain au centre de ses apprentissages, lui offrant des repères sensoriels qui accroissent sa motivation, son engagement, la rétention d'information, voire son sentiment d'empathie. Les expériences émotives qu'elle procure sont l'occasion d'un apprentissage réflexif. Plusieurs études, dont celle de Tilhou *et al.* (2020), affirment que les jeunes qui expérimentent la RV en classe sont plus motivés et intéressés par de nouvelles thématiques, font preuve de plus de curiosité et réalisent davantage de projets. Le développement des habiletés psychomotrices chez la personne apprenante est aussi favorisé (Forget, 2015). En outre, ces activités rendent possible l'acquisition de données sur l'apprenant ou l'apprenante (Boudreau, 2018). Bien sûr, la technologie doit toujours servir l'intention pédagogique et non le contraire.

¹ <https://ena.recitfad.com/>



Il y a lieu de s'interroger sur la pertinence de telles technologies en éducation. Représentent-elles une tendance? Un incontournable? Un besoin réel? Le désir d'ajouter un effet « wow »? Le RÉCITFAD considère que toute activité immersive en contexte d'apprentissage doit répondre à des questions telles que : quelles sont les visées de l'activité dans le contexte? Cette immersion aura-t-elle des apports dans le processus d'apprentissage? L'activité cadre-t-elle vraiment avec les intentions pédagogiques et les intentions d'apprentissage? Si le but se résume à un effet « wow », nous faisons fausse route.

Le RÉCITFAD s'est appuyé sur le fait que les activités immersives favorisent l'ancrage de l'information chez les personnes apprenantes en les mettant en action au cœur de situations et d'environnements d'apprentissage réalistes. Ces activités touchent au domaine des émotions (Cahagne et Fuzet, 2022). À cet égard, des études, dont celle de Denervaud *et al.* (2017), stipulent que les processus cognitifs (tels que la mémoire et l'attention, des bases pour les apprentissages) sont influencés par les émotions (positives ou négatives). Les activités immersives procurant généralement des émotions positives aux utilisateurs et utilisatrices, elles sont susceptibles de favoriser les apprentissages.

La ludification et la ludicisation

La RV étant généralement associée aux jeux vidéo, elle peut faire intervenir la ludification et la ludicisation. La ludification semble une avenue intéressante pour éveiller la motivation et l'engagement des personnes apprenantes; toutefois, elle est surtout axée sur les mécanismes de récompense (*game-centered design*). La ludicisation repose davantage sur les facteurs de motivation humaine activés par le jeu (*human-centered design*) (Chenette et École branchée, 2021); elle suscite la motivation intrinsèque (Belleville, 2021). La richesse de l'expérience et les apprentissages qui en résultent sont des sources de motivation suffisantes; il n'est pas nécessaire d'y ajouter des facteurs extérieurs (points, badges, etc.). Voici un exemple pour distinguer ces concepts. Une enseignante propose de construire une maquette pour représenter la vie sédentaire des Algonquins. Pour ludifier l'expérience, elle pourrait y associer un jeu-questionnaire à l'aide de l'application Kahoot. Mais pour ludiciser l'expérience, elle pourrait proposer de concevoir la maquette avec l'application Minecraft, en incluant plusieurs contraintes et encadrements.

Autre élément à considérer : un tel jeu sérieux (Minecraft par exemple), parce qu'il se rapproche d'un passe-temps d'un grand nombre de personnes apprenantes, suscite des émotions positives. La combinaison de stimuli cognitifs et affectifs permet de mieux ancrer l'information chez les apprenants (Denervaud *et al.*, 2017; Forget, 2015).

En pratique

Le RÉCITFAD s'est intéressé à différents projets d'intégration de contenus immersifs pour l'apprentissage en classe. Plusieurs de ces projets touchaient la formation professionnelle. Il s'agissait surtout de simulateurs de fonctions de travail et de visites virtuelles d'environnements professionnels. Ce genre d'activités vise, entre autres, la familiarisation avec des environnements de travail et des outils dispendieux ou potentiellement dangereux. Notons les initiatives du Centre intégré de formation et d'innovation technologique de Victoriaville, qui utilise les lunettes HoloLens™ dans son programme de mécanique industrielle et d'électromécanique (Thibault, 2023a), et celle du Centre de formation professionnelle des Riverains à Repentigny, qui a créé une salle d'immersion (Thibault, 2023b). Dans les deux cas, l'expérience vécue par les personnes apprenantes augmente la rétention des savoirs et la motivation au moyen d'une pédagogie active et engageante.



Au secteur de la formation générale des jeunes, quelques projets ont été examinés. Citons le recours à la réalité virtuelle pour le tutorat, l'enseignement de certaines disciplines (musique, univers social, science...), la visite de lieux difficiles d'accès, l'exploration de milieux de travail, etc. Deux exemples sont remarquables : celui des élèves de l'enseignant Dominic Guay (Centre de services scolaire des Découvreurs), qui ont réalisé un projet de présentations orales en RV (Dionne, 2018); et celui de la classe de Monde contemporain de Sylvie Zielonka (Centre de services scolaire de la Pointe-de-l'Île) dans le cadre du projet de recherche de Normand Roy de l'Université de Montréal, en collaboration avec le RÉCIT Univers social, sur le potentiel pédagogique de la RV (RÉCIT Univers social, 2019). Dans les deux cas, des bénéfices ont été observés, tels que l'augmentation de la motivation et de l'engagement, la diminution de l'anxiété chez certains jeunes et une meilleure rétention des contenus. Néanmoins, l'utilisation pédagogique des environnements immersifs est peu fréquente dans ce secteur, particulièrement en FAD.

Il faut dire que les contenus pédagogiques utilisables directement avec les personnes apprenantes sans nécessiter de retouches par l'enseignant ou l'enseignante sont encore rares. Il en va de même pour les logiciels auteurs : les acteurs et actrices de l'éducation qui souhaitent concevoir leurs propres activités avec ces logiciels doivent y investir de nombreuses heures en planification et en conception. Cela peut constituer un frein à leur utilisation. En outre, ces logiciels auteurs sont souvent abandonnés par les entreprises qui les prennent en charge; leur disparition laisse à nouveau les personnes utilisatrices sans ressources. Par exemple, le délaissement de Tour Creator par Google a engendré l'abandon d'activités créées dans les cours d'univers social.

Le corps enseignant qui utilise Moodle dit apprécier ses activités interactives H5P. Cependant, elles ne permettent pas de tirer profit de la réalité virtuelle. Par exemple, les limitations de l'activité H5P Virtual Tour360 sont vite perceptibles : elle ne fonctionne pas avec un casque de réalité virtuelle; elle ne permet ni la navigation ni la rétroaction; elle n'engendre pas de données utiles pour suivre la progression des apprenants et apprenantes. Le RÉCITFAD vise à réinvestir les éléments prisés par les enseignants et enseignantes, tout en bonifiant l'expérience utilisateur ainsi que la collecte de données. Enfin, il nous apparaît essentiel de créer des plugiciels Moodle à code source ouvert qui assureront la pérennité des activités.

En contexte de FAD

La FAD est devenue une modalité de formation de plus en plus populaire en raison de la flexibilité qu'elle offre aux personnes apprenantes, qui peuvent étudier selon leur propre emploi du temps et à leur propre rythme. Cependant, l'un des principaux défis de la FAD est l'isolement: les apprenants peuvent se sentir déconnectés de leurs pairs et de la personne enseignante. C'est là que la ludicisation et les jeux sérieux peuvent être particulièrement pertinents en FAD. En proposant des expériences riches qui utilisent des éléments de jeu tels que des avatars, des quêtes et des récompenses, les apprenants peuvent être plus engagés et motivés dans leur apprentissage. Les jeux sérieux peuvent également offrir des simulations immersives qui leur permettent de mettre en pratique ce qu'ils ont appris dans un environnement sans risque.

De plus, la réalité virtuelle (RV) peut ajouter une dimension supplémentaire à la FAD en permettant aux apprenants et apprenantes de s'immerger dans un environnement virtuel partagé. Dans cet environnement, ils peuvent interagir avec les avatars des autres personnes participantes et collaborer sur des projets. Cela peut aider à atténuer le sentiment d'isolement et à créer un sentiment de communauté d'apprentissage.



Les deux plugiciels conçus par le RÉCITFAD

À la lumière de ce qui a été présenté, l'équipe du RÉCITFAD, convaincue de la pertinence pédagogique de l'expérience immersive, a retenu deux plugiciels à concevoir : le Tour 360 et le Jeu d'évasion. Tous deux peuvent facilement être adaptés à divers contenus, contextes et disciplines pour créer des activités variées qui optimiseront l'apprentissage.

Le Tour 360

Ce type d'activités immersives permet à la personne apprenante de visiter virtuellement des environnements. À l'aide d'un casque de RV ou d'un support traditionnel, elle navigue d'une image ou d'une vidéo à l'autre pour y trouver des informations et des éléments interactifs en cliquant sur des zones actives marquées par une icône. Ces zones permettent également d'accéder à des ressources et à des activités de Moodle. Tout ce que les personnes apprenantes visitent ou réalisent laisse des traces qui permettront à la personne enseignante d'effectuer un suivi pédagogique efficace.

Concrètement, la création d'une Activité RÉCIT Image 360 dans un cours Moodle se fait de la même manière que pour toute autre activité Moodle. En plus des paramètres habituels, on y retrouve des liens de téléversement pour générer des scènes. On peut y téléverser ses propres ressources (images 360°, sons, vidéos, images 2D...) ou des contenus téléchargés sur le Web. Les scènes sont modifiables à l'aide d'un formulaire d'édition (figures 1 et 2) pour y inclure des zones actives qui mènent aux ressources et activités Moodle.

Figure 1

Formulaire d'édition A

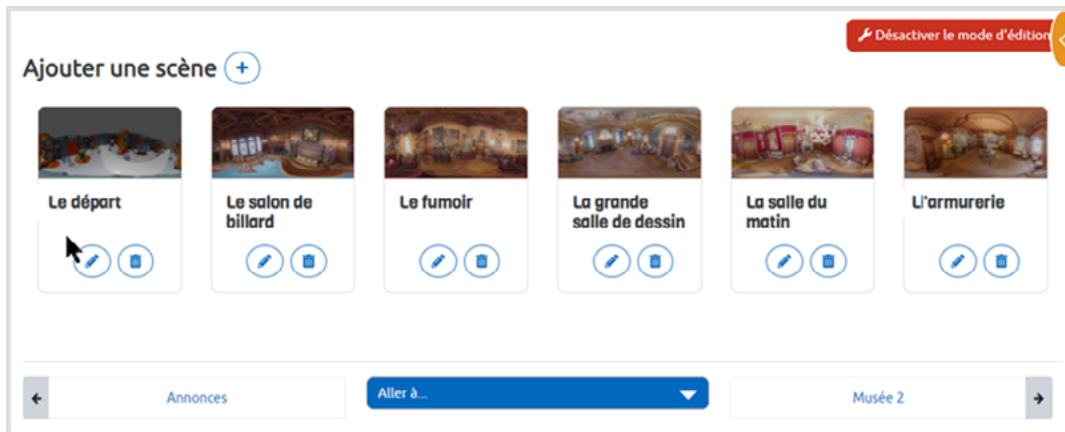
The screenshot shows a Moodle form titled "Ressource Image 360". It contains the following elements:

- A text input field for "Nom".
- A "Scène de départ" section with two radio buttons: "Oui" (selected) and "Non".
- An "Image 360" section with a blue cloud upload icon.
- At the bottom right, two buttons: "Annuler" (with a close icon) and "Enregistrer" (with a save icon).

Note. © RÉCITFAD, 2023.



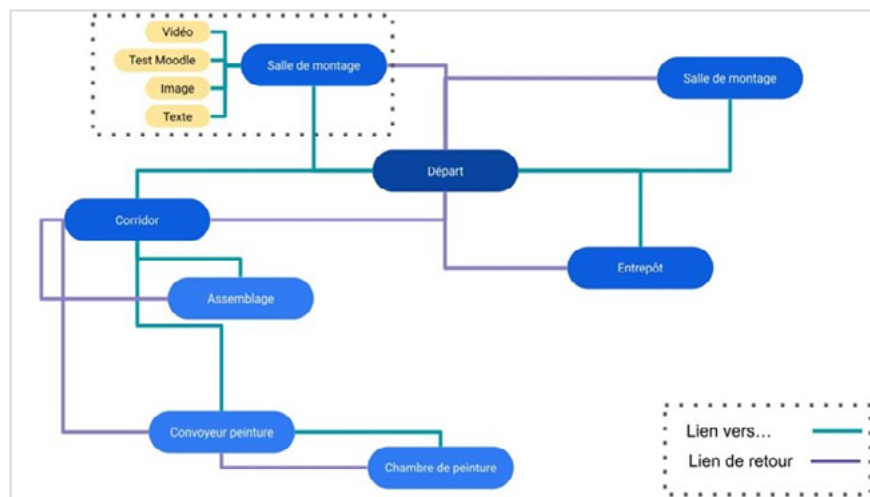
Figure 2
Formulaire d'édition B



Note. © RÉCITFAD, 2023.

Une carte de navigation (figure 3) schématise les relations entre les composantes du Tour 360.

Figure 3
Carte de navigation



Note. © RÉCITFAD, 2023.

En peu de temps, une personne peut produire une expérience immersive d'apprentissage riche et motivante. Par rapport à l'activité H5P, le Tour 360 offre davantage de flexibilité quant aux rétroactions aux personnes apprenantes en plus de recueillir plus de traces pour le suivi des apprentissages. Ce plugiciel est déjà téléchargeable en version bêta et la première version officielle sera disponible à l'automne 2023. Il est possible d'expérimenter la version actuelle dans ce cours Moodle avec un compte Campus RÉCIT.



Le Jeu d'évasion

Le développement de l'éditeur de jeux d'évasion RÉCIT débute. Si le processus se poursuit sans accroc, il est réaliste d'envisager une version bêta à tester d'ici 2026.

Ce jeu sérieux permet de proposer des défis de différentes natures et de niveaux de difficulté variés qui concordent avec les intentions pédagogiques de la personne enseignante. Il peut consolider des apprentissages ou engager l'apprenant ou l'apprenante dans une série d'enquêtes complexes. Ces dernières sont adaptables à ses besoins, avec des rétroactions à l'appui, et engendrent des apprentissages de niveau « compétences ». L'environnement est immersif pour les apprenants qui ont un casque VR (Oculus Quest 2), mais le jeu est aussi utilisable sur un support traditionnel. S'adressant à un public de tout âge, il pourra mettre en scène jusqu'à quatre joueurs. La possibilité de travailler en équipe favorise le développement de compétences cognitives (résolution de problèmes, communication, organisation, collaboration) (Forget, 2015) et de plusieurs compétences transversales du Programme de formation de l'école québécoise (exploiter l'information, exercer son jugement critique, se donner des méthodes de travail efficaces, etc.) (Ministère de l'Éducation, 2006).

De manière générale, le jeu implique de résoudre des énigmes conçues par l'enseignant ou l'enseignante pour réussir à quitter un lieu. Chaque lieu est composé d'une ou de plusieurs pièces : laboratoire, poste de police, usine, hôpital, etc. Après avoir consulté la mise en contexte et les explications, le joueur ou la joueuse se trouve devant une porte à déverrouiller. Pour cela, il doit explorer attentivement l'environnement afin de trouver les énigmes et de les résoudre. Le scénario se répète tant que le défi n'est pas relevé.

Exemple (figure 4) : Nous sommes dans un laboratoire de science où se trouvent une balance, une feuille ainsi que plusieurs substances. La première énigme consiste à trouver la nature des substances à partir des données fournies sur la feuille et de leur masse volumique (à déterminer à l'aide de la balance et des autres informations offertes). L'identification des substances permet d'ouvrir un coffre qui se trouve dans la pièce afin d'accéder à la deuxième énigme. Si les substances n'ont pas été touchées après un certain temps, des indices sont offerts pour diriger les joueurs vers cette section de la pièce. Cela évite qu'un temps précieux s'écoule sans que les concepts et contenus pédagogiques soient traités. D'autres indices reliés à ces concepts et contenus sont aussi offerts au besoin, sous forme de rétroactions, pour résoudre les énigmes et soutenir les apprentissages. La majorité des actions laisse des traces, que ce soit la consultation des indices, le nombre de tentatives ou le temps écoulé entre les actions.



Figure 4

Une expérimentation virtuelle pourra servir d'énigme



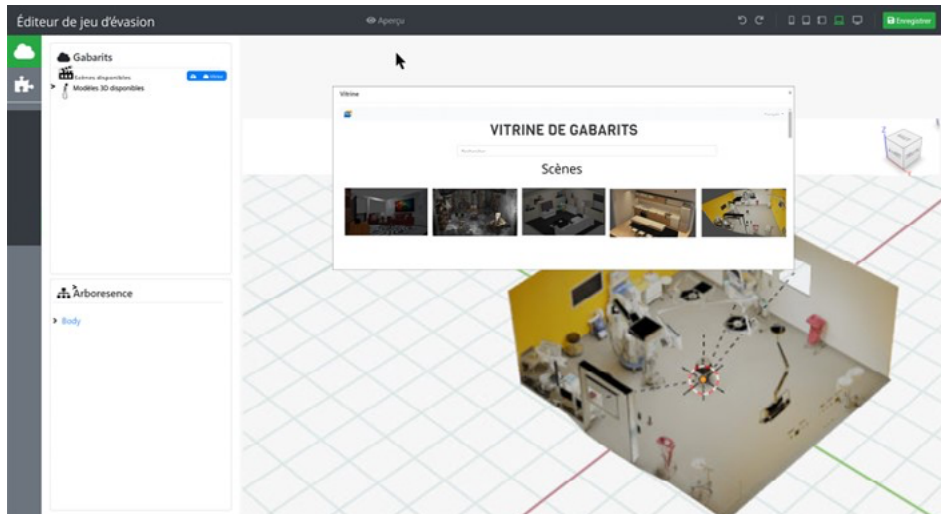
Note. © RÉCITFAD, 2023.

La personne qui souhaite créer un jeu d'évasion RÉCIT a accès à une interface relativement intuitive. Pour faciliter la conception, des scènes préconstruites sont fournies dans l'éditeur de jeu. Sinon, la création d'une scène (pièce) à partir de zéro pourrait s'avérer chronophage et demander des compétences numériques assurées. Ces scènes nécessitent seulement une personnalisation. Il s'agit de choisir les lieux, les objets et les interactions que l'apprenant ou l'apprenante aura dans l'environnement. Une vitrine de gabarits offre aussi des scènes composées d'objets tels que des portes, des loquets, des verrous et des meubles. Les propriétés et le potentiel interactif de chacun y sont précisés (figures 5 à 7).



Figure 5

Formulaire d'édition d'une scène provenant de la vitrine



Note. © RÉCITFAD, 2023.

Figure 6

Scène importée de la vitrine



Note. © RÉCITFAD, 2023.



Figure 7

Scène où l'apprenant interagit avec un personnage et des objets



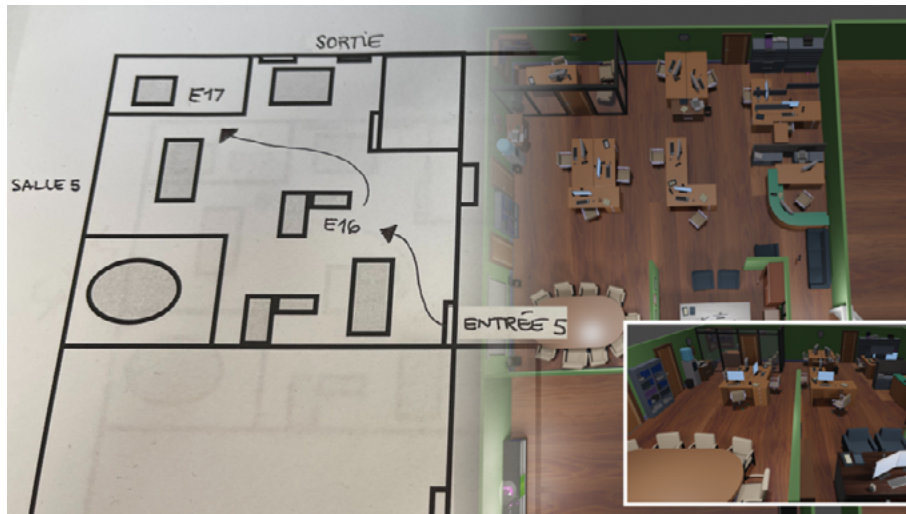
Note. © RÉCITFAD, 2023.

La personne conceptrice peut préparer une carte de scénarisation pour schématiser les lieux et les actions (figure 8). Les parcours que peut suivre la personne apprenante y sont représentés. Des symboles sont utilisés pour préciser des informations sur les objets et leurs relations. Ce schéma du jeu permet d'éviter les culs-de-sac et les boucles sans fin en plus de répertorier les loquets, verrous, énigmes, problèmes et activités Moodle à résoudre.



Figure 8

Carte de scénarisation



Note. © RÉCITFAD, 2023.

Tout comme le Tour 360, le Jeu d'évasion est intégré à Moodle de façon à tirer profit des forces de cet ENA en matière de rétroactions programmées et de suivi. L'environnement immersif peut donc inclure des activités et des ressources Moodle (figure 9). Par exemple, l'achèvement d'une activité dans Moodle peut servir de déclencheur (clé) pour ouvrir des portes et des coffres. La progression de l'apprenant ou de l'apprenante est suivie, ce qui procure à la personne enseignante des informations utiles pour intervenir rapidement et adéquatement.



Figure 9

Apprenant appuyant sur un bouton pour consulter une activité Moodle



Note. © RÉCITFAD, 2023.

Les choix techniques

Moodle n'offre pas d'activité immersive s'utilisant avec un casque de réalité virtuelle. Le RÉCITFAD a étudié différentes options permettant de répondre aux besoins techniques. Les bibliothèques gratuites React et Three.js (libre) ont été retenues. Elles produisent des environnements actuels, immersifs, légers en octets (*low-polygon*) et accessibles sur le Web (WebVR, WebXR). Elles permettent de vivre une expérience d'apprentissage avec un casque de réalité virtuelle tel que l'Oculus Quest 2. En parallèle, une version Web du jeu d'évasion sera développée pour les supports traditionnels.

Conclusion

Le temps saura dire si le Tour 360 et le Jeu d'évasion conçus par le RÉCIT FAD réussissent le pari d'interpeller positivement et émotionnellement les apprenants et les apprenantes. Les résultats et les commentaires provenant de l'expérimentation permettront d'améliorer ces activités pour qu'elles puissent un jour servir de base à la création d'activités immersives engageantes et motivantes, améliorant la rétention de l'information et le développement des compétences disciplinaires et transversales. Ce genre de projection vers l'avenir inspire le quotidien de l'équipe du RÉCITFAD.

Les groupes auxquels ces plugiciels ont été présentés en ont apprécié la pertinence pédagogique et, en prime, ont ressenti un réel effet « wow ». Leurs commentaires sont encourageants. Plusieurs personnes se sont dites heureuses de voir une option de remplacement au Tour Creator abandonné par Google. De plus, l'ajout d'activités immersives à Moodle pourra sans doute contribuer à accroître le nombre d'utilisateurs et utilisatrices de cet ENA.



Au fil des expérimentations, les commentaires nous permettront d'améliorer ces plugiciels pour qu'ils puissent un jour servir de base à la création d'activités immersives engageantes et motivantes. L'objectif : interpeller positivement et émotionnellement les apprenants et apprenantes pour améliorer leur rétention de l'information et le développement de leurs compétences disciplinaires et transversales.

Au cours des prochains mois, le RÉCITFAD poursuivra le développement de ces plugiciels. Concevoir de telles ressources est un long processus. Pour l'optimiser, l'implication de la communauté serait profitable, par exemple, par l'élaboration d'items de la vitrine du Jeu d'évasion.

L'expérience immersive amalgamée à Moodle ouvre de nouveaux horizons dans la façon de faire vivre des expériences d'enseignement-apprentissage. Cette mutation pédagonumérique, encore loin de son apogée, présage un futur prometteur.

Liste de références

- Belleville, M. (2021, 19 mars). Le jeu en vaut-il la chandelle? *Blogue de la Chaire de leadership en enseignement (CLE) sur les pratiques pédagogiques innovantes en contexte numérique – Banque Nationale*. Université Laval. <https://pedagogienumerique.chaire.ulaval.ca/bloques/le-jeu-en-vaut-il-la-chandelle/>
- Boudreau, A. (2018, 3 avril). *Réalité virtuelle : potentiels pédagogiques et enjeu* [présentation d'un conférencier invité]. Pôle d'innovation technopédagogique, Université de Sherbrooke. http://mpu.evenement.usherbrooke.ca/2018/wp-content/uploads/2018/07/REALITE_VIRTUELLE.pdf
- Cahagne, C. et Fuzet, B. (2022). *Concevoir et diffuser une expérience de formation immersive – Intégrer la réalité virtuelle dans un module pédagogique*. Geresco.
- Chenette, A. et École branchée. (2021, 1^{er} février, modifié 2022, 17 novembre). *Jouer pour apprendre : de la ludification à la ludicisation* [dossier]. École branchée. <https://ecolebranchee.com/jouer-pour-apprendre-de-la-ludification-a-la-ludicisation/>
- Denervaud, S., Franchini, M., Gentaz, E. et Sander, D. (2017). Les émotions au cœur des apprentissages. *Revue suisse de pédagogie spécialisée*, 4, 20-25. http://csps.ch/bausteine.net/f/51752/Denervaud_Franchini_Gentaz_Sander_170420.pdf
- Dionne, S. (2018, 10 octobre). *Dans la classe de Dominic Guay : la réalité virtuelle pour engager les élèves*. École branchée. <https://ecolebranchee.com/dans-la-classe-de-dominic-quay-la-realite-virtuelle-pour-engager-les-eleves/>
- Forget, F. (2015). Les jeux sérieux au service de l'apprentissage. *Le Tableau*, 4(5). <https://pedagogie.quebec.ca/le-tableau/les-jeux-serieux-au-service-de-lapprentissage>
- Ministère de l'Éducation. (2006). Programme de formation de l'école québécoise. <http://www.education.gouv.qc.ca/enseignants/pfeq/>
- Ministère de l'Éducation (2018). Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/PAN_Plan_action_VF.pdf
- RÉCIT Univers social (2019, 7 mars). *Une recherche en classe sur la réalité virtuelle* [vidéo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Cblgx4fKNik>
- Thibault, É. (2023a, 30 janvier). *La réalité augmentée transforme l'apprentissage en formation professionnelle*. École branchée. <https://ecolebranchee.com/realite-augmentee-formation-professionnelle/>
- Thibault, É. (2023b, 13 mars). *La salle immersive du Centre de formation professionnelle des Riverains*. École branchée. <https://ecolebranchee.com/salle-immersive-centre-formation-professionnelle-riverains/>
- Tilhou, R., Taylor, V. et Crompton, H. (2020). 3D Virtual Reality in K-12 Education: A Thematic Systematic Review. Dans S. Yu, M. Ally et A. Tsinakos (Dir.), *Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum. Bridging Human and Machine: Future Education with Intelligence*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0618-5_10.



Utilisation de la vidéo 360 interactive pour la formation par simulation clinique en santé

Potentiels, limites et enjeux dans le cadre de la formation en soins infirmiers

Using Interactive 360 Video for Clinical Simulation Training: Potentials, Limitations, and Issues in Training

Uso del vídeo de 360° interactivo para la formación en simulación clínica: Potencialidades, limitaciones y retos en la formación

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.341>

Julien Marceaux, concepteur pédagogique
Université Laval, Canada
julien.marceaux@fsi.ulaval.ca

Jean-Christophe Servotte, maître assistant et gestionnaire de projets de recherche
Haute École Namur-Liège-Luxembourg, Belgique
jean-christophe.servotte@henallux.be

Bruno Pilote, professeur et directeur des programmes en pratique infirmière spécialisée
Université Laval, Canada
bruno.pilote@fsi.ulaval.ca



RÉSUMÉ

Le gouvernement du Québec a investi dans une offensive de transformation numérique. Elle vise à accélérer le virage technologique de plusieurs secteurs d'activités incluant celui de l'enseignement. Pour les universités, cette décision se traduit par un rehaussement de l'intégration pédagogique des technologies de l'information et des communications (TIC). D'ailleurs, dans plusieurs cas, ces TIC rejoignent les personnes dans leur manière d'apprendre. Parmi ces nouvelles méthodes pédagogiques, nous retrouvons la simulation clinique par réalité virtuelle (SimRV), constituant un exemple d'actualisation des approches technopédagogiques au service de l'apprentissage. En reprenant des scénarios de simulation clinique traditionnels, la SimRV amène la personne, par le biais d'expériences immersives, à réaliser des simulations qui, autrefois, nécessitaient l'accès à une structure formelle. Bien que cette approche soit récente, plusieurs avenues viennent lui conférer un grand potentiel d'application. Une équipe de la Faculté des sciences infirmières de l'Université Laval a testé ce potentiel dans un projet exploratoire de simulations interactives par vidéo 360 degrés interactive, dans le programme de deuxième cycle de formation des infirmiers praticiens spécialisés. Cet article présentera les avantages, les limites et les enjeux identifiés pour une intégration pédagogique réussie de cette nouvelle technologie.

Mots-clés : technologies éducatives, vidéo360, apprentissage immersif, simulation virtuelle, soins infirmiers, enseignement supérieur, simulation

ABSTRACT

The Quebec government has invested in a digital transformation offensive. It aims to accelerate the technological shift in several sectors of activity, including education. For universities, this decision translates into increased pedagogical integration of information and communication technologies (ICT). Moreover, in many cases, these ICTs are reaching people in their way of learning. Among these new pedagogical methods, we find clinical simulation by virtual reality (SimRV), an example of updating techno-pedagogical approaches to learning. By using traditional clinical simulation scenarios, SimRV allows the individual, through immersive experiences, to carry out simulations that previously required access to a formal structure. Although this approach is recent, several avenues give it great potential for application. A Faculty of Nursing at Laval University team has tested this potential in an exploratory project of interactive 360-degree video simulations in the graduate program for specialized nurse practitioners. This article will present the advantages, limitations and challenges identified for the successful pedagogical integration of this new technology.

Keywords: educational technologies, video360, immersive learning, virtual simulation, nursing, higher education, simulation

RESUMEN

El gobierno de Quebec ha invertido en una ofensiva de transformación digital. Su objetivo es acelerar el cambio tecnológico en varios sectores de actividad, entre ellos la educación. Para las universidades, esta decisión se traduce en un aumento de la integración pedagógica de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC). Además, en muchos casos,



estas TIC atañen a las personas en su forma de aprender. Entre estos nuevos métodos pedagógicos, encontramos la simulación clínica por realidad virtual (SimRV), que es un ejemplo de actualización de los enfoques tecno-pedagógicos del aprendizaje. Utilizando escenarios tradicionales de simulación clínica, la SimRV permite al individuo, a través de experiencias inmersivas, realizar simulaciones que antes requerían el acceso a una estructura formal. Aunque este enfoque es reciente, existen varias vías que le confieren un gran potencial de aplicación. Un equipo de la Facultad de Enfermería de la Universidad Laval ha puesto a prueba este potencial en un proyecto exploratorio de simulaciones interactivas en vídeo de 360° en el programa de postgrado para enfermeros especializados. En este artículo se presentarán las ventajas, las limitaciones y los retos identificados para la integración pedagógica con éxito de esta nueva tecnología.

Palabras clave: tecnologías educativas, vídeo de 360°, aprendizaje inmersivo, simulación virtual, enfermería, educación superior, simulación

Introduction

Dans son plan d'action numérique (2018), le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MEES) se donnait comme mission de soutenir les acteurs du domaine de l'enseignement dans une exploitation optimale du numérique. Cette initiative, conjuguée aux mesures de distanciation sociale et d'isolement liées à l'épidémie de COVID-19, a créé une sorte de tempête parfaite, accélérant la transition numérique et le développement de nouvelles méthodes pédagogiques, et ce, à tous les niveaux de formation (Bernatchez et Alexandre, 2021; Coulombe *et al.*, 2020). Si cette crise sanitaire a été exigeante, il n'en reste pas moins qu'elle a offert des opportunités de modernisation des pratiques d'enseignement, notamment par l'intégration des TIC. Cette modalité pédagogique contemporaine semble rejoindre un plus grand nombre d'étudiants et étudiantes dans leur manière d'apprendre et d'interagir, ce qui a pour effet d'optimiser la qualité de leur formation (Savard, 2020). La mise en place de cette nouvelle modalité rencontre certains écueils. Ces défis semblent de nouveau muter, alors que nous assistons à une hybridation des modalités de formations, témoignant que la pandémie aura changé de façon permanente la manière d'offrir et de suivre un programme d'études. Cette mutation a confronté la Faculté des sciences infirmières de l'Université Laval au défi de mener des activités de simulation clinique à distance. Si les cours théoriques peuvent, relativement facilement, être convertis en cours à distance, les activités de laboratoire, quant à elles, requièrent la présence en classe. À l'heure actuelle, une des solutions explorées pour remédier à ce problème consiste à reprendre des scénarios de simulation clinique traditionnels et d'amener la personne, par le biais d'expériences immersives, à réaliser ceux-ci à l'extérieur d'une structure formelle d'enseignement. Nous avons donc testé ce potentiel dans un projet exploratoire de simulations virtuelles utilisant la vidéo 360 interactive, dans le programme de deuxième cycle de formation d'infirmière praticienne spécialisée (IPS).



De la simulation clinique à la simulation par réalité virtuelle

La réalité virtuelle en simulation : une modalité de plus en plus populaire

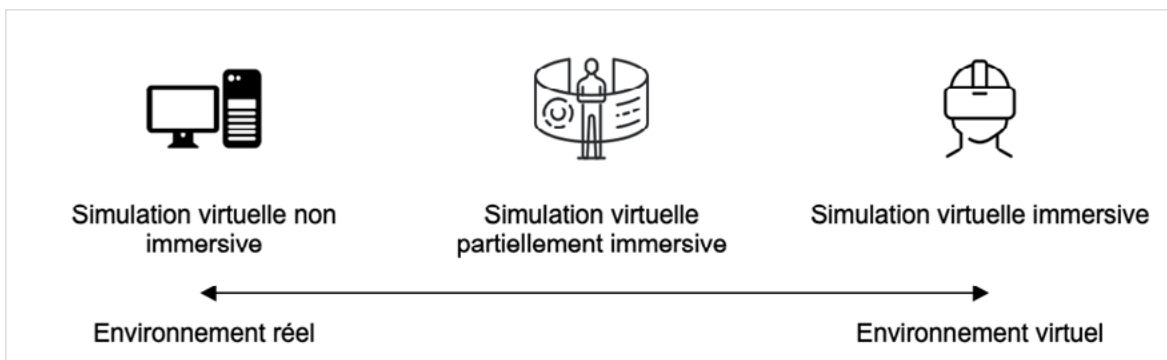
Tout comme la majorité des centres de formation en soins de santé, la Faculté des sciences infirmières de l'Université Laval cherche à optimiser sa formation. Pour ce faire, elle utilise l'approche par simulation. Cette modalité optimise le développement et la validation des compétences (Bienstock et Heuer, 2022). Elle permet également de valider l'atteinte de compétences dans des environnements authentiques, mais contrôlés. Offrant un contexte similaire à la réalité clinique, les simulations reproduisent une charge cognitive, des gestes et des prises de décisions semblables à ceux retrouvés dans la pratique (Lewis, Strachan et Smith, 2012). Des recherches sont en cours afin de déterminer les impacts de l'utilisation de la réalité virtuelle pour ce type d'activités de formation (Dalton, 2021). Puisque les procédés pédagogiques utilisés en réalité virtuelle découlent de la simulation, il est plausible de croire que la modalité virtuelle puisse avoir des résultats similaires. Il est logique que le domaine de la simulation ait intégré la réalité virtuelle comme méthode d'apprentissage depuis quelques années (Ma et Zheng, 2011; Ribaupierre *et al.*, 2014; Bracq, Michinov et Jannin, 2019). Plusieurs équipes ont d'ailleurs publié des données probantes et objectives sur son acceptabilité et son efficacité dans le domaine de la formation en santé (Pilote, Simoneau et Lemieux, 2019; Vrillon *et al.*, 2022) et plusieurs organismes, tels que Simulation Canada (simulationcanada.ca/fr/ressources/virtu-ait/) et Canadian Alliance of Nurse Educators Using Simulation (uo.can-sim.ca/), ont développé des stratégies d'exposition virtuelle à des situations de soins.

Une modalité qui se décline sous plusieurs formes

Si les exemples de simulations virtuelles se multiplient, leur forme, elle, varie. En fait, le terme « simulation virtuelle » est générique et se décline en plusieurs types d'expériences (figure 1) : 1) la simulation virtuelle non immersive; 2) la simulation virtuelle totalement immersive et 3) la simulation virtuelle partiellement immersive (Pilote et Chiniara, 2019).

Figure 1

Représentation simplifiée du continuum d'immersion de la simulation virtuelle



Note. Inspiré de Milgram et Kishino (1994).



La simulation virtuelle non immersive se présente sous la forme d'expériences générées par ordinateur. Les personnes y accèdent par le biais d'un dispositif informatique traditionnel et elles interagissent avec les contenus à l'aide du clavier et de la souris. C'est dans cette catégorie que l'on retrouve les jeux de simulation. Elle offre un potentiel d'engagement, mais un niveau d'immersion limité. La simulation virtuelle partiellement immersive fait référence aux expériences projetées sur un écran à 360 degrés, permettant de visualiser des objets virtuels tout en restant dans leur environnement réel. Finalement, on retrouve la simulation de réalité virtuelle totalement immersive (ou simplement simulation RV immersive). Celle-ci se distingue par l'utilisation de casques spécialisés, aussi connus sous le nom de Head Mounted Displays (HMD). Ce type de casque occulte totalement l'environnement réel, plongeant ainsi la personne dans un monde entièrement virtuel. Les simulations projetées dans les HMD peuvent être composées de vidéos filmées à 360 degrés, ou encore d'images de synthèse. Les personnes peuvent alors interagir avec les situations et les objets virtuels. Ainsi, en plus d'offrir des niveaux d'immersion, d'interaction et une expérience utilisateur distincts, chacun de ces environnements requiert des équipements différents. Ces éléments influent particulièrement sur le budget, la production, les ressources humaines, techniques et technologiques nécessaires dans la conception et la diffusion des expériences et, surtout, sur le type d'actions et d'interactions. Tout ceci crée donc des enjeux pédagogiques et technologiques qu'il nous a fallu prendre en considération dans la réalisation de ce projet.

Conception de simulations virtuelles : étapes et enjeux technopédagogiques

Conception pédagogique

À l'heure actuelle, il n'existe pas encore de modèle précis ou de ligne directrice concrète quant à la conception d'activités d'apprentissage utilisant la pédagogie de réalité virtuelle (Mignot et Wolff, 2020). À partir de ce constat, nous avons utilisé un processus de design pédagogique de type ADDIE (Branch, 2009) auquel nous lui avons adjoint plusieurs outils et principes issus, entre autres, du domaine de la simulation, mais aussi du jeu vidéo, de l'expérience utilisateur et du design d'interactions (Fictum, 2016; Bucher, 2017; Hillmann, 2021). Ainsi, ces différents cadres permettent de soutenir une conception complète, cohérente et ergonomique des expériences utilisant cette méthode.

ANALYSE

Notre phase d'analyse nous a entre autres permis d'identifier les compétences devant être développées par les simulations virtuelles. Notre objectif général était celui de développer, chez les personnes inscrites dans ce programme, des compétences dans le domaine du raisonnement clinique. Sur le plan taxonomique, les situations simulées devaient amener l'apprenant à analyser une situation, à questionner et à examiner un patient simulé. Cette phase d'analyse a des impacts sur la conception d'une simulation virtuelle, car elle identifie des enjeux à considérer dans le développement de la simulation et le choix technologique. Pour nous, les enjeux reposaient sur la reproduction fidèle de trois éléments : 1) l'environnement de consultation; 2) les comportements et symptômes critiques; 3) les conditions de pratiques. Dans l'exercice en cours, il fallait aussi permettre à l'apprenant de poser une gamme de questions (pertinentes ou non) et d'effectuer un certain nombre d'examens (pertinents ou non). Ce dernier élément était particulièrement important, car la pertinence et le nombre de questions posées ou d'examens effectués, au regard de la situation, traduisent concrètement son analyse clinique, qui devient en quelque



sorte l'ingrédient principal de l'activité de débriefing et qui permet de formaliser les apprentissages par la réflexion.

CONCEPTION

La phase de conception est cruciale, car il est reconnu qu'une exposition à un mode d'apprentissage, tel que la simulation virtuelle, peut entraîner des impacts psychologiques (Lavoie *et al.*, 2021). Actuellement, la simulation de réalité virtuelle représente le mode de formation le plus puissant pour induire chez la personne un script d'apprentissage (McGaghie *et al.*, 2011). En conséquence, une exposition inadéquate pourrait induire des cicatrices d'apprentissage (Lee, 2009; Lintern, 2001; Myers III *et al.*, 2018). Ainsi, pour éviter ces impacts négatifs, nous nous sommes assuré d'appliquer les meilleures pratiques de conception de simulation telles que suggérées par l'International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning's (INACSL) (Watts *et al.*, 2021) et d'utiliser un outil de scénarisation valide, en incluant le gabarit de développement d'une simulation élaboré par Gilles Chiniara (2019). Une fois les cas créés, nous avons mis en pratique la méthode développée par Marceaux et Dion-Gauvin (2019) afin de traduire le scénario de simulation en plan de réalisation d'une simulation virtuelle. Cette méthode suggère un outil favorisant la création de scénarimages et de schémas d'arbres décisionnels. Ces deux éléments préparent le développement de simulations virtuelles, car elles sont conçues comme des scènes multimédias. Ainsi, il faut prévoir non seulement le déroulement des actions, mais aussi les éléments sensoriels liés au contexte de la simulation. Les arbres décisionnels, quant à eux, assurent la cohérence des interactions. De façon schématique, ils représentent les interactions possibles et leurs conséquences sur le déroulement de la simulation, permettant ainsi de garder une cohérence entre la situation précédente, la décision de l'utilisateur et celle qui suit. Cette cohérence est importante, puisqu'elle est garante de la crédibilité de la simulation, mais aussi du sentiment de présence et d'immersion de l'apprenant dans l'expérience. Un manque de cohérence serait interprété comme un vice de construction et elle viendrait briser l'engagement de la personne dans l'activité de formation.

DÉVELOPPEMENT

Il existe plusieurs types de simulation virtuelle, chacun offrant des niveaux d'immersion et d'interaction différents. À partir des enjeux identifiés dans la phase précédente, nous avons écarté la création d'une simulation en réalité virtuelle immersive conçue par ordinateur. La modélisation en trois dimensions de l'environnement et de la programmation des multiples interactions nécessaires avec un patient simulé virtuel, prenant la forme d'un personnage non joueur, allaient demander une expertise et des ressources que nous n'avions pas. De plus, il était évident que peu de nos étudiantes avaient accès à un casque de réalité virtuelle (RV) à leur domicile. À ce titre, opter pour la RV venait contrecarrer notre objectif de pouvoir diffuser ces simulations en formation à distance. Finalement, nous avons préalablement souligné l'importance que nous accordions au réalisme. Ainsi, il était pour nous plus important de préserver le contexte pour induire chez la personne une charge cognitive conséquente que de l'immerger virtuellement. Pour toutes ces raisons, notre choix s'est porté sur des simulations en vidéo 360 interactive. Nous entendons par vidéo 360 interactive des expériences immersives créées en deux phases. La première consiste à filmer des situations réelles, mais simulées, sous forme de courtes capsules, à l'aide d'une caméra filmant à 360°. Ces vidéos constituent alors l'environnement virtuel dans lequel seront placés les apprenants. Dans la deuxième phase, on ajoute à ces vidéos des interactions, par le biais du logiciel Sphere de la compagnie Speedemet. Les interactions créées permettent de faire apparaître des informations contextuelles dans l'environnement vidéo (ex. : textes, sons, icônes, boutons, vidéos, photos, etc.) et de rediriger l'apprenant d'une capsule vidéo à l'autre, en fonction, par exemple, de ses choix ou



décisions. Ainsi, lors de la simulation, les apprenants peuvent regarder ou se déplacer à 360 degrés en fonction du point de vue de la caméra en plus d'interagir avec le contenu afin d'influencer le cours de la simulation.

Pour nous, le principal avantage de cette technologie est de pouvoir se diffuser autant sur un écran d'ordinateur que sur un appareil mobile ou encore un casque de réalité virtuelle. Il n'est pas nécessaire de modéliser l'environnement ou de programmer un personnage non joueur, puisque l'expérience est montée à partir de scènes produites par captations vidéo et photo à 360 degrés. Si les étapes de réalisation et de postproduction se font à l'aide d'outils traditionnels, il est à noter que l'intégration des interactions requiert des outils spécifiques. Après l'analyse de plusieurs solutions, notre choix s'est porté sur le logiciel Sphere, une solution logicielle dite « low-code ». Contrairement à la majorité des options dans ce domaine, cet outil auteur s'installe sur un ordinateur et l'expérience y est créée directement, puis exportée sur un LMS (*Learning Management System*). Ainsi, le créateur dispose d'une licence pour un an, mais ne paie pas d'accès à une plateforme infonuagique pour ses utilisateurs. Une fois la licence arrivée à échéance, les expériences restent disponibles et fonctionnelles, mais elles sont alors non modifiables.

IMPLANTATION

Des tests pilotes nous ont permis d'identifier des solutions à d'éventuelles difficultés liées à l'intégration de nos expériences d'apprentissage. Un des éléments est le niveau de charge cognitive des expériences créées (Collins *et al.*, 2019; Andersen, Frensdø et Sørensen, 2020). Ce type de charge correspond à la capacité d'une personne à pouvoir réaliser différentes tâches simultanément (Sweller, 1988). Toujours selon Sweller (1988), la charge cognitive se décline en trois types : intrinsèque, extrinsèque et essentielle. La charge intrinsèque renvoie à la complexité inhérente d'une tâche, tandis que la charge extrinsèque est liée à la façon de présenter l'information, dont les éléments ont le potentiel de surcharger. La charge essentielle correspond à l'effort consacré au traitement ou à la compréhension d'une tâche. Techniquement, la charge intrinsèque ne peut être modifiée; ainsi, le concepteur doit limiter la charge extrinsèque tout en favorisant la charge essentielle. On comprend donc que la façon de présenter l'information exerce une influence sur la charge cognitive et détermine si la personne retient l'information ou devient surchargée et ne retient rien. Étant donné qu'il s'agit d'une modalité d'apprentissage contemporaine, elle commande une utilisation prudente, car en plus de présenter l'information sous une nouvelle forme, elle requiert une interaction avec des objets. Ainsi, la prise en main de cette technologie rehausse la charge cognitive. Pour contourner ce problème, notre équipe a développé une activité d'appropriation. La personne peut prendre le temps nécessaire pour s'habituer à l'interface, aux modes d'interactions, à la signalétique et aux principes de fonctionnement. Le scénario pédagogique d'implantation prévoit que cette activité soit menée préalablement aux simulations virtuelles. Le choix de la modalité d'expérimentation (non immersive ou immersive) appartient à l'apprenant afin de limiter les cas de mal des simulateurs (Chattha *et al.*, 2020; Servotte *et al.*, 2020), mais aussi pour ne pas surcharger l'apprenant. Il est à noter que l'implantation de cette nouvelle modalité de simulation sera évaluée au cours de la session d'hiver 2023. Il reste encore à y associer des activités d'autodébriefage, qui font actuellement l'état d'un projet de recherche financé. La solution finale sera donc autoportante et pourra être entièrement vécue et débriefée à distance.



Discussion

La simulation en réalité virtuelle, une solution en construction

Si le développement et l'appropriation de la réalité virtuelle en santé évoluent rapidement, certains enjeux en ralentissent l'adoption. Le premier enjeu repose sur une compréhension cohérente et pratique des potentiels de la réalité virtuelle et des technologies qui la composent. Bien identifier les principes de fonctionnement de la réalité virtuelle conçue par ordinateur de ceux de la vidéo 360 amène à saisir les enjeux de production ainsi que les besoins en ressources. Plusieurs initiatives de développement ne se concrétisent pas en raison de facteurs liés aux technologies, aux ressources humaines ou encore aux implications financières trop conséquentes. Ces éléments ne sont pas nécessairement représentatifs de la réalité et les organisations ne prennent pas toujours en compte les économies réalisées à long terme. Le deuxième enjeu concerne la main-d'œuvre spécialisée. Il y a encore quelques années, la création de contenus en réalité virtuelle reposait sur des programmeurs chevronnés. Toutefois, on assiste aujourd'hui à une démocratisation des outils permettant de créer de manière autonome des expériences de réalité virtuelle. Le développement de ce type d'activité de simulation demande néanmoins une expertise alliant des compétences en ingénierie pédagogique et en utilisation des TIC. Pour mener le projet à bien, le recours à un tiers externe qui réalise les activités de simulation virtuelle a été une façon rapide et sûre, pour nous, d'optimiser le processus d'analyse et de conception. Toutefois, en l'absence de parcours de formation formel en la matière, ce type de spécialiste reste rare. Le troisième obstacle à l'adoption de la réalité virtuelle reste l'accès aux équipements de diffusion, à leur maintenance et à leur obsolescence. Même si le nombre de casques vendus tend à croître, seulement une minorité d'étudiants en possède. Quant aux établissements, même s'ils sont de plus en plus nombreux à s'équiper, plusieurs hésitent encore, notamment en raison des enjeux de maintenance et d'entretien qui accompagnent ces dispositifs. Ainsi, opter pour une technologie multiplateforme, autant en vidéo 360 qu'en RV par ordinateur, est un choix judicieux, encore aujourd'hui.

Conclusion et réflexion autour de l'émergence de la réalité virtuelle

L'utilisation de la réalité virtuelle comme méthode pédagogique est une réalité présente dans de nombreuses universités. À plus grande échelle, plusieurs mondes virtuels sont en développement dans cet espace virtuel commun nommé métavers. Par exemple, le projet d'un premier hôpital virtuel devrait être opérationnel fin 2022. Grâce à la puissance de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle, cet hôpital permettra de rehausser l'expérience des professionnels de la santé, rendant ainsi plus immersifs les apprentissages. Cette nouvelle réalité ne fera que s'accroître en raison de l'augmentation constante de la performance des ordinateurs personnels et des cartes graphiques. La démocratisation de la réalité virtuelle permet aujourd'hui d'aborder des contextes d'apprentissage qui, autrement, ne pourraient être abordés que théoriquement. Elle arrive donc à point alors que les modalités d'enseignement et d'apprentissage continuent leur processus d'hybridation. Dans les prochaines années, nous verrons augmenter le nombre de possibilités qui s'offrent aux universités en termes de formation numérique, mais ces universités devront fonder leur choix de stratégies numériques sur des enjeux d'ordre pédagogique et non sur des tendances technologiques.



Liste de références

- Andersen, S. A. W., Frensdø, M. et Sørensen, M. S. (2020). Effects on cognitive load of tutoring in virtual reality simulation training. *MedEdPublish*, 9(51), 51. <https://doi.org/10.15694/mep.2020.000051.1>
- Bernatchez, J. et Alexandre, M. (2021). De la transition « formation en présence-formation à distance » à l'université au temps de la COVID-19. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education*, 18(1), (pp. 241-253). <https://doi.org/10.18162/ritpu-2021-v18n1-21>
- Bienstock, J. et Heuer, A. (2022). A review on the evolution of simulation-based training to help build a safer future. *Medicine*, 101(25), e29503. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000029503>
- Bracq, M. S., Michinov, E. et Jannin, P. (2019). Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simulation in Healthcare*, 14(3), 188-194. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. New York: Springer.
- Bucher, J. (2017). *Storytelling for virtual reality: Methods and principles for crafting immersive narratives*. Routledge
- Chattha, U. A., Janjua, U. I., Anwar, F., Madni, T. M., Cheema, M. F. et Janjua, S. I. (2020). Motion sickness in virtual reality: An empirical evaluation. *IEEE Access*, 8, 130486-130499. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007076>
- Chiniara, G. (2019). Simulation Scenario Template. Dans G. Chiniara (dir.), *Clinical simulation: education, operations and engineering* (p. 331). Academic Press.
- Collins, J., Regenbrecht, H., Langlotz, T., Can, Y. S., Ersoy, C. et Butson, R. (2019, Octobre). Measuring cognitive load and insight: A methodology exemplified in a virtual reality learning context. Dans [Proceedings of the] 2019 *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)* (pp. 351-362). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMAR47116.2019>
- Coulombe, S., Gagnon, C., Bisson, J., Gagné, A., Dupuis, S., Larouche, M., Beaucher, C. (2020). Transformations des pratiques enseignantes en formation professionnelle au Québec avec l'arrivée de la COVID-19. *Formation et profession : revue scientifique internationale en éducation*, 28(4), 1-13. <https://doi.org/10.18162/fp.2020.682>
- Dalton, J. (2021). *Reality check: How immersive technologies can transform your business*. Kogan Page Publishers.
- Fictum, C. (2016). *VR UX: learn VR UX, storytelling & design*. Creater Space Independent Publishing Platform.
- Hillmann, C. (2021). *UX for XR: User Experience Design and Strategies for Immersive Technologies*. Apress.
- Lavoie, R., Main, K., King, C., et King, D. (2021). Virtual experience, real consequences: the potential negative emotional consequences of virtual reality gameplay. *Virtual Reality*, (25), 69-81. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00440-y>
- Lee, A.T., (2009). *Flight simulation virtual environments in aviation*. Ashgate. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00440-y>
- Lewis, R., Strachan, A. et Smith, M. M. (2012). Is High Fidelity Simulation the Most Effective Method for the Development of Non-Technical Skills in Nursing? A Review of the Current Evidence. *The Open Nursing Journal*, 6, (pp. 82-89). <https://doi.org/10.2174/1874434601206010082>
- Lintern, G. (2001). An Informational Perspective on Skill Transfer in Human Machine Systems. Dans R. Swezey et D. Andrews (dir.), *Readings in Training and Simulation: A 30-Year Perspective* (pp. 2-12). Human Factors and Ergonomics Society. <https://doi.org/10.1177/001872089103300302>
- Ma, M. et Zheng, H. (2011). Virtual reality and serious games in healthcare. Dans S. Brahmam et L. C. Jain (dir.), *Advanced computational intelligence paradigms in healthcare 6. Virtual reality in psychotherapy, rehabilitation, and assessment* (pp. 169-192). Springer.
- Marceaux, J. et Dion-Gauvin, M.-A. (2021, 10 novembre). *Intégration pédagogique des technologies immersives*. Conférence présentée lors du webinaire « La grande famille des technologies immersives » dans la série Technologies immersives et compétences. Québec. <https://rccfc.ca/2021/11/01/serie-de-webinaires-technologies-immersives-et-competences/>



- McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Cohen, E. R., Barsuk, J. H. et Wayne, D. B. (2011). Does Simulation-Based Medical Education With Deliberate Practice Yield Better Results Than Traditional Clinical Education? A Meta-Analytic Comparative Review of the Evidence. *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges*, 86(6), 706-11. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e318217e119>
- Mignot, É. G. et Wolff, B. (2020). 20. Former avec la réalité virtuelle. Dans M. Barabel, O. Meier, A. Perret et T. Tebou. (dir.), *Le Grand Livre de la Formation* (pp. 479-490). Dunod.
- Milgram, P. et Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 12(12), (pp. 1321-1329).
https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MEES). (2018). *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Myers III, P. L., Starr, A. W. et Mullins, K. (2018). Flight Simulator Fidelity, Training Transfer, and the Role of Instructors in Optimizing Learning. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 5(1), 6.
<https://doi.org/10.15394/ijaaa.2018.1203>
- Pilote, B. et Chiniara, G. (2019). The many faces of Simulation. Dans G. Chianara (dir.), *Clinical simulation: education, operations and engineering*. (pp. 18-29). Academic Press.
- Pilote, B., Simoneau, I. L. et Lemieux, S. (2019). *Pertinence pédagogique de la simulation clinique par réalité virtuelle dans la formation collégiale : soins préhospitaliers d'urgence 181. A0* [rapport de recherche]. Cégep de Sherbrooke.
<https://tinyurl.com/2vrucd4p>
- Ribaupierre, S. D., Kapralos, B., Haji, F., Stroulia, E., Dubrowski, A. et Eagleson, R. (2014). Healthcare training enhancement through virtual reality and serious games. Dans M. Ma, L. C. Jain et P. Anderson (dir.), *Virtual, augmented reality and serious games for healthcare 1* (pp. 9-27). Springer.
- Savard, I. (2020). Évolution des pratiques en technologie éducative et en formation à distance. Adopter des pratiques inclusives, tant pour les enseignants que pour les apprenants. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, (31). <https://doi.org/10.4000/dms.5577>
- Servotte, J. C., Goosse, M., Campbell, S. H., Dardenne, N., Pilote, B., Simoneau, I. L., Ghuyssen, A. (2020). Virtual Reality Experience: Immersion, Sense of Presence, and Cybersickness. *Clinical Simulation in Nursing*, 38, 35-43.
<https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.09.006>
- Sweller, John. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Vrillon, A., Gonzales-Marabal, L., Ceccaldi, P. F., Plaisance, P., Desrentes, E., Paquet, C. et Julien, D. (2022). L'utilisation de la réalité virtuelle dans la formation à la ponction lombaire améliore l'expérience d'apprentissage des étudiants. *Revue Neurologique*, 178, S99. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.02.352>
- Watts, P. I., McDermott, D. S., Alinier, G., Charnetski, M., Ludlow, J., Horsley, E., Nawathe, P. A. (2021). Healthcare Simulation Standards of Best Practicetm Simulation Design. *Clinical Simulation in Nursing*, 58, 14-21.
<https://doi.org/10.1016/j.ecns.2021.08.006>

Concevoir une formation en réalité virtuelle

Présentation du processus d'élaboration
d'un entraînement pour les techniciens
de la Marine royale canadienne

**Designing Virtual Reality Training: Presentation of the Training
Development Process for Royal Canadian Navy technicians**

**Diseño de la formación en realidad virtual: Presentación del
proceso de desarrollo de la formación de los técnicos de la
Royal Canadian Navy**

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.340>

Julien Marceaux, concepteur pédagogique, responsable Formation
OVA, Canada
jmarceaux@ova.ai

Myriam Brunet-Gauthier, cheffe d'équipe Conception et Expérience utilisateur
OVA, Canada
mbgauthier@ova.ai

RÉSUMÉ

Les technologies immersives intègrent de plus en plus le milieu de la formation professionnelle. Parmi celles-ci, la réalité virtuelle est celle qui présente un des potentiels des plus intéressants par sa capacité à immerger des apprenants dans des situations et des environnements d'apprentissage virtuels où la charge cognitive, les gestes et la prise de décisions ressemblent à ceux qui devraient être posés dans la pratique. Cette modalité devient d'autant plus pertinente lorsque les écoles ou les centres ne disposent pas de tous les équipements sur leur lieu de formation. C'est le cas de la Marine royale canadienne (MRC), qui doit former ses techniciens à l'entretien et à la réparation d'équipements sur des navires qui, eux, peuvent être en mer, ou tout simplement postés de l'autre côté du pays. Cet article



résume les étapes de conception pédagogique et technique de simulations virtuelles destinées à la formation des techniciens de la MRC. Les auteurs y discutent des facteurs favorisant l'intégration de cette technologie ainsi que des forces et des limites de la réalité virtuelle dans ce type d'usage à partir d'un cas d'usage réel.

Mots-clés : réalité virtuelle, apprentissage immersif, ingénierie pédagogique, simulation virtuelle, conception pédagogique, technologies immersives, compétences procédurales

ABSTRACT

Immersive technologies are becoming increasingly important in the field of professional training. Among them, virtual reality is the one that presents one of the most interesting potentials because of its capacity to immerse learners in virtual situations and learning environments where the cognitive load, gestures and decision-making resemble those that should be made in practice. This modality becomes even more relevant when schools or centers do not have all the equipment at their training site. This is the case for the Royal Canadian Navy (RCN), which must train its technicians to maintain and repair equipment on ships at sea or stationed on the other side of the country. This article summarizes the pedagogical and technical design of virtual simulations for training RCN technicians. The authors discuss the factors favouring the integration of this technology and the strengths and limitations of virtual reality in this type of use based on a real-life use case.

Keywords: virtual reality, immersive learning, instructional design, virtual simulation, immersive technologies, procedural skills

RESUMEN

Las tecnologías inmersivas están adquiriendo cada vez más importancia en el ámbito de la formación profesional. Entre ellas, la realidad virtual es la que presenta uno de los potenciales más interesantes, por su capacidad de sumergir a los alumnos en situaciones virtuales y entornos de aprendizaje donde la carga cognitiva, los gestos y la toma de decisiones se asemejan a los que se deben realizar en la práctica. Esta modalidad adquiere mayor relevancia cuando las escuelas o centros no disponen de todo el equipamiento en su lugar de formación. Este es el caso de la Royal Canadian Navy (RCN), que debe formar a sus técnicos para mantener y reparar equipos en buques que pueden estar en alta mar o simplemente estacionados en la otra punta del país. Este artículo resume el diseño pedagógico y técnico de simulaciones virtuales para la formación de técnicos de la RCN. Los autores discuten los factores que favorecen la integración de esta tecnología, así como los puntos fuertes y las limitaciones de la realidad virtual en este tipo de situaciones, basándose en un caso de uso real.

Palabras clave: realidad virtual, aprendizaje inmersivo, ingeniería instructiva, simulación virtual, diseño instructivo, tecnologías inmersivas, habilidades procedimentales



Introduction

Les technologies immersives intègrent de plus en plus le milieu de l'éducation et de la formation (Gobin-Mignot et Wolff, 2019; Pelletier *et al.*, 2022). Parmi celles-ci, la réalité virtuelle (RV) est celle qui présente un des potentiels des plus intéressants par sa capacité à immerger des apprenants dans des simulations interactives, créant ainsi de véritables expériences d'apprentissage personnalisées, sécuritaires, ludiques et surtout rejouables (Sherman et Craig, 2018). Cette technologie offre de nouvelles solutions face aux défis qui frappent actuellement le monde du travail : actualisation fréquente des compétences techniques due à la digitalisation des instruments ou des procédés, développement des habiletés non techniques, perte d'expertise liée au mouvement de personnel, éparpillement de la main-d'œuvre, etc.

Alors que les modèles de formations traditionnelles s'adaptent difficilement à ces défis et aux besoins qui en découlent (Romero, Usart et Ott, 2015), les nouvelles technologies proposent des solutions novatrices. La situation de la Marine royale canadienne (MRC) fournit un bel exemple de la réponse technologique face à des besoins de formation précis et aux enjeux nommés précédemment. Dans le cadre d'un projet pilote, en partenariat avec l'entreprise spécialisée en technologies immersives OVA, la MRC a testé la réalité virtuelle comme solution de formation à la réparation et à l'entretien d'équipements et de systèmes maritimes spécifiques. L'ingénierie pédagogique pour ce type de simulations n'ayant pas encore de ligne directrice définie, notre équipe a dû élaborer un processus de conception combinant divers modèles et outils issus des différents domaines d'expertise nécessaires à la réalisation du projet. Le tout en s'assurant de développer des expériences crédibles, engageantes, répondant aux critères de performance de la MRC ainsi qu'à ses conditions de formation.

Enjeux liés au contexte de formation traditionnelle

Depuis une dizaine d'années, le contexte de la formation professionnelle change. Les compétences requises évoluent et s'actualisent plus fréquemment, les entreprises doivent s'adapter constamment à des environnements de plus en plus complexes et la main-d'œuvre doit être rapidement opérationnelle (OCDE, 2018). Cette réalité se généralise au sein de toutes les organisations, privées ou gouvernementales. Pour la Marine royale canadienne, cette situation s'ajoute à des besoins internes tels l'engagement, la flexibilité, les standards et le niveau de risque, la forçant à trouver de nouvelles solutions pour actualiser ses formations.

Favoriser l'engagement

Un des premiers enjeux soulevés par l'équipe de formateurs de la MRC était le côté passif des formations à l'entretien de certains systèmes. Un audit interne effectué par les services de formation de la Marine indiquait que l'utilisation de cours magistraux et de modules d'enseignement en ligne amenait une part des apprenants à effectuer des formations par obligation, favorisant peu de rétention des apprentissages. Ainsi, la MRC souhaitait développer des modules dans lesquels la théorie serait incluse dans un contexte de simulation, forçant ainsi ses apprenants à s'engager physiquement et mentalement dans leur formation.



Permettre la flexibilité

Un autre enjeu identifié par la MRC a été le besoin de flexibilité, leur contexte réclamant que les simulations puissent être déployées autant en classe, à distance des équipements, qu'en mer, à distance des formateurs. Ceci impliquait donc un changement de paradigme afin de trouver une modalité qui annulerait la distance entre l'apprenant, les équipements et les formateurs, pour favoriser la pratique, indépendamment de la position géographique de chacun de ces éléments. De plus, leur besoin de flexibilité visait à permettre aux techniciens de refaire plusieurs fois les simulations pour augmenter le temps d'exercice et d'exposition.

Enseigner les bonnes pratiques et standardiser les formations

Un autre objectif de la Marine était de diminuer le risque d'erreurs ainsi que l'apprentissage négatif causés par des formations non standardisées ou n'ayant pas été mises à jour. Partant du principe qu'une formation est en partie tributaire de la personne qui l'offre, que cela soit dans l'information donnée ou dans les évaluations effectuées (Gile, 2001), un moyen d'arriver à atteindre une uniformité est d'établir des objectifs d'apprentissage et de standardiser les contenus et les prestations des cours. Dans des formations impliquant un niveau de risque élevé, le besoin de standardisation est d'autant plus important en raison des conséquences que des erreurs peuvent engendrer. La Marine souhaitait donc actualiser les formations en y incluant un enseignement standardisé des procédures afin de favoriser les bonnes pratiques.

Diminuer les risques

Certains corps de métiers impliquent des niveaux de risque importants et imposent l'application de normes de santé et sécurité. Lors de la formation initiale à ces métiers, cet enjeu amène souvent les centres de formation à limiter l'exposition de leurs apprenants aux situations dangereuses en raison des risques qu'elles présentent (Kircali, Drakos et Nelson, 2022). Par conséquent, il devient difficile d'entraîner suffisamment les apprenants à intervenir dans des contextes à risque, ce qui limite leur capacité à maîtriser leur stress et les émotions inhérentes aux situations dangereuses (Pilote, Simoneau et Lemieux, 2019). Plusieurs tâches des techniciens de la MRC comportent des risques pouvant causer des conséquences irréversibles, voire mortelles.

À la lumière de ces enjeux, la MRC, par le biais du Naval Training Development Center (NTDC) de Victoria, a souhaité expérimenter plusieurs solutions possibles, notamment l'utilisation de simulations en réalité virtuelle, donnant naissance à un projet pilote en partenariat avec notre équipe, spécialisée en design d'expériences immersives chez OVA.



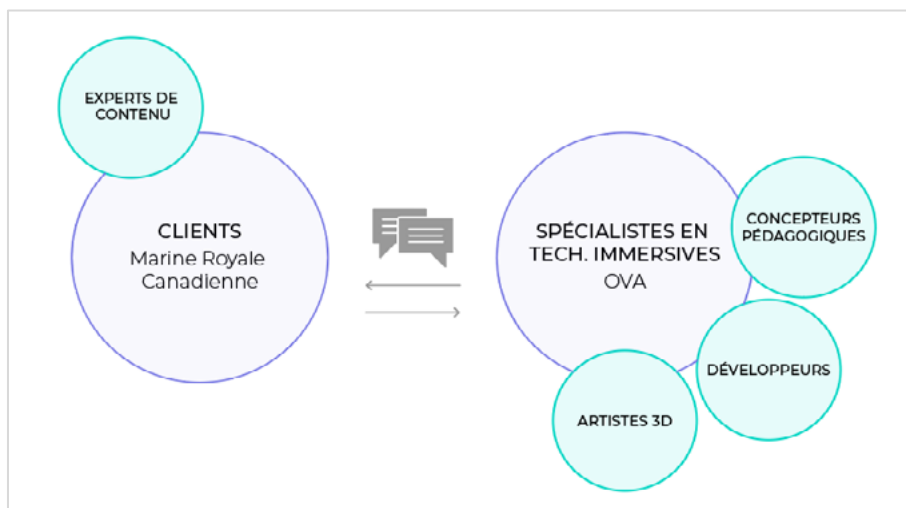
Démarche de conception

Synchroniser les parties prenantes

La première étape, avant de commencer l'analyse des besoins, a été de définir les rôles et responsabilités de chacun (figure 1). Les deux organisations comptant dans leurs membres des concepteurs pédagogiques, il a fallu s'assurer de créer de la complémentarité entre les équipes et non de la concurrence. Ainsi, les pédagogues du NTDC, experts de leur domaine, ont eu la responsabilité d'identifier les formations à actualiser en priorité et d'assurer le recrutement des experts de contenus pouvant valider les contenus de formation. Quant à l'équipe d'OVA, elle a pris en charge la conception pédagogique des simulations en RV ainsi que la production des simulations virtuelles. Ce projet étant multidisciplinaire, l'élaboration d'une charte de projet et d'un calendrier a permis de produire des outils clés pour établir les attentes entre les collaborateurs, synchroniser les moments de partage et suivre la progression du projet.

Figure 1

Parties prenantes au projet et répartition des expertises



Note. © Marceaux et Brunet-Gauthier, 2023.

Identifier les contenus pertinents à la réalité virtuelle

Une fois les rôles et responsabilités déterminés, il a fallu se pencher sur l'adéquation entre les contenus de formation, les objectifs d'apprentissage et l'utilisation de la RV. Parmi les contenus identifiés comme prioritaires, plusieurs avaient des objectifs d'apprentissage de type procédural. L'approche par simulation s'avère parmi les plus efficaces pour atteindre ce genre d'objectifs (Chiniara *et al.*, 2013), ce qui est favorable à l'utilisation de la réalité virtuelle qui, par définition, permet d'immerger ses utilisateurs dans n'importe quel environnement simulé, virtuel et interactif. Toutefois, l'intégration de la RV trouve réellement sa pertinence lorsque plusieurs facteurs essentiels sont réunis (Dalton, 2021). À ce titre, nous avons donc identifié des critères d'inclusion qui nous ont permis de cibler des formations pour lesquelles la RV offrirait une plus-value (tableau 1).



Tableau 1

Parties prenantes au projet et répartition des expertises

Critères	Simulation <i>in situ</i>	Simulation en RV
Accès aux équipements ou à l'environnement	Oui, si disponibles sur site.	Oui, si non disponibles sur site de formation.
Coûts liés au déploiement de la simulation	Oui, si les coûts de réalisation sur période de 5 ans sont inférieurs aux coûts de production d'une simulation en RV.	Oui, si les coûts de réalisation sur période de 5 ans sont supérieurs aux coûts de production d'une simulation en RV.
Risques	Oui, si les risques sont nuls pour l'apprenant ou si les erreurs n'occasionnent pas de risques pour la santé et la sécurité.	Oui, s'il y a des risques pour l'apprenant OU si l'apprenant doit être exposé à des conséquences dangereuses en cas d'erreur.
Besoin de répétition de l'entraînement	Oui, si l'équipement est disponible en tout temps pour l'apprenant ou si le besoin de répétition n'est pas un enjeu pour développer la compétence.	Oui, si l'équipement n'est pas disponible en tout temps ou si le besoin de répétition est un enjeu pour développer la compétence.
Besoins pédagogiques spécifiques	Les besoins pédagogiques sont atteignables par cette modalité.	Les besoins pédagogiques ne sont pas atteignables par la simulation <i>in situ</i> (ex. : expliciter le fonctionnement interne d'une machine).

Pour nous, il était important de garder en tête que cette technologie devait être utilisée à bon escient pour répondre à un besoin, et de ne pas créer inutilement un besoin pour utiliser une technologie. Nous devons poursuivre des objectifs pédagogiques et non ludiques. Sur ce point, notre approche se veut en accord avec la définition du jeu sérieux de Clark C. Abt (1987, p. 9) selon laquelle les jeux qui nous préoccupent ici sont des jeux sérieux au sens où ils ont une visée éducative explicite et souhaitée et ne sont pas conçus principalement pour divertir.

Analyse

L'étape précédente a permis d'identifier des formations portant sur la maintenance et l'entretien des systèmes de traitement d'eau potable et d'eaux usées. Volumineux et onéreux, ces équipements ne se retrouvent que sur les navires, limitant leur accès aux recrues. De plus, la MRC recense fréquemment des bris de ces équipements, essentiels à l'équipage, en raison d'erreurs d'entretien liées à un manque de formation pratique. Les simulations auraient donc pour but d'entraîner les apprenants aux procédures de maintenance et de réparation de ces systèmes. Aussi, le séchoir d'air à haute pression a été retenu, mais pour une simulation d'un autre type. Les erreurs d'entretien et de maintenance pour cet équipement, selon



le NTDC, sont liées à une incompréhension du fonctionnement de l'appareil et des réactions chimiques qui se produisent à l'intérieur. Ainsi, pour ce projet, la RV serait utilisée pour illustrer le fonctionnement interne du séchoir.

Une fois ces objectifs établis et les systèmes définis, l'équipe de OVA, avec le concours des experts du NTDC, a analysé les contenus de formation existants ainsi que les recommandations et bonnes pratiques préconisées dans les différentes procédures. Pour la conception d'expériences en RV, un des éléments clés est d'avoir accès à des références audiovisuelles. Elles concrétisent les espaces et les manipulations à reproduire. Autant d'information nécessaire aux équipes de conception et de programmation devant reproduire à l'identique l'environnement, les machines et leurs comportements.

Proposition d'un modèle de scénario pédagogique

Après une analyse approfondie du fonctionnement des systèmes et des contenus de formation, l'équipe d'OVA a pu concevoir un scénario de formation. Traditionnellement, cette démarche requiert plusieurs itérations afin de définir un modèle de scénario pédagogique (figure 2) qui tient compte des objectifs d'apprentissage et permet d'établir les séquences que devront suivre les apprenants. À ce stade, pour mener à bien la conception d'une formation immersive, nous avons défini les événements critiques de la maintenance des systèmes, les actions à entreprendre, les étapes, leur mécanique d'exécution et les procédures sécuritaires. Le tout doit reproduire l'environnement et les systèmes avec le plus d'exactitude possible pour favoriser la crédibilité de la simulation.

Figure 2

Modèle de scénario pédagogique

NOM DU SYSTÈME Partie du processus	ÉTAPE DE DÉPART	PREMIÈRE ÉTAPE	DEUXIÈME ÉTAPE	...	ÉTAPE FINALE
	ÉVÉNEMENTS				
ACTIONS À ENTREPRENDRE					
RÉFÉRENCES TECHNIQUES					
RÉFÉRENCES VISUELLES					

Note. © Marceaux et Brunet-Gauthier, 2023.



Une fois le modèle de scénario pédagogique complété, une collaboration étroite avec les experts de contenu, détachés par la MRC, a été nécessaire. Un des effets que nous voulions éviter à tout prix est l'apprentissage négatif. Cet effet, identifié d'abord dans le domaine de l'aviation, se produit lorsque la configuration du simulateur ne correspond pas aux conditions de la situation réelle (Aaltonen, 2022). La formation aboutit alors à l'acquisition de connaissances ou de comportements fautifs chez l'apprenant, nécessitant des mesures correctives car, dans le pire des cas, ces comportements incorrects peuvent entraîner des accidents graves et des pertes de vies humaines. Ainsi, que ce soit pour l'équipement de sécurité nécessaire, le degré auquel une manivelle doit être tournée, les bons produits à utiliser, etc., tout a été pensé, étudié et validé de façon rigoureuse afin d'élaborer des scénarios pédagogiques justes et valides au regard des conditions d'application réelles des compétences que les apprenants sont censés développer.

Développement

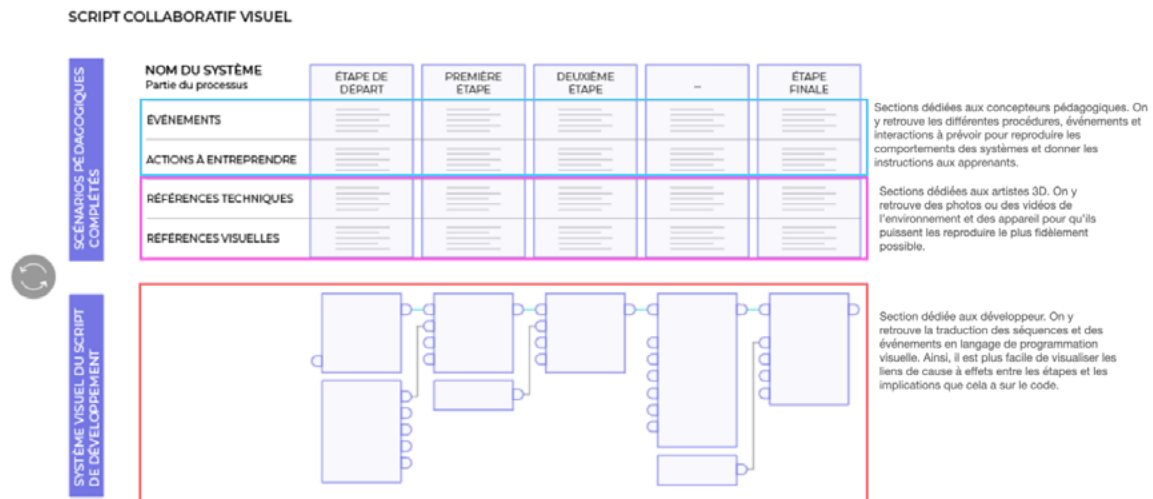
Dans le développement de simulations en RV, il est possible de commencer la création des environnements et des objets 3D parallèlement à l'élaboration des scénarios pédagogiques. Par exemple, une liste des items à créer peut être envoyée aux artistes 3D dès qu'elle a été validée par les experts de contenu. Ainsi, l'environnement est disponible pour l'équipe de développement dès que les scénarios pédagogiques sont terminés. Cela permet de tester la navigation dans l'environnement virtuel et de s'assurer que l'utilisateur peut se mouvoir sans difficulté. Cette partie du projet était de la responsabilité des équipes d'OVA. Pour faciliter la collaboration entre les équipes, les auteurs de cet article (Marceaux et Brunet-Gauthier, 2023) ont créé un outil collaboratif en utilisant la ressource MIRO¹. Cet outil, présenté à la figure 3, a favorisé les échanges entre les divers spécialistes pour tester et ajuster les simulations.

¹ <https://miro.com>



Figure 3

Exemple du système de script collaboratif



Note. © Marceaux et Brunet-Gauthier, 2023.

La conception des simulations s'est faite entièrement en utilisant l'outil StellarX², une application de création d'expériences de RV dite *no-code/low-code*. Utilisant un système d'intégration d'objets 3D de type « glisser-déposer » et un système de programmation visuelle, l'outil ne nécessite pas de formation en programmation de la part de ses utilisateurs. Cependant, il est à noter que la complexité de certaines animations ou interactions inhérentes aux simulations élaborées pour la MRC ont demandé du codage spécifique, réalisé dans Unity.

Implantation

Comme pour tout nouveau système d'apprentissage, l'implantation des simulations virtuelles, nécessite une période pour tester toutes les mécaniques de l'expérience. Fréquemment, il arrive que des bonifications ou rectifications doivent être apportées, que ce soit pour s'ajuster aux objectifs d'apprentissage ou peaufiner l'ergonomie. À ce jour, peu de guides portant sur les principes de conception d'univers immersifs existent, ce qui nécessite une approche de type essais et erreurs. Cette période de test poursuit aussi un double objectif de validation : 1) une validation des scénarios pédagogiques en tant que format simulations et 2) une validation du respect des objectifs d'apprentissage et de l'utilisabilité. Quand tout est validé et fonctionnel, il est temps de l'implanter. Toutefois, étant donné qu'il s'agit d'une nouvelle technologie, il nous a paru nécessaire de fournir un certain niveau de soutien lors de la livraison et de la mise en service de la solution d'apprentissage. Nous avons donc conçu, en plus des simulations, une documentation complète pour enseigner les bons comportements d'usage des dispositifs de RV (ex. : casques, manettes, etc.), des simulations (ex. : navigation, interaction, etc.), et ce, afin de favoriser un rapport positif des apprenants avec la technologie et de faciliter la période de familiarisation avec la RV. Cette étape est primordiale au succès de projets tels que celui-ci.

² <https://www.stellarx.ai>



Discussion

Dans le domaine de la formation, la réalité virtuelle connaît un certain succès depuis les cinq dernières années, apportant de nouvelles solutions pour les organisations souhaitant des formations axées sur l'apprentissage pratique et la résolution de problèmes dans des contextes simulant des conditions réelles (Dalton, 2021). Toutefois, il ne s'agit pas d'une panacée, mais plutôt d'un nouvel outil qui présente des forces et des limites.

Les limites

Pour ce qui est des limites, on peut déjà distinguer des limites technologiques. Les casques, même récents, deviennent inconfortables à long terme. Les recommandations suggèrent des séances courtes pour habituer les utilisateurs et limiter les risques de cybermalaises (Stanney, Kennedy, et Kingdon, 2002; Leroy, 2020). Pour nous, cela s'est traduit par une limitation de la durée des simulations, soit 20 minutes maximum. Les contrôleurs, ou manettes, dans leur forme actuelle, sont contraignants pour les tâches de motricité fine. Dans notre cas, cela a limité l'entraînement à des tâches pour lesquelles une motricité très fine ou nécessitant la manipulation d'outils spécifiques n'était pas requise. Finalement, l'appropriation de la technologie par les apprenants étant nécessaire avant même de l'utiliser comme outil d'apprentissage, nous avons fortement suggéré à nos partenaires de prévoir des activités d'exploration et de familiarisation. Toutefois, ce type d'activités peut ralentir le rythme d'apprentissage.

L'accès à différents types de ressources impose aussi certains obstacles. Premièrement, les coûts de développement de simulations en RV s'avèrent élevés et demandent souvent le recours à une expertise spécifique. Si la Marine avait des fonds pour un projet pilote, ce n'est pas le cas de toutes les organisations. Deuxièmement, il faut savoir que le développement des simulations peut prendre de deux à six mois, notamment parce que la modélisation des environnements, la programmation des animations et les tests de fonctionnalité prennent du temps. Finalement, les ressources humaines spécialisées dans l'apprentissage immersif sont rares, car il n'existe pas encore de parcours de formation formel pour cette spécialité qui requiert une excellente maîtrise des méthodes d'ingénierie pédagogique ainsi qu'une compréhension pointue du potentiel pédagogique et technique de la RV.

Avantages

Malgré ces limites, les avantages de la RV démontrent à quel point cette technologie est un outil de formation pertinent. Les commentaires reçus de la part des instructeurs du NTDC nous indiquent que cette modalité a répondu à leurs principaux besoins. Les simulations ont été intégrées aux cours, permettant aux apprenants de s'exercer directement après avoir été exposés aux contenus théoriques. Ils sont aussi en mesure d'exposer leurs apprenants à des expériences qui concrétisent le fonctionnement de systèmes complexes. Les manipulations enseignées dans les simulations entraînent de façon crédible et réaliste les techniciens aux manœuvres à produire sur les systèmes réels. La flexibilité attendue semble aussi atteinte. L'organisation est en mesure de former, par la même modalité, les techniciens de ses deux écoles (Victoria et Halifax) ainsi que ceux qui sont en mer. La RV a permis de créer des jumeaux numériques des équipements, les rendant virtuellement disponibles, peu importe la position de l'apprenant. Chacun peut



alors accéder aux simulations à partir de casques de RV autonomes mis à disposition et refaire les exercices autant que voulu.

Finalement, notre partenaire note que la conception des simulations a donné l'occasion de reconstruire les formations à partir des recommandations et d'inclure les procédures liées à la santé et la sécurité exigées par les normes du travail. Elles sont devenues une sorte de modèle et standardisent aujourd'hui la formation des nouveaux techniciens. Cette standardisation est l'un des atouts majeurs de cette solution, car elle permet de contourner l'écueil des différences entre les formateurs et des interprétations personnelles. En réalisant un déploiement sur tous les sites de formation de la MRC, cela assure un niveau de compétences similaire et des pratiques harmonisées pour tout le personnel ciblé, avantage non négligeable sachant que les marins peuvent venir de partout.

Conclusion

Au regard des résultats obtenus par ce projet, la réalité virtuelle risque de devenir une modalité crédible pour la formation technique au sein de la MRC. D'ailleurs, selon un rapport de la firme Accenture (Schmidt, Tridico et Wheless, 2022), 83 % des gestionnaires des domaines de l'aéronautique et de la défense pensent que les technologies immersives auront un impact positif sur leurs organisations. Le potentiel de la formation en RV dans le développement des compétences non techniques (Eckert et Mower, 2020 Bracq, Michinov, et Jannin, 2019), l'avènement d'outils auteurs, comme StellarX et Horizon, permettant de créer des simulations en RV sans recours à la programmation et l'accessibilité grandissante des casques, conjuguée à l'amélioration de leurs performances, sont autant de facteurs qui favoriseront l'intégration de cette technologie dans les années à venir. Il faut toutefois garder en tête que la réalité virtuelle n'est qu'un outil de plus à la disposition des pédagogues qui devront s'assurer que son utilisation répond à un besoin et non à une mode. Pour cela, il est nécessaire que des recherches approfondies sur l'impact de cette modalité et les bonnes pratiques de design pédagogique utilisant cette méthode soient menées.

Liste de références

- Aaltonen, S. (2022, 11 octobre). *What is negative learning (and how avoid it in VR)?* <https://varjo.com/vr-lab/what-is-negative-training-and-how-to-avoid-it-in-vr/>
- Abt, C. C. (1987). *Serious games*. University press of America.
- Bracq, M. S., Michinov, E., et Jannin, P. (2019). Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simulation in Healthcare*, 14(3), 188-194. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347>
- Chiniara, G., Cole, G., Brisbin, K., Huffman, D., Cragg, B., Lamacchia, M., Norman, D. et Canadian Network For Simulation In Healthcare, Guidelines Working Group. (2013). Simulation in healthcare: a taxonomy and a conceptual framework for instructional design and media selection. *Medical teacher*, 35(8), e1380-e1395. <https://doi.org/10.3109/0142159x.2012.733451>
- Dalton, J. (2021). *Reality check: How immersive technologies can transform your business*. Kogan Page Publishers.
- Eckert, D., et Mower, A. (2020). *The effectiveness of virtual reality soft skills training in the enterprise: a study*. London: PwC.
- Gile, D. (2001). L'évaluation de la qualité de l'interprétation en cours de formation. *Meta: journal des traducteurs/Meta: Translators' Journal*, 46(2), 379-393. <https://doi.org/10.7202/002890ar>



- Gobin-Mignot, É. et Wolff, B. (2019). *Former par la réalité virtuelle*. Paris : Dunod
- Kircali, E., Drakos, A., et Nelson, J. (2022, juillet). Formation et réalité virtuelle: analyse de l'activité lors d'une formation incendie classique et une formation en réalité virtuelle. Dans *Congrès de la SELF, Vulnérabilités et risques émergents: penser et agir ensemble pour transformer durablement*, Genève, Suisse (pp. 432-438). <https://hal.science/hal-03755030>
- Leroy, L. (2020). Système de réduction de contraintes physiologiques pour une cohérence sensori-motrice en réalité virtuelle [thèse de doctorat, Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis]. <https://hal.science/tel-03553048>
- OCDE. (2018). *Le Futur de l'éducation et des compétences : Projet Éducation 2030 de l'OCDE*. OCDE. <https://tinyurl.com/wph2dunp>
- Pilote, B., Simoneau, I. L., et Lemieux, S. (2019). *Pertinence pédagogique de la simulation clinique par réalité virtuelle dans la formation collégiale : soins préhospitaliers d'urgence 181.A0* [rapport de recherche]. Cégep de Sherbrooke. <https://tinyurl.com/ymuysx2h>
- Pelletier, K., McCormack, M., Reeves, J., Robert, J., Arbino, N., Dickson-Deane, C., Al-Freih, M., Dickson-Deane, C., Guevara, C., Koster, L. Sánchez-Mendiola, M., Skallerup Bessette, L., Stine, J. (2022). 2022 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition (pp. 1-58). EDUC22. <https://library.educause.edu/resources/2022/4/2022-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>
- Romero, M., Usart, M., et Ott, M. (2015). Can serious games contribute to developing and sustaining 21st century skills? *Games and culture*, 10(2), 148-177. <https://doi.org/10.1177/1555412014548919>
- Schmidt, J., Tridico, C. et Wheless, J. (2022). Aerospace and Defense Technology Vision 2022: Metaverse: the new destination for Aerospace and Defense. *Accenture*. <https://tinyurl.com/42f3kunv>
- Sherman, W. R., et Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann.
- Stanney, K.M., Kennedy, R.S., et Kingdon, K. (2002). Virtual environment usage protocols. Dans K.M. Stanney (dir.) *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications* (pp.721-730). Mahwah : IEA.

Le design, le développement et l'évaluation d'une simulation de gestion de projet agile avec Minecraft Education : partage d'une approche innovante en enseignement supérieur

The Design, Development, and Evaluation of an Agile Project Management Simulation with Minecraft Education: Sharing an Innovative Approach in Higher Education

El diseño, el desarrollo y la evaluación de una simulación de gestión ágil de proyectos con Minecraft Education: compartir un enfoque innovador en la educación superior

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.352>

Marie-Claude Petit, chargée de cours
Université du Québec à Montréal, Canada
petit.marie-claude@uqam.ca

Thibaut Coulon, professeur
Université du Québec à Montréal, Canada
coulon.thibaut@uqam.ca

Simon Bourdeau, professeur
Université du Québec à Montréal, Canada
bourdeau.simon.2@uqam.ca



RÉSUMÉ

Cette contribution pratique présente le processus qui a mené à la refonte d'un scénario pédagogique au tournant de l'année 2020 dans des cours universitaires. Ce projet avait pour but de transposer dans un environnement numérique, soit Minecraft Education Edition (MEE), une simulation de gestion de projet agile initialement conçue pour se dérouler avec, sur tables, des briques Lego® et, aux murs, des cartes adhésives. En plus d'illustrer la valeur ajoutée du recours aux approches d'ingénierie pédagogique ADDIE (analyse, design (ou conception), développement, implantation et évaluation) et SAM2 (*Successive Approximation Model*) pour, d'un point de vue technopédagogique, parvenir à exploiter de façon judicieuse cette application numérique, l'article souligne qu'il importe d'offrir aux apprenants la possibilité de se familiariser avec l'environnement de MEE avant qu'ils ne sautent tête la première dans cet univers virtuel qui, pour plusieurs, s'avère méconnu. Dotés de connaissances et d'une expérience antérieure le jour de l'immersion, ces derniers démontrent davantage de confiance en leurs capacités de réussir les tâches d'apprentissage demandées. Pour conclure, des recommandations issues de nos réflexions et de notre expérience sont émises.

Mots-clés: enseignement supérieur, design pédagogique, gestion de projet agile, Minecraft Education Edition

ABSTRACT

This practitioner contribution presents the process that led to redesigning a 2020 educational scenario into university courses. The goal of this project was to transpose into a digital environment, i.e. Minecraft Education Edition, an agile project management simulation originally designed to take place with Lego® bricks on tables and adhesive maps on the walls. In addition to illustrating the added value of using the ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) and SAM2 (Successive Approximation Model) pedagogical engineering approaches to judiciously exploit this digital application from a techno-pedagogical point of view, the article emphasizes the importance of offering learners the opportunity to familiarize themselves with MEE environment before jumping headfirst into this virtual world that, for many, may be unfamiliar. Equipped with prior knowledge and experience on D-day, they find themselves more confident in their ability to accomplish the learning tasks requested. In conclusion, recommendations based on our reflections and experience are shared.

Keywords: higher education, instructional design, Minecraft Education Edition, agile project management

RESUMEN

Esta contribución profesional presenta el proceso que condujo al rediseño de un escenario educativo hacia el año 2020 en cursos universitarios. El objetivo de este proyecto era trasladar a un entorno digital, Minecraft Education Edition (MEE), una simulación de gestión ágil de proyectos diseñada originalmente para llevarse a cabo con ladrillos Lego® sobre las mesas y mapas adhesivos en las paredes. Además de ilustrar el valor añadido de utilizar los enfoques de ingeniería pedagógica ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) y SAM2 (Modelo de Aproximación Sucesiva) para explotar juiciosamente esta aplicación digital desde un punto de vista tecnopedagógico, el artículo subraya la importancia de ofrecer



a los alumnos la oportunidad de familiarizarse con el entorno MEE antes de lanzarse de cabeza a este mundo virtual que, para muchos, puede resultar desconocido. Equipados con conocimientos y experiencia previos, el día-D se encuentran más seguros de su capacidad para llevar a cabo las tareas de aprendizaje solicitadas. Para concluir, compartimos recomendaciones basadas en nuestras reflexiones y experiencia.

Palabras clave: educación superior, diseño pedagógico, Minecraft Education Edition, gestión ágil de proyectos

Introduction

Les jeux sérieux traditionnels ou numériques sont de plus en plus intégrés dans les contextes d'enseignement où l'apprentissage expérientiel (Kolb, 1984; Desrosiers, 2017) est privilégié (Lépinard, 2021a). Les raisons pour lesquelles les enseignants décident de recourir aux jeux sérieux comme stratégie d'apprentissage peuvent être diverses.

En enseignement supérieur notamment, les jeux sérieux contribuent à susciter un plus grand d'intérêt de la part des apprenants notamment grâce à des ressemblances avec leurs passe-temps et leur propension à encourager des attitudes positives et du plaisir (Forget, 2015). Les jeux sérieux peuvent aussi favoriser le développement d'habiletés cognitives et psychomotrices lorsque leur mécanique encourage les apprenants à faire face, de manière active ou interactive, à des situations ou des problèmes dont le niveau de difficulté peut être ajusté selon les besoins d'apprentissage.

Dans le cadre des cours en gestion de projet que nous, auteurs du présent article, dispensons à l'École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal (ESG UQAM), les apprenants sont ponctuellement amenés à participer à des activités où le recours à des dispositifs ludiques sert d'appui ou de prétexte pour soutenir l'apprentissage. C'est notamment le cas dans le cadre des simulations que nous mettons en place d'une session à une autre au sein de groupes-cours au 1^{er} cycle. À une échelle plus ou moins réduite, ces simulations servent à faire vivre des situations thématiques de gestion de projet de manière réaliste. En plus de permettre des échanges constructifs en équipes et en grand groupe – relativement aux habiletés, attitudes et comportements ayant été mis de l'avant ou qu'il serait préférable de mettre en pratique dans la réalité –, cette stratégie d'apprentissage actif vient placer les apprenants sur la voie de l'atteinte des objectifs d'apprentissage du cours (Chamberland *et al.*, 2003).

Dans cet article, c'est la simulation de gestion de projet agile qui retient notre attention. Originellement conçue pour être vécue dans une salle de classe avec des Lego®, cette simulation d'envergure a récemment fait l'objet d'un projet d'adaptation et de transposition dans un environnement numérique, en l'occurrence Minecraft Education Edition (MEE) (Bourdeau *et al.*, 2021; Coulon *et al.*, 2021).

Le besoin de troquer des briques de plastique et des cartes d'énoncés à coller sur les murs pour des blocs, des fiches et des tableaux virtuels a émergé en 2019 alors que la réalisation d'un projet de médiatisation de l'un de nos cours de 1^{er} cycle en gestion de projet était en cours. Face à la mise en péril de la continuité de cette simulation que venait générer l'augmentation du nombre de séances à distance de ce cours, nous avons décidé de démarrer un projet pour la sauvegarder.



Cette contribution pratique présente la démarche de scénarisation technopédagogique que nous avons mise en œuvre pour parvenir à adapter et à transposer cette simulation de gestion de projet agile dans MEE de la façon la plus judicieuse qui soit (Bates, 2015; Stockless, n.d.) pour une implantation à l'automne 2020. Au fil des prochaines sections, nous allons d'abord définir en quoi consiste cette simulation. Puis, nous exposerons les caractéristiques et critères qui nous ont fait choisir MEE. Par la suite, nous expliquerons comment nous nous y sommes pris pour concevoir (*design*), développer et évaluer les aspects technopédagogiques d'une nouvelle mouture de cette simulation. Enfin, à l'intention des enseignants qui projettent de transposer une activité pédagogique en présence à distance, nous partagerons nos recommandations.

Le concept de la simulation de gestion de projet agile

La simulation de gestion de projet agile, dont la mécanique de jeu est adaptée du concept Lego4Scrum (Krivitsky, 2019), se tient depuis 2017 dans l'un de nos cours de 1^{er} cycle universitaire de gestion de projet. Comme son appellation l'indique, elle a pour but de former les apprenants à l'application des principes de l'agilité que préconise la méthode SCRUM (un terme signifiant *mêlée* au rugby). Par définition, ces principes privilégient les individus et leurs interactions, la livraison rapide et régulière de fonctionnalités à grande valeur ajoutée pour des produits, la collaboration avec les clients des produits et l'adaptation au changement (Beck, 2001).

Pour les quelque 500 apprenants par année qui ont l'opportunité de participer à cette simulation, il s'agit de réaliser, en équipe autogérée de cinq à six apprenants, un projet complexe de construction destiné à satisfaire un besoin organisationnel stratégique. Plus précisément, le mandat (fictif) qui est assigné aux équipes consiste à livrer à la Ville de Montréal (cliente du projet) une maquette de village olympique visant à prouver au Comité International Olympique (CIO) la capacité de la Ville à accueillir les Jeux olympiques d'été de 2032.

Pour réaliser cette maquette, qui doit principalement être composée de briques Lego®, chaque équipe se voit assigner à la réalisation d'une infrastructure olympique. Selon le nombre d'équipe par groupe-cours, la maquette peut contenir jusqu'à 10 infrastructures (ex. : stade, bassin, gymnase, terrain de tennis, circuit équestre, etc.), toutes connectées à un réseau de tramway qui est aussi à construire.

Au fil des trois heures sur lesquelles s'échelonne cette simulation, les équipes doivent respecter plusieurs paramètres : se répartir trois rôles de l'approche SCRUM, soit propriétaire de produit, maître SCRUM et développeurs de produit, incarner les valeurs de la méthode SCRUM (focalisation, ouverture, respect, courage, engagement), communiquer et collaborer étroitement et efficacement à partir, notamment, des besoins recensés dans un carnet de produit, pour créer de manière convaincante de la valeur aux yeux du propriétaire de produit.

Les récits utilisateurs se rapportent aux différents besoins énoncés sous forme de courts récits par des parties prenantes-clés (Ville de Montréal, CIO, athlètes, urbanistes, commanditaires, représentants des médias, etc.) qui désirent voir ceux-ci incarnés dans les différentes facettes des infrastructures du village olympique (figure 1).



Figure 1

Exemple de récits utilisateurs pour l'infrastructure de la gare de tramways

<p>En tant que : Ville de Montréal</p> <p>Je veux : une station centrale au cœur d'un circuit optimal entre tous les bâtiments</p> <p>Afin de : réduire le nombre de lignes de tramway</p> <p>Priorité : 8</p>	<p>En tant que : spectateur</p> <p>Je veux : une cabine de tramway moderne et lumineuse</p> <p>Afin de : pouvoir contempler les installations olympiques lors de mes déplacements</p> <p>Priorité : 3</p>
<p>En tant que : résident</p> <p>Je veux : accéder au centre-ville rapidement par une station de métro accessible en périphérie de la station de tramway principale</p> <p>Afin de : pouvoir bénéficier d'un service de transport complet et intégré</p> <p>Priorité : 5</p>	<p>En tant que : promoteur</p> <p>Je veux : que la distance à parcourir entre le stade olympique et la station principale de tramway soit minimale</p> <p>Afin de : pouvoir promouvoir l'accès au bâtiment principal de la station de tramway</p> <p>Priorité : 5</p>

Note. Sources : Archives des auteurs.

La réalisation des infrastructures olympiques à partir de chaque récit utilisateur nécessite que chaque équipe agile vive trois intervalles d'événements, appelés sprints. Minutés au quart de tour, ces événements sont l'estimation et la planification à haut niveau des sprints de construction par le maître SCRUM et les développeurs de produit en fonction de la priorité et de la complexité accordés aux besoins des utilisateurs (20 minutes en prévision du sprint 1; 5 minutes en prévision des sprints 2 et 3), la planification d'un sprint de construction (3 minutes), le sprint de construction par les développeurs (7 minutes), la revue de sprint qui permet au propriétaire du produit de constater la valeur créée et de rétroagir (5 minutes), et la rétrospective qui amène le maître SCRUM et les développeurs de produit à questionner leur dynamique d'équipe et à s'entendre sur la façon la plus optimale de communiquer et de collaborer en prévision du prochain sprint (5 minutes) (figure 2).

Figure 2

Processus en trois intervalles minutés de la simulation

SPRINT 1		SPRINT 2		SPRINT 3	
Évènement	Durée (minutes)	Évènement	Durée (minutes)	Évènement	Durée (minutes)
Estimation et planification à haut niveau du sprint de construction	20	Estimation et planification à haut niveau du sprint de construction	5	Estimation et planification à haut niveau du sprint de construction	5



SPRINT 1		SPRINT 2		SPRINT 3	
Planification du sprint	3	Planification du sprint	3	Planification du sprint	3
Sprint	7	Sprint	7	Sprint	7
Revue du sprint	5	Revue du sprint	5	Revue du sprint	5
Rétrospective du sprint	5	Rétrospective du sprint	5	Rétrospective du sprint	5

À l'issue des trois itérations de construction, les équipes agiles sont invitées par l'enseignant à mettre en commun les infrastructures de façon à former, sur un îlot central de tables, la maquette du village olympique attendu par le client, par l'intermédiaire des propriétaires de produit (figure 3).

Figure 3

Exemple d'une maquette de village olympique intégrant six infrastructures



Note. Source : Archives des auteurs.

Les propriétaires de produit sont ensuite invités à présenter de manière descriptive et appréciative l'infrastructure de leur équipe agile au regard des besoins exprimés dans leur carnet récits utilisateurs. Au besoin, les maîtres SCRUM et les développeurs de produit ajoutent leur voix au chapitre.

Puis, un échange constructif se tient entre l'enseignant et les apprenants au sujet de faits marquants vécus, de leçons apprises et du potentiel de transfert de leurs nouveaux savoirs en matière de gestion de projet agile dans un contexte professionnel.

Enfin, avant de quitter la salle, les équipes désassemblent leur infrastructure et remettent le matériel Lego® à l'enseignant.



Le choix de Minecraft Education Edition

Dans le but d'assurer la pérennité de la simulation de gestion de projet agile dans notre cours quand celui-ci serait amené à être dispensé à distance, nous avons rapidement pensé à transposer son concept dans Minecraft Education Edition (MEE).

Or, avant d'arrêter notre choix sur cette application, nous avons procédé par étapes. D'abord, nous avons exploré comment et pourquoi d'autres enseignants recourraient à MEE dans leur contexte d'enseignement. Nous nous sommes ensuite nous-mêmes initiés aux fonctionnalités de base de cette application ainsi qu'à ses possibilités créatives. Cette expérimentation nous a notamment permis de jauger dans quelle mesure nous aurions, d'un point de vue technopédagogique, à adapter le concept d'origine de la simulation. À terme, nous avons confirmé l'accessibilité effective et sans frais à MEE par notre université par le biais d'une licence Office 365 Education, elle-même accessible par tous les apprenants inscrits dans un programme d'études.

Cette démarche a contribué à valider notre idée de départ. La plateforme MEE permettait en effet de recréer un environnement où il est possible de construire en mode collaboratif et de façon immersive un village olympique pouvant compter un (très) grand nombre d'infrastructures. De même, l'étendue et la variété de cubes et d'autres types de matériel à sélectionner et à extraire de l'inventaire virtuel de Minecraft Education pouvaient en tout point remplacer les briques Lego® à piocher dans des bacs. Qui plus est, cette application contribuait à alléger les efforts de nature logistique qu'exige la gestion d'un nombre d'ensembles Lego®.

Nous avons aussi constaté la possibilité d'héberger, pour une même séance de simulation, que 30 participants, que ceux-ci soient connectés à partir d'un PC ou d'un Mac. En comparaison avec des applications numériques similaires, tels Minecraft en *open source* ou Minetest (Lépinard, 2021b), MEE ne permet pas de rassembler simultanément en ligne un nombre massif de participants. Par conséquent, à partir du moment où un groupe-cours compte plus d'une trentaine d'apprenants, la simulation doit être planifiée sur deux séances.

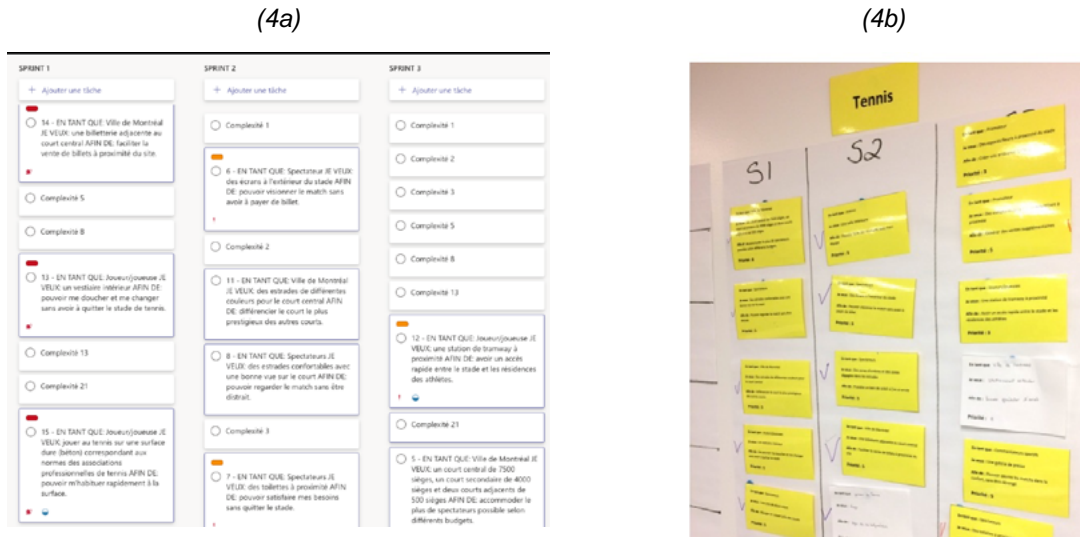
De plus, comme la simulation nécessite en tout temps une communication orale et visuelle riche, directe et soutenue entre les apprenants faisant partie d'une équipe agile, la fonction clavardage comportait en ce sens des limites. Pour pallier cette situation, l'intégration de l'application Teams a dû être considérée pour ses fonctions vidéo et de publications à l'intérieur de canaux.

Enfin, comme nous devons trouver une alternative aux murs de la classe pour permettre l'affichage des récits utilisateurs et leur déplacement dans les couloirs de sprints, l'application Planificateur a été intégrée à Teams (figure 4).



Figure 4

Exemple de contenu d'un carnet récits utilisateurs affiché sur a) le mur virtuel Planificateur (Planner) et b) sur un mur de classe



Note. Source : Archives des auteurs.

Lorsque le choix de MEE a été officiellement confirmé, nous nous sommes lancés dans la démarche d'adaptation technopédagogique de la simulation de gestion de projet agile.

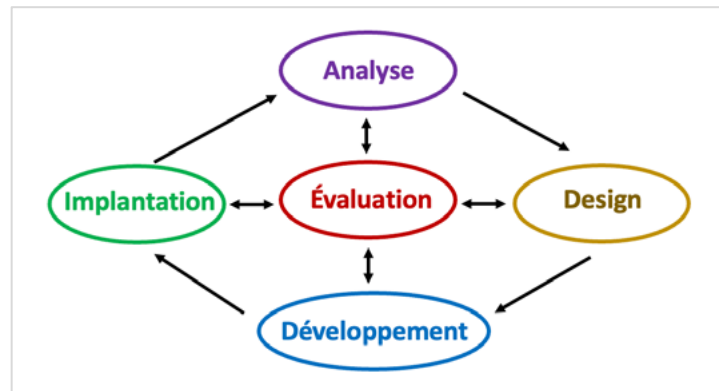
La démarche d'adaptation technopédagogique

À nos yeux, le passage dans un environnement 100 % virtuel d'une simulation créée pour être vécue matériellement et en présence ne pouvait faire l'économie d'une adaptation technopédagogique. Pour ce faire, nous avons décidé de recourir aux principes directeurs de deux modèles d'ingénierie pédagogique que nous estimions complémentaires au regard de nos besoins de développement, à savoir un scénario pédagogique et une simulation à partir d'une application technologique.

Le premier de ces modèles est ADDIE (Branch, 2009) avec ses quatre étapes consécutives que sont l'analyse, le design (ou la conception), le développement et l'implantation et, entre chacune d'elles, l'évaluation (ou contrôle) qui permet d'effectuer des boucles itératives d'améliorations (figure 5).



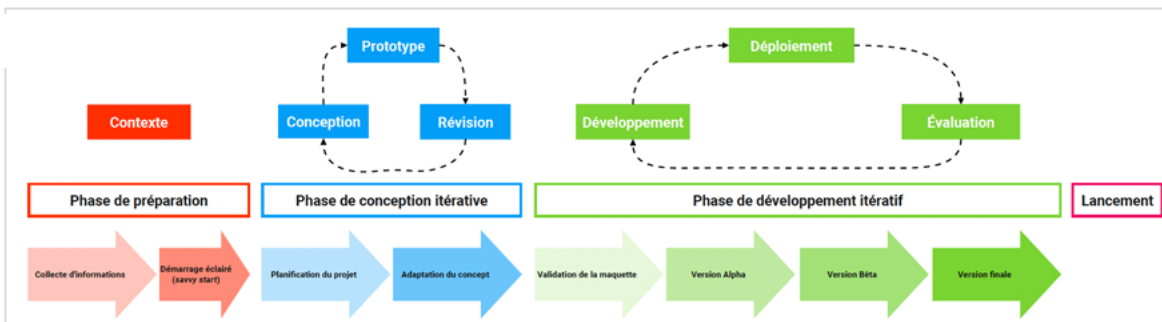
Figure 5
Modèle ADDIE



Note. Source : Adaptation infographique par les auteurs du modèle ADDIE (Branch, 2009).

Le second modèle d'ingénierie pédagogique auquel nous avons eu recours est SAM2 (Successive Approximation Model). Développé par Allen Interactions (www.alleninteractions.com), SAM2 permet l'évaluation et l'amélioration en continu des prototypes de design pédagogique impliquant de la technologie grâce à deux boucles de tests, l'Alpha et le Bêta (figure 6).

Figure 6
Modèle SAM2



Note. Source : Adaptation infographique par les auteurs du modèle SAM2 d'Allen Interactions.

Dorénavant placés devant un projet d'adaptation technologique d'une simulation, et très soucieux de pouvoir parvenir à procurer aux apprenants une expérience d'apprentissage de qualité dans Minecraft Education équivalente à celle pouvant être vécue avec des Lego® – Minecraft n'a pas nécessairement fait partie des jeux d'enfance de tous les apprenants comme les Lego® ont pu l'être –, nous avons entrelacé les principes d'ADDIE et SAM2 qui, de notre point de vue, pouvaient contribuer à solidifier notre design pédagogique.

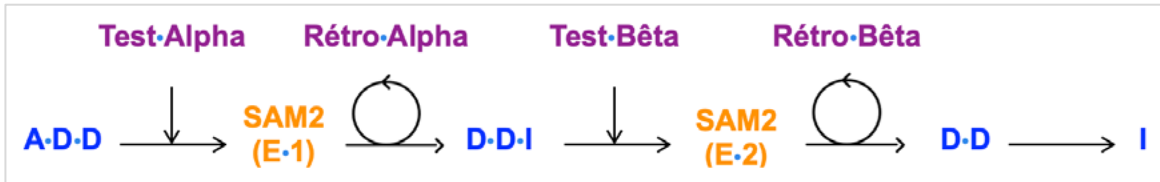
Comme l'illustre la figure 7, nous avons d'abord conçu et développé un premier prototype de la simulation dans MEE. D'abord, nous avons ajusté la durée des événements de la simulation en tenant compte du fait que les apprenants auraient à évoluer dans une application nécessitant plusieurs clics pour assembler des blocs, à communiquer et à collaborer par des technologies (ex. : clavardage, visioconférence). Puis, à



partir de l'analyse des particularités de l'environnement de cette application et des besoins en matière d'initiation et de formation des apprenants, une série de courtes capsules vidéo, pour situer la simulation dans ce nouvel environnement immersif et fournir des astuces pour manipuler des fonctionnalités de base dans l'application (ex. : se déplacer, chercher dans l'inventaire, agencer des blocs), ont été produites. Enfin, nous avons élaboré une procédure de connexion à MEE, à Teams et à Planificateur.

Figure 7

Processus entrelacé des modèles d'ingénierie pédagogique utilisés



Note. Source : adaptation par les auteurs.

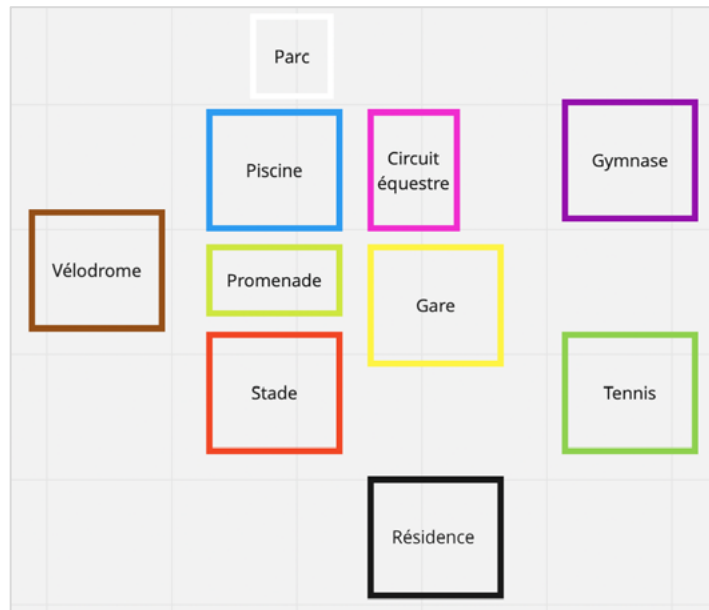
Pour évaluer cette première itération, nous avons effectué un test Alpha avec quatre testeurs détenant un minimum d'expérience de jeu dans MEE. En plus de confirmer la justesse des nouvelles durées des événements de la simulation (ex. : 21 minutes plutôt que 7 minutes pour un sprint de construction), ce test a porté à notre attention certains points de vigilance (ex. : importance de se doter d'une souris d'ordinateur pour faciliter les déplacements et la construction rapide, tendance des ordinateurs peu puissants à ralentir ou à chauffer si trop d'applications ouvertes en même temps) ainsi qu'un besoin de structuration de l'espace virtuel de construction.

De retour à notre table à dessin virtuelle, nous avons intégré des périmètres destinés à la construction de chaque infrastructure du village olympique (figure 8).



Figure 8

Périmètres de construction des infrastructures olympiques

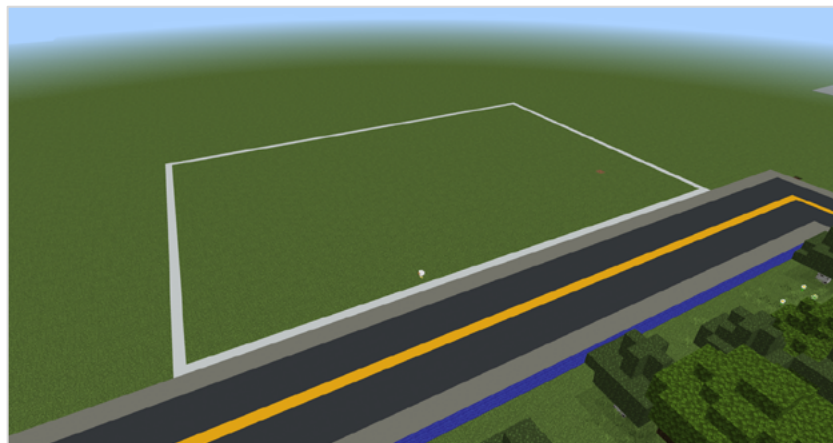


Note. Source : Archives des auteurs.

Pour plus de réalisme, un réseau autoroutier et des espaces verts ont aussi été ajoutés (figure 9).

Figure 9

Aperçu d'une portion du réseau autoroutier et d'un espace vert



Note. Source : Archives des auteurs.

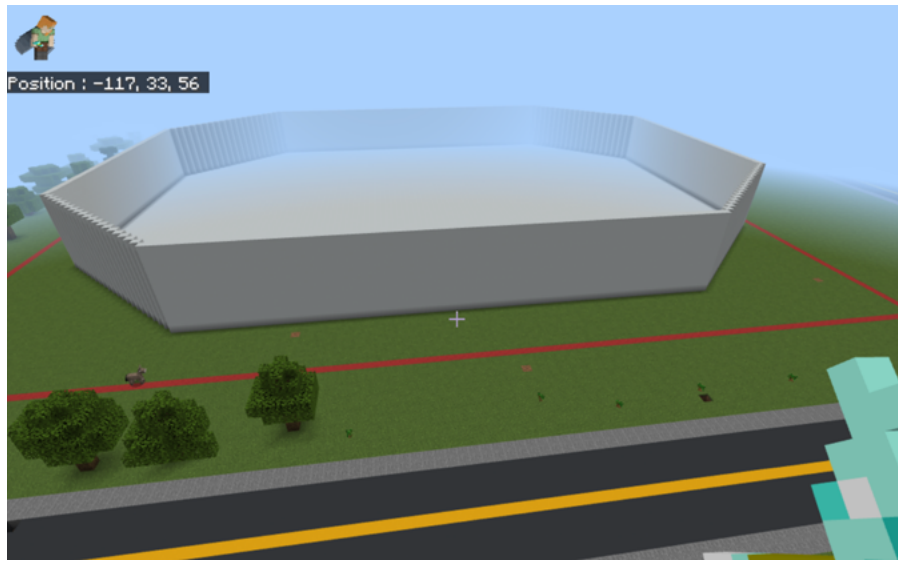
Ces modifications ont ensuite fait l'objet d'un test Bêta avec, cette fois, un groupe de neuf testeurs représentatifs des apprenants ciblés par la nouvelle mouture de la simulation, c'est-à-dire possédant très peu, voire aucune expérience de jeu dans MEE.



Comme pour le premier test, cette seconde itération a pointé d'autres enjeux d'ordre technique. Le plus flagrant était celui du temps très élevé que prenaient les équipes pour construire leur infrastructure respective. Nous avons donc ajouté des éléments structurels permanents comme des contours et des murs extérieurs (figure 10).

Figure 10

Exemple d'un élément structurel permanent pour une infrastructure



Note. Source : Archives des auteurs.

Sur le plan de notre approche pédagogique, nous avons aussi dû apporter un ajustement. Puisque la majorité des testeurs Bêta n'avaient pas, malgré nos indications, visionné les capsules vidéo préparatoires à la simulation immersive, de nombreuses manipulations ont relevé du défi. Par conséquent, l'appropriation *in situ* de la technologie a rapidement supplanté l'apprentissage des principes de la gestion de projet agile.

En guise de réponse à cet enjeu, nous avons scénarisé une tâche d'apprentissage individuelle obligatoire et évaluée de 5 %. Cette tâche comprenait deux parties. La première consistait en une série de questions théoriques sur les principes de l'agilité que préconise la méthode SCRUM. La deuxième se voulait un tutoriel guidant la construction d'un chalet à proximité d'un plan d'eau bordé d'arbres (figure 11).

L'ajout d'un travail de compréhension des notions et d'un exercice pratique, en prévision de l'implantation de la simulation dans nos groupes, a porté les fruits escomptés. Grâce au travail, non seulement les apprenants recourraient-ils désormais à une terminologie commune, mais ils distinguaient beaucoup plus clairement les rôles et leurs responsabilités, de même que la signification des différents événements et leur importance pour le bon déroulement d'un projet agile. Quant à l'exercice, celui-ci a manifestement contribué à alléger les difficultés de manipulations des apprenants telles qu'observées lors des tests ainsi qu'à les rendre plus habiles et rapides lors du choix des matériaux dans l'inventaire et de l'exécution des tâches de construction des infrastructures.



Figure 11

Exemple d'un chalet construit à partir des indications du tutoriel d'initiation aux fonctionnalités de base dans *Minecraft Education Edition*



Note. Source : Archives des auteurs.

Par l'entremise d'un questionnaire et d'un tutoriel à réaliser en mode classe inversée (Zainuddin et Halali, 2016; Guilbault et Viau-Guay, 2017), nous désirions doter les apprenants de suffisamment de connaissances et d'expériences antérieures pour qu'au jour J de la simulation dans MEE, chacun puisse partir sur un même pied d'égalité et s'immerger avec davantage de confiance et d'aisance pour créer, en équipes agiles et dans les temps dévolus, de la valeur au fil des sprints de construction.

Après environ six mois de travail, nous avons confiance en la faculté de symbiose des différentes composantes que nous avons délibérément pris le temps de designer, de développer, de prélaner et de doublement tester au profit de l'expérience d'apprentissage des futures cohortes d'apprenants en gestion de projet au 1^{er} cycle.

Le lancement officiel de la nouvelle mouture de la simulation de gestion de projet agile dans MEE a ainsi pu avoir lieu au trimestre d'automne 2020 dans deux groupes-cours. Après avoir constaté le fait que les apprenants étaient bel et bien à même de réaliser le mandat de construction confié (figure 12), nous avons répété l'expérience les sessions suivantes auprès de cohortes similaires.



Figure 12

Exemple d'infrastructure réalisée lors de la simulation dans Minecraft Education



Note. Source : Archives des auteurs.

Désirant connaître les effets de cette expérience éducative sur l'apprentissage, nous avons réalisé une recherche quantitative (Bourdeau *et al.*, 2021). L'analyse des résultats collectés par l'entremise d'un questionnaire en ligne nous a permis de découvrir, à partir des réponses fournies par 153 apprenants (participation volontaire), dans quelle mesure cette simulation a pu être perçue. Le tableau 1 rend compte de ces résultats et de quelques exemples de commentaires émis par les apprenants répondants.



Tableau 1

Perception de l'apprentissage par apprenants après avoir expérimenté la simulation de gestion de projet agile dans MEE

Dimension	Résultat	Exemple d'items	Exemple de commentaires
Motivation à apprendre (3 items)	5,9	La simulation a augmenté mon intérêt pour la gestion de projet agile	« C'était une expérience merveilleuse car dans les organisations nous sommes constamment confrontés à des changements et dans ce cas-ci nous avons la chance de pratiquer de façon sécuritaire. »
Perception de l'apprentissage (4 items)	6,3	La simulation m'aidera à me souvenir de ce que j'ai appris	« Une des choses qui ont contribué à mon apprentissage est le fait que nous pouvions expérimenter presque toutes les étapes du projet avec cette méthode. »
Utilité de l'apprentissage individuelle (4 items)	6,1	La simulation m'a été utile pour identifier les écarts de mes connaissances	« À la fin, l'équipe était satisfaite et nous avons une meilleure compréhension de comment appliquer les principes de l'approche agile avec la méthode Scrum. »
Utilité de l'apprentissage collectif (2 items)	6,4	La simulation est utile pour créer un climat qui contribue à l'apprentissage	« On a aussi découvert que l'expression Un pour tous et tous pour un s'applique à la méthode Scrum, car la complétion du projet est importante, autant le travail et les efforts apportés par chaque membre de l'équipe est précieux, et cela mènera au succès de l'équipe. »

Note 1. Source : Bourdeau *et al.* (2021).

Note 2. Les résultats ont été évalués à partir d'une échelle de Likert : fortement en désaccord (1) à fortement d'accord (7).

Nos recommandations

Pour conclure, nous désirons émettre quelques recommandations à l'intention des enseignants qui, comme nous, envisagent d'adapter une activité d'apprentissages à des fins de transposition dans un environnement numérique (ex. : Minecraft Education Edition). Tour à tour tirées de nos réflexions et expériences, elles sont de deux ordres : pédagogiques et techniques.

D'un point de vue pédagogique, nous insistons sur l'importance de cerner clairement le besoin ou les raisons pour lesquelles il est souhaitable de se lancer dans la réalisation d'un projet technopédagogique. En effet, il convient de s'interroger quant à la plus-value pour l'apprentissage que viendrait générer l'usage du numérique pour les apprenants.



Nous soulignons aussi l'importance d'identifier la capacité effective du contexte d'apprentissage dans lequel les apprenants sont placés pour les rendre véritablement et concrètement actifs dans leurs apprentissages. Dans notre cas, par exemple, nous tenions à ce qu'ils puissent coconstruire à partir de la mise en commun de leurs connaissances respectives en matière de gestion de projet agile. De plus, nous avons tenu à favoriser l'apprentissage de notions abstraites en deux temps, soit par le tutoriel de présimulation et par la simulation elle-même. Cela sans oublier l'exercice pratique individuel dans MEE préliminaire à la simulation en équipe complémentaire au visionnement (plutôt passif) de capsules vidéo.

De même, si tel est le but poursuivi par les objectifs du cours ciblé par un projet technopédagogique, il convient de vérifier à l'avance dans quelle mesure l'activité immersive permettra aux apprenants de développer des compétences en lien avec l'usage du numérique (ex. : communication, collaboration, leadership à distance). Aussi, il vaut mieux s'assurer que les défis de manipulations que pourraient rencontrer les apprenants ne supplantent pas les objectifs d'apprentissage. Le développement de matériel complémentaire peut aider à hausser plus rapidement la courbe d'apprentissage d'une application numérique.

L'analyse de la capacité de l'activité immersive à motiver et à engager les apprenants dans leur apprentissage (ex. : grâce à la possibilité de créer une atmosphère de classe ou d'équipe à distance ludique, sereine et stimulante) n'est pas non plus à négliger. Ce à quoi nous pourrions ajouter la possibilité, pour les apprenants, de dégager au terme de l'activité des leçons qui, sur le long terme et professionnellement parlant, pourront leur être utiles.

Sur le plan technique, nous encourageons les enseignants à sortir de leur zone de confort pour bricoler ou recombinaison différentes applications pour répondre aux besoins. En d'autres termes, un seul outil ne suffit pas toujours.

L'expérimentation et l'évaluation d'itérations sont de bonnes pratiques à mettre en œuvre. Non seulement peuvent-elles contribuer à améliorer la scénarisation pédagogique, mais elles peuvent aussi servir à remettre en question certains choix avant de décider ou d'agir. En cas de besoin, l'obtention de soutien technique de la part du service informatique de notre établissement d'enseignement peut s'avérer salutaire.

Enfin, nous recommandons aux enseignants de ne pas hésiter à partager leurs expériences de développement technopédagogiques avec leurs pairs. Les essais et les erreurs, de même que les succès et les leçons apprises, peuvent être d'inspirants et stimulants vecteurs d'apprentissage.

Liste de références

- Bates, T. (2015). L'enseignement à l'ère du numérique. Traduction de *Teaching in a Digital Age*. http://teachonline.ca/sites/default/files/pdfs/tony_bates-teaching_in_a_digital_age-fre.pdf
- Beck, K. (2001). Manifeste pour le développement Agile de logiciels. <https://agilemanifesto.org/iso/fr/manifesto.html>
- Bourdeau, S., Coulon, T. et Petit, M.-C. (2021). Simulation-based training via a «readymade» virtual world platform: teaching and learning with Minecraft Education. *IT Professional*. IEEE Computer Society, March/ April.
- Coulon, T., Bourdeau, S., Petit, M.-C. (2021). *Simuler un projet dans un monde virtuel : Minecraft Education comme plateforme collaborative et immersive* [communication]. ROC 2021 Technologies éducatives pour l'enseignement et l'apprentissage. <https://tinyurl.com/vc3kmtx>
- Branch, R.M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.



- Chamberland, G., Lavoie, L. et Marquis, D. (2003). *20 formules pédagogiques*. Presses de l'Université du Québec.
- Desrosiers, C. (2017, 23 février). *Les jeux sérieux en éducation, qu'existe-t-il en recherche et au collégial?* Profweb. <https://tinyurl.com/jrbefsyx>
- Forget, P. (2015). Les jeux sérieux au service de l'apprentissage. *Le Tableau*, 4(5). <https://pedagogie.quebec.ca/le-tableau/les-jeux-serieux-au-service-de-lapprentissage>
- Guilbault, M. et Viau-Guay, A. (2017) La classe inversée comme approche pédagogique en enseignement supérieur : état des connaissances scientifiques et recommandations. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 33(1), 1-20. <https://doi.org/10.4000/ripes.1193>
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Lépinard, P. (2021a). *Les jeux en ligne massivement multijoueurs et à mondes ouverts comme espaces d'apprentissage expérientiel : le cas d'un cours de gestion de projet mené avec Minecraft Education Edition* [communication]. 4^{es} journées de pratique et de recherche du groupe thématique AIMS – MACCA Management. <https://hal.science/hal-03103800>
- Lépinard, P. (2021b). Jeux vidéo multijoueurs à monde ouvert pour l'apprentissage expérientiel de la gestion de projet Edition [communication]. 26^e conférence de l'AIM. <https://hal.science/hal-03247971>
- Krivitsky, A. (2019). *Lego4Scrum: Scrum Simulation with LEGO*. Third complete edition.
- Stockless, A. (s.d.) Soutenir le processus d'enseignement-apprentissage des sciences et technologie avec un environnement numérique d'apprentissage. Université du Québec à Montréal.
- Zainuddin, Z. et Halali, S.H. (2016). Flipped Classroom Research and Trends from Different Fields of Study, *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(3), 313-340. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1102721.pdf>

Les technologies immersives en formation : révolution numérique stratégique ou dispositifs parmi d'autres?

Immersive Technologies in Education: Strategic Digital Revolution or Devices Among Others?

Tecnologías inmersivas en la formación: ¿revolución digital estratégica o uno de tantos dispositivos?

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.354>

Danielle Bebey, docteure en sciences de l'information et de la communication
Membre associée DICEN-IDF, France
<https://www.linkedin.com/in/danielle-bebey-51163939/>

RÉSUMÉ

L'augmentation des investissements et du nombre de travaux de recherche sur les technologies immersives laisse penser qu'il s'agit de révolutions pour lesquelles les chercheurs ont tout intérêt à se positionner pour apporter des solutions à la société. À travers cette mouvance, différentes applications des technologies immersives en formation sont identifiées, de même que les scénarios pédagogiques associés. Cependant, de nombreux travaux démontrent les apports de ces technologies, oubliant quelquefois qu'il ne s'agit que d'outils. Notre contribution a pour but d'interpeler sur la nécessité d'apporter une complémentarité entre les dispositifs existants plutôt que d'en creuser en se concentrant sur certains d'entre eux; car malgré les avantages des technologies immersives, il existe également des limites qui peuvent être compensées par des moyens traditionnels ou moins immersifs.

Mots-clés : environnement immersif, multimodalité, apprentissage authentique, engagement en formation



ABSTRACT

The increase in investments and research works on immersive technologies suggests that these are revolutions for which researchers have every interest in positioning themselves to bring solutions to society. Through this wave, different applications of immersive technologies in training are identified, as well as the associated pedagogical scenarios. However, many works demonstrate the contributions of these technologies, sometimes forgetting that they are only tools. Our contribution aims at questioning the necessity to bring a complementarity between the existing devices rather than to dig into them by focusing on some of them; in spite of the benefits of immersive technologies, there are limits that can be compensated by traditional or less immersive means.

Keywords: immersive environment, multimodality, authentic learning, learning engagement

RESUMEN

El aumento de la inversión y del número de proyectos de investigación sobre tecnologías inmersivas sugiere que se trata de revoluciones en las que los investigadores tienen gran interés en posicionarse para aportar soluciones a la sociedad. A través de este movimiento, se identifican diferentes aplicaciones de las tecnologías inmersivas en la formación, así como los escenarios pedagógicos asociados. Sin embargo, muchos trabajos demuestran las aportaciones de estas tecnologías, olvidando a veces que solamente son herramientas. El objetivo de nuestra contribución es llamar la atención sobre la necesidad de complementariedad entre los dispositivos existentes más que centrarnos en algunos de ellos; porque a pesar de las ventajas de las tecnologías inmersivas, también existen limitaciones que pueden compensarse con medios tradicionales o menos inmersivos.

Palabras clave: entorno inmersivo, multimodalidad, aprendizaje auténtico, compromiso en la formación

Contexte de la contribution

À l'issue de notre doctorat sur l'engagement en formation et de notre formation en animation audiovisuelle, nous avons eu une expérience professionnelle dans le domaine des technologies immersives appliquées à la formation professionnelle. Cette expérience nous a permis d'observer les usages possibles des technologies immersives, de nous intéresser aux formules potentielles de scénarisation associées, aux moyens de promouvoir l'apprentissage basé sur l'exploitation de ces technologies et d'analyser par la suite la littérature afférente.

Nous avons réalisé que les besoins d'usage et les usages actuels des technologies immersives, notamment la réalité virtuelle (RV), la réalité augmentée (RA), la réalité mixte (RM) et la vidéo à 360 degrés, sont pléthores (Suh et Prophet, 2018). Cependant, compte tenu des coûts consacrés au développement des contenus et de la maintenance de ces technologies, il est encore difficile de les exploiter pour tout public en formation. D'ailleurs, la population observée avec ces technologies est beaucoup plus significative au sein des organisations. Nous l'observons par exemple à travers l'étude



(« Technologies immersives », 2018) de Caggémini parue en 2018 qui a été menée auprès de 709 professionnels, comparée à l'étude du Docteur Souchet (2020) qui avait 152 participants.

Bien que la littérature (Suh et Prophet, 2018) relève une attention croissante accordée par les chercheurs à la technologie immersive, plusieurs questionnements persistent, notamment au sujet des méthodes utilisées dans les études, les résultats des recherches et les conditions dans lesquelles les études ont été menées. Malgré leur utilité pressentie, ces technologies conceptualisées depuis les années 30 d'après l'analyse de Cruz-Neira *et al.* (2018), et comme tous les dispositifs de formation, comportent également leurs limites lorsqu'elles sont prises isolément.

Dans le cadre d'une formation efficace et authentique (Lombardi, 2007), la littérature (Tremblay-Wragg *et al.*, 2018) préconise de diversifier les dispositifs, d'adopter des stratégies engageantes et des approches professionnalisantes (Maubant, 2013). Pour nous, il est donc évident que la seule disponibilité de ces technologies ne constitue pas un gage d'une utilisation pertinente et efficace du point de vue pédagogique. Notre contribution par la discussion permettra de présenter ces points de même que quelques dispositifs complémentaires à ces technologies, souvent occultés.

Panorama des apports et usages des technologies immersives en formation

Les différents travaux existants relèvent plusieurs usages des technologies immersives en formation. Sans prétention d'exhaustivité, nous en relevons quelques-uns.

Philippe *et al.* (2020) ont fait ressortir 16 avantages à utiliser la RV pour apprendre. Il s'agit de répéter des actions afin de 1) mieux les mémoriser, 2) proposer des rétroactions pour consolider l'apprentissage, 3) se former à distance, 4) motiver, 5) modéliser des concepts, 6) rendre accessible des lieux tels que les musées ou autre site culturel, 7) représenter des données complexes, 8) collaborer dans un même espace virtuel, 9) incarner ou jouer un rôle, 10) et 11) faire (agir) plutôt qu'observer, 12) interagir, 13) être immergé, 14) améliorer l'apprentissage, 15) optimiser et (16) spatialiser l'apprentissage conceptuel (Philippe *et al.*, 2020).

Pour ce qui est de la réalité augmentée, dans la revue systématique de Diegmann *et al.* (2015), cette technologie semble susciter une motivation plus grande que celle des méthodes traditionnelles. Ainsi, la réalité augmentée est fortement utilisée pour l'apprentissage des tâches dans différents secteurs d'activités tels que l'industrie et le génie civil. L'AR améliore et renforce également l'expérience de l'utilisateur dans les domaines du divertissement, de la médecine et de la vente au détail (Parekh *et al.*, 2020). Dans les contextes éducatifs, cette technologie permettrait de renforcer la motivation de l'apprenant, lui conférer du plaisir dans l'apprentissage et l'autonomisation entre autres (Garzón, 2021).

Ces technologies semblent être très polyvalentes et peuvent être utilisées pour des activités collaboratives ou individuelles, avec des participants distants ou physiquement liés à n'importe quelle étape du processus d'apprentissage : transmission des connaissances, la pratique, le *feedback* et l'évaluation. Lorsqu'on se tient à ces résultats, on peut avoir l'impression que chaque technologie immersive se suffit à elle seule et qu'elle permet de résoudre tous les problèmes que les autres dispositifs de formation n'ont pas pu résoudre jusque-là. Pourtant de récents travaux (Souchet, 2020; Suh et Prophet, 2018; Tang *et al.*, 2022) relèvent des limites, mais également d'autres pans de ces technologies qu'il reste à explorer pour une meilleure appréciation de ces dernières. Il serait donc plus raisonnable de prendre de la hauteur par rapport aux discours évangéliques autour de ces technologies en explorant plus amplement ces aspects.



Limites des technologies immersives en formation

Ainsi, en réalité augmentée, Bacca *et al.* (2018) ont identifié les variables qui peuvent impacter la motivation des apprenants avec cette technologie. Nous relevons, entre autres, la rétroaction en temps réel, le niveau de réussite affiché, le temps consacré à la tâche et les résultats d'apprentissage. Si des éléments essentiels pour une formation tels que la rétroaction et les résultats d'apprentissage sont problématiques en réalité augmentée, nous pourrions nous interroger sur la « grande » motivation qu'apporterait cette technologie comparée aux méthodes traditionnelles.

De plus, l'exposition à la réalité virtuelle peut provoquer des symptômes (11) que LaViola (2000) fait ressortir dans la littérature. Il s'agit notamment de la fatigue visuelle, du mal de tête, de la désorientation, des vertiges, de l'ataxie (un problème de coordination des mouvements), de la nausée et des vomissements. D'ailleurs les contenus nécessitant une forte implication ou attention sont ceux pour lesquels les personnes sont le plus exposées à ces symptômes. Bien que la réalité virtuelle ait 16 avantages, elle peut également générer 11 symptômes. Ce qui nécessiterait de reconsidérer les investissements, car compte tenu de l'évolution des technologies, on pourrait imaginer qu'à la suite de l'analyse de LaViola en 2000 plusieurs évolutions ont été apportées et les symptômes sont maîtrisés.

Cependant, la thèse de Souchet (2020) portée sur les impacts de la fatigue visuelle montre que ces symptômes persistent. Il souligne d'ailleurs que : « la fatigue visuelle détériore la qualité d'expérience d'une part et apparaît augmenter la charge sur la mémoire de travail d'autre part. Donc, le récepteur (l'utilisateur) peut potentiellement recevoir l'information (les savoirs) moins efficacement lorsqu'il présente une fatigue visuelle » (Souchet, 2020, p.13). Par ailleurs, les maux de tête sont l'une des principales causes d'invalidité dans le monde; cependant, la majorité des personnes qui en souffrent ne sont jamais diagnostiquées par un professionnel et se tourment plutôt vers des médicaments en vente libre pour gérer elles-mêmes leurs symptômes (Goadsby *et al.*, 2021). Ne serait-ce qu'avec ces deux symptômes, il est question de réels problèmes pour un apprentissage à long terme.

Par ailleurs, sur le plan technique, d'autres points bloquants concernant la RV sont relevés. Selon Lourdeaux (2001, p. 13), « des problèmes techniques importants restent encore à résoudre. Cette technologie ne reproduit pas encore tous les paramètres permettant une immersion complètement naturelle ». Ce constat, datant du début des années 2000, persiste dans de récents travaux (Souchet, 2020). Ainsi, l'efficacité d'apprentissage à la suite d'une utilisation indépendante de la RV nécessite des preuves scientifiques supplémentaires pour motiver un usage raisonné. Les limites évoquées démontrent donc que les technologies immersives ont des failles tout aussi importantes, voire pour quelques-unes plus embêtantes que les avantages. Il convient de s'en préoccuper également.

Scénarisations pédagogiques favorables aux exploitations pertinentes et efficaces de ces technologies

En considérant les technologies immersives comme des moyens, nous les intégrons dans un écosystème de scénarisation où leurs limites ne sont plus problématiques vu qu'elles servent à des objectifs spécifiques et peuvent être complétées par d'autres dispositifs. Cet écosystème, selon notre perception, existe déjà et porte le nom de multimodalité. Empruntée par Jenkins (2013) au sémioticien Gunther Kress, la multimodalité est une notion qui interpelle la relation communicationnelle. Dans le cadre de la formation, parler de multimodalité reviendrait à proposer différents modes d'apprentissage constitués selon les objectifs pédagogiques, de textes, d'images, de sons avec une possible interconnexion entre les différents médias mobilisés. Les méthodes utilisées dans une approche sémiotique sociale de la multimodalité



impliquent donc de décomposer l'objet d'étude en ses composantes, de déterminer comment ces composantes ou modes fonctionnent ensemble pour produire du sens, et de comprendre de quelle manière les choix modaux particuliers sont façonnés par les contextes interpersonnels, sociaux et culturels de leur utilisation (Flewitt *et al.*, 2019).

Dans le terme multimodalité, on remarque les termes « multiples » et « modalité ». Si nous avons compris que la multimodalité fait référence à un brassage de dispositifs, il n'est pas facile d'identifier la modalité appropriée pour atteindre les objectifs pédagogiques; car cela nécessite de faire dialoguer d'autres disciplines avec la multimodalité sans remettre en question les méthodologies de recherches appliquées. Or, certains chercheurs ne peuvent pas encore passer outre. Pourtant comme des apprentissages authentiques (Lombardi, 2007) dont l'objectif est d'amener l'apprenant à se projeter dans des tâches pour une future utilisation, les technologies immersives appliquées dans un contexte de multimodalité permettraient d'aller au-delà des théories actuelles sur la didactique et la pédagogie, et permettraient d'engager les apprenants dans de nouvelles formes d'apprentissage (Hassett et Curwood, 2009). Appliquée à la RV, la multimodalité joue un rôle fondamental en renforçant l'expérience, en améliorant les performances globales et en offrant des capacités sans précédent en matière de transfert de compétences et de connaissances (Martin *et al.*, 2022).

Il importe donc de sortir du prisme de tendance et d'apprécier les technologies immersives dans un ensemble où chaque concepteur pédagogique, selon sa créativité, l'évolution des besoins et sans restriction spécifique, peut proposer des scénarios qui seront efficaces non pas parce qu'ils ont pu mobiliser des technologies immersives, mais parce que ces dernières répondent profondément aux objectifs d'apprentissage tout comme d'autres dispositifs. Aussi, proposer une liste de scénarios biaise de fait les exploitations possibles des technologies immersives. Cependant, sachant que ces technologies mobilisent des budgets importants, peu de travaux apportent des précisions sur les approches potentielles de scénarisation.

Nous relevons cependant 11 études de cas possibles avec la réalité virtuelle dans la littérature de Philippe *et al.* (2020). Ainsi la RV peut être exploitée pour apprendre à conduire, pour l'assemblage des machines en industrie, simuler des vols ou des interventions chirurgicales complexes, se former à la cybersécurité, simuler les entretiens d'embauche ou former les commerciaux. La réalité augmentée, quant à elle, permet de simuler des essais de produits dans la vente. D'autres travaux issus d'un projet Erasmus+ ont permis de faire ressortir différentes modalités d'apprentissages qui intègrent à la fois les technologies immersives et les autres dispositifs dans un objectif d'engagement faible, moyen ou fort des apprenants. Chaque modalité est constituée d'un outil, d'une stratégie et d'un lieu. Ainsi, il est possible d'utiliser la réalité virtuelle en salle de cours pour un apprentissage inversé dans le but de se former sur la sécurité, tout comme la RV peut être utilisée pour des études de cas dans le cadre des sciences naturelles ou de la géographie.

Complémentarité des dispositifs en formation

Après avoir parcouru quelques limites des technologies immersives, des doutes peuvent s'installer quant à leur efficacité et leur pertinence. Néanmoins, leurs apports laissent entrevoir des scénarios pédagogiques favorables aux exploitations pertinentes pour les apprenants. Pour ce faire, nous pensons qu'il importe de percevoir ces technologies non pas comme un effet de mode, mais comme des outils parmi tant d'autres dans une approche pédagogique voulue authentique, diversifiée et engageante.



D'autres dispositifs de formation plus accessibles et qui ont fait leurs preuves pourraient également être exploités en complément. C'est le cas par exemple du *podcast* (McGarr, 2009) qui favorise la mémorisation par la répétition. Nous avons également le jeu d'évasion éducatif proposé en salle de cours (Fotaris et Mastoras, 2019) qui donne l'occasion aux apprenants de s'engager dans une activité qui récompense le travail d'équipe, la créativité, la prise de décision, le leadership, la communication et la pensée critique dans un environnement immersif non numérique.

Les technologies numériques immersives sont donc au moins aussi efficaces que les outils non numériques, lorsqu'ils sont intégrés dans une stratégie pédagogique cohérente, avec des objectifs et des instructions de formation clairement définis (Philippe *et al.*, 2020). Ainsi, le choix d'un dispositif au détriment d'un autre devrait être uniquement défini selon son efficacité, sa pertinence dans un contexte précis, pour un public spécifique en tenant compte du retour sur investissement pour toutes les parties prenantes.

Liste de références

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., et Kinshuk. (2018). Insights Into the Factors Influencing Student Motivation in Augmented Reality Learning Experiences in Vocational Education and Training. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01486>
- Cruz-Neira, C., Fernández, M., et Portalés, C. (2018). Virtual Reality and Games. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(1). <https://doi.org/10.3390/mti2010008>
- Diegmann, P., Schmidt-Kraepelin, M., Eynden, S., et Basten, D. (2015). Benefits of Augmented Reality in Educational Environments. A Systematic Literature Review. *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*. <https://aisel.aisnet.org/wi2015/103>
- Flewitt, R., Price, S., et Korkiakangas, T. (2019). Multimodality: Methodological explorations. *Qualitative Research*, 19(1), 3-6. <https://doi.org/10.1177/1468794118817414>
- Fotaris, P., et Mastoras, T. (2019). *Escape Rooms for Learning: A Systematic Review*. Proceedings of the 13th European Conference on Games-based Learning, October 2019, Odense, Denmark. <https://research.brighton.ac.uk/en/publications/escape-rooms-for-learning-a-systematic-review>
- Garzón, J. (2021). An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7). <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- Goadsby, P. J., Lantéri-Minet, M., Michel, M. C., Peres, M., Shibata, M., Straube, A., Wijeratne, T., Ebel-Bitoun, C., Constantin, L., et Hitier, S. (2021). 21st century headache: Mapping new territory. *The Journal of Headache and Pain*, 22(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s10194-021-01233-7>
- Hassett, D. D., et Curwood, J. S. (2009). Theories and Practices of Multimodal Education: The Instructional Dynamics of Picture Books and Primary Classrooms. *The Reading Teacher*, 63(4), 270-282. <https://doi.org/10.1598/RT.63.4.2>
- Jenkins, H. (2013). La licorne origami contre-attaque. Réflexions plus poussées sur le transmedia storytelling. *Terminal. Technologie de l'information, culture & société*, 112, 11-28. <https://doi.org/10.4000/terminal.455>
- LaViola, J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47-56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Lombardi, M. M. (2007). *Authentic Learning for the 21st Century: An Overview*. EDUCAUSE Learning Initiative (ELI). <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2007/1/eli3009-pdf.pdf>
- Lourdeaux, D. (2001). *Réalité virtuelle et formation : conception d'environnements virtuels pédagogiques* [thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris]. <https://theses.hal.science/tel-00006475/en/>
- Martin, D., Malpica, S., Gutierrez, D., Masia, B., et Serrano, A. (2022). Multimodality in VR: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 54(10s), 1-36. <https://doi.org/10.1145/3508361>
- Maubant, P. (2013). *Apprendre en situations : un analyseur de la professionnalisation dans les métiers adressés à autrui*. PUQ.



- McGarr, O. (2009). A review of podcasting in higher education: Its influence on the traditional lecture. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.1136>
- Parekh, P., Patel, S., Patel, N., et Shah, M. (2020). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in medicine, retail, and games. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, 3(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s42492-020-00057-7>
- Philippe, S., Souchet, A. D., Lameris, P., Petridis, P., Caporal, J., Coldeboeuf, G., et Duzan, H. (2020). Multimodal teaching, learning and training in virtual reality: A review and case study. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(5), 421-442. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.07.008>
- Souchet, A. (2020). *Impacts de la fatigue visuelle sur l'apprentissage via serious game en réalité virtuelle* [thèse de doctorat, Université Paris 8]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02931264>
- Suh, A., et Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- Tang, Y. M., Chau, K. Y., Kwok, A. P. K., Zhu, T., et Ma, X. (2022). A systematic review of immersive technology applications for medical practice and education. Trends, application areas, recipients, teaching contents, evaluation methods, and performance. *Educational Research Review*, 35, 100429. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100429>
- Technologies immersives : L'usage de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle devrait s'imposer en entreprise d'ici les trois prochaines années. (2018). *Capgemini France*. <https://tinyurl.com/vc27hju>
- Tremblay-Wragg, É., Raby, C., et Ménard, L. (2018). En quoi la diversité des stratégies pédagogiques participe-t-elle à la motivation à apprendre des étudiants? Étude d'un cas particulier. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 34(1). <https://doi.org/10.4000/ripes.1288>

Technologies immersives et acquisition de compétences : une discussion

Immersive Technologies and Skill Acquisition: A Discussion

Tecnologías inmersivas y adquisición de competencias: Un debate

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.347>

Yann Verchier, professeur associé
Université de Technologie de Troyes, France
Université de Sherbrooke, Canada
yann.verchier@utt.fr

Christelle Lison, professeure
Université de Sherbrooke, Canada
christelle.lison@usherbrooke.ca

Chloé Duvivier
Université de Technologie de Troyes, France
chloe.duvivier@utt.fr

RÉSUMÉ

Durant les dernières années, les outils numériques ont permis de concevoir et d'animer des formations dans un autre espace-temps. Toutefois, les interfaces classiques de visioconférence montrent leurs limites en face à face à travers un écran. L'essor des technologies immersives (réalité augmentée, réalité virtuelle, visites immersives, systèmes de téléprésence...) permet d'envisager de nouvelles dynamiques de formations et de nouvelles possibilités d'interactions, soutenant alors la démarche d'acquisition de compétences essentielles au monde du travail. Au regard de la diversité des domaines d'utilisation de ces



technologies, de leurs usages et des publics auxquels elles s'adressent, cet article s'interroge sur les intentions pédagogiques lors de l'utilisation de ces outils ainsi que leurs limites éventuelles.

Mots-clés : technologies immersives, réalité virtuelle, réalité augmentée, compétences, compétences transversales, intention pédagogique

ABSTRACT

In recent years, digital tools have made designing and facilitating trainings in a different time space possible. However, traditional video conferencing interfaces show their limitations in face-to-face screen settings. The rise of immersive technologies (e.g. augmented reality, virtual reality, immersive visits, telepresence systems) allows us to envisage new training dynamics and new interaction possibilities, supporting the acquisition of essential skills for the world of work. Considering the diversity of the fields of use of these technologies, their uses, and the audiences they address, this article questions the pedagogical intentions when using these tools as well as their possible limits.

Keywords: immersive technologies, virtual reality, augmented reality, skills, soft skills, educational intention

RESUMEN

En los últimos años, las herramientas digitales han hecho posible diseñar e impartir formación en otro tiempo-espacio. Sin embargo, las interfaces de videoconferencia tradicionales muestran sus límites en las sesiones cara a cara. El auge de las tecnologías inmersivas (realidad aumentada, realidad virtual, visitas inmersivas, sistemas de telepresencia...) permite prever nuevas dinámicas de formación y nuevas posibilidades de interacción, apoyando así el proceso de adquisición de competencias esenciales para el mundo laboral. Teniendo en cuenta de la diversidad de los ámbitos de utilización de estas tecnologías, de sus usos y de los públicos a los que se dirigen, este artículo cuestiona las intenciones pedagógicas al utilizar estas herramientas, así como sus posibles límites.

Palabras clave: tecnologías inmersivas, realidad virtual, realidad aumentada, competencias, competencias transversales, intención educativa

Introduction

Nombre d'établissements d'enseignement supérieur s'inscrivent aujourd'hui dans une approche par compétences afin d'amener les apprenants à développer des savoir-agir complexes (Tardif, 2006) leur permettant de trouver des solutions originales à des problèmes inédits. Cette transformation des programmes de formation s'inscrit par ailleurs dans la mouvance des entreprises pour qui le développement de compétences en continu est essentiel considérant l'évolution perpétuelle des savoirs. Ainsi, afin de favoriser le développement des compétences des étudiants, les formations s'appuient de



plus en plus sur les nouvelles technologies, notamment immersives (Gorisse *et al.*, 2018), en particulier dans les domaines techniques.

Force est de constater, dans les dernières années, à quel point les outils numériques ont permis de concevoir et d'animer des formations dans un autre espace-temps (Landa *et al.*, 2019). Toutefois, les interfaces comme Zoom ou Teams montrent leurs limites en face à face écran. Au-delà de la fatigue (Fauville *et al.*, 2021) et des difficultés techniques soulevées par un certain nombre d'utilisateurs, ces outils sont peu immersifs, c'est-à-dire que l'on constate un manque de mobilisation des sens, comme cela se fait naturellement en présentiel. Partant de ce constat, dans cet article, nous nous intéressons aux technologies immersives que sont la réalité augmentée, la réalité virtuelle, les visites immersives ainsi que l'usage de robots de téléprésence; ces différents dispositifs pouvant aller jusqu'à l'immersion totale (Slater, 2009), dans le cas par exemple des métavers.

Compte tenu de la diversité des domaines d'utilisation de ces technologies (médecine, biologie, industrie...), de leurs usages (visualisation de phénomènes, acquisition de savoir-faire professionnels, lieux d'échanges linguistiques...) et des publics auxquels elles s'adressent (étudiants, professionnels en exercice...), plusieurs questions peuvent être soulevées : quelles sont les intentions pédagogiques lors de l'utilisation de dispositifs immersifs? Comment prendre en compte les interactions humaines nécessaires à l'apprentissage et au développement de compétences générales ou transversales (*soft skills* en anglais) dans ces cadres virtuels? Comment assurer le transfert en contexte réel de compétences développées dans des environnements virtuels et ainsi aller au-delà de la simple visualisation ou de l'acquisition de connaissances? Comment gérer la plus faible mobilisation des sens lors de l'expérience immersive en comparaison avec une approche multisensorielle plus naturelle lors de l'apprentissage en situation réelle? Sans prétendre répondre de manière exhaustive à chacune de ces questions, nous tentons d'alimenter la réflexion dans une perspective d'enseignement et d'apprentissage.

Une variété de dispositifs immersifs

Avant de rentrer dans le détail de l'utilisation des dispositifs immersifs, il nous semble important de séparer le matériel ou l'outil de l'environnement numérique d'utilisation. En effet, les systèmes de réalité augmentée viennent mettre une surcouche d'information sur le réel via l'utilisation d'un *smartphone* ou d'une tablette. L'objectif est que le matériel favorise une certaine mobilité pour ajouter de l'information, soit de manière non dynamique en visant de façon fixe une cible à augmenter (par exemple, un appareil de mesure sur lequel l'information des commandes serait ajoutée), soit de manière dynamique en déplaçant l'interface physique sur une scène physique globale (par exemple, un laboratoire qui serait observé et sur lequel le matériel de sécurité serait ajouté à mesure du balayage de la scène). Les systèmes de réalité virtuelle, pour leur part, nécessitent un casque qui va permettre d'avoir accès à des environnements immersifs. Ces environnements peuvent être virtuels, c'est-à-dire qu'ils sont créés de toute pièce à l'aide de logiciels de design 3D (par exemple, la conception d'une future rame de train permettant de tester l'habitabilité d'un wagon et l'optimisation des espaces) ou peuvent s'appuyer sur des environnements réels filmés ou photographiés (par exemple, des vidéos ou des photos 360 degrés). En général, pour des raisons de contraintes matérielles et/ou de bande passante, l'immersion dans des espaces réels est asynchrone. Mentionnons que ces systèmes de réalité virtuelle ont été étendus dans le cadre des projets de métavers, qui sont des mondes virtuels dans lesquels les différents utilisateurs peuvent interagir, se rencontrer et mener diverses activités (Guitton et Roussel, 2022). Dans ce cadre, c'est l'interaction entre les participants qui semble recherchée en premier lieu, notamment via la création ou la réunion de communautés d'utilisateurs.



Nous pouvons aussi mentionner l'utilisation de robots de téléprésence comme terminaux d'accès à un environnement réel (Kristoffersson *et al.*, 2013). Dans ce cas, l'utilisateur qui est à distance pilote le robot et peut donc être acteur de la session à laquelle il participe. Moins passif que lors d'une réunion en visioconférence au cours de laquelle la caméra est fixe et limitée à l'échelle d'une salle de réunion, le robot de téléprésence permet de se déplacer dans un environnement réel tout en étant piloté à distance. L'utilisateur peut choisir la zone visionnée et ainsi vivre une expérience à distance, mais en synchrone (par exemple, l'utilisation de robots pour les apprenants empêchés d'aller sur leur lieu de formation). Cette configuration peut être considérée comme immersive, car l'utilisateur peut vivre une expérience à distance en temps réel y compris en participant aux temps plus informels.

Des dispositifs qui soutiennent les intentions pédagogiques

Au-delà de la technologie utilisée, il nous semble important, dans le champ de la formation tant initiale que continue, de nous interroger sur les intentions pédagogiques associées à l'utilisation de ces différents outils. En effet, ce sont les cibles, en termes d'apprentissage, qui devraient guider le choix de l'outil ou de la technologie mobilisée, et ce, dans une perspective d'alignement pédagog numérique réfléchi et scénarisé.

Une première et très fréquente raison de l'utilisation d'un système immersif est la visualisation de phénomènes microscopiques difficiles à modéliser, donc à concevoir, ou bien dans le cas d'objets scientifiques difficiles d'accès pour des raisons de sécurité ou des raisons médicales. Dans ces différents cas, la réalité augmentée peut être utilisée pour voir sous différents angles et avec la possibilité de zoomer sur les éléments représentés (figure 1). C'est le cas, par exemple, pour la visualisation de structures cristallines en chimie ou la visualisation d'éléments du corps humain difficilement accessibles en dehors d'une action de dissection. Dans ce cadre, l'objectif est purement la visualisation, sans pour autant ajouter de l'information sur une structure physique existante.



Figure 1

Application Mirage Crystallography de réalité augmentée permettant la visualisation 3D de structures cristallines



Note. © Auteurs.

Une deuxième raison de l'utilisation d'un système immersif est l'entraînement des apprenants aux gestes professionnels dans des situations complexes pour lesquelles les erreurs ne sont pas tolérables. C'est le cas, par exemple, pour l'entraînement à la maintenance nucléaire, situation dans laquelle l'opérateur est immergé dans une salle de contrôle et peut agir sur différents éléments selon un scénario de crise scénarisé en amont. Nous sommes ici dans l'entraînement et le développement de compétences (Tardif, 2006) en vue d'enrichir une expertise essentielle dans des situations complexes et inédites.

Une troisième raison de l'utilisation d'un système immersif est la réalisation de simulations dans lesquels le travail en équipe et la coordination sont essentiels. C'est le cas, par exemple, dans le domaine médical où chaque acteur d'un bloc opératoire se retrouve dans une salle virtuelle avec possibilité d'agir et d'échanger du matériel pour mener à bien certaines procédures liées à une opération. Dans ce cadre, les différents participants peuvent être de structures différentes et apprennent ainsi de nouvelles manières de fonctionner et de collaborer. Cela peut être fortement utile dans le cas de simulations à destination de formations dans lesquelles la réflexivité est un temps essentiel de la formation (Bowyer *et al.*, 2008; Sheng *et al.*, 2020).

Une quatrième raison de l'utilisation d'un système immersif est le développement de compétences dites transversales, comme la communication ou la curiosité. C'est le cas, par exemple, de certains dispositifs immersifs qui permettent de se rencontrer dans un monde virtuel afin de pouvoir pratiquer une langue étrangère et d'échanger sur la culture d'un pays. Ces dispositifs s'appuient sur de la réalité virtuelle avec un casque de RV favorisant les interactions entre les acteurs et permettent de repenser la notion d'échange linguistique. Notons que dans cette situation, l'utilisation d'un avatar permet parfois de



surmonter certains blocages (timidité, place dans le groupe, peur de l'erreur...) qui peuvent être des freins à l'apprentissage d'une langue. C'est également l'occasion pour les participants de découvrir des éléments de l'ordre de l'architecture, de la cuisine ou encore de la culture au sens large du terme (Burkhardt, 2007).

Une cinquième raison de l'utilisation d'un système immersif est la possibilité de se projeter dans un nouveau lieu ou dans un nouvel environnement de formation. C'est le cas, par exemple, des visites immersives réalisées dans certains établissements d'enseignement supérieur qui permettent aux jeunes d'assister de manière asynchrone à un cours magistral ou à une séance de travaux dirigés en s'immergeant à travers une vidéo 360 degrés. L'objectif de ces systèmes est de permettre à un apprenant de découvrir, en amont, les locaux, les acteurs, l'ambiance en formation et tout autre élément permettant d'anticiper et de faciliter l'intégration à une structure ou à un programme de formation et, pour une partie des futurs étudiants, de diminuer l'appréhension ou l'angoisse liée à la transition vers l'enseignement supérieur (Charrier *et al.*, 2010; Grandpierre 2019).

Les dispositifs immersifs et le développement de compétences

Aujourd'hui, en France, comme dans d'autres pays, la question des compétences est au cœur des préoccupations du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, ainsi que des établissements en général (Lison et Paquelin, 2019). En effet, il ne s'agit plus seulement d'amener les apprenants à acquérir des connaissances, mais également à développer des compétences de haut niveau. Tardif (2006) définit la compétence comme « un savoir agir complexe prenant appui sur la mobilisation et la combinaison efficaces d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations » (p. 22), ce qui la place du côté du sujet agissant (Coulet, 2011).

Si l'on considère les compétences comme un ensemble de connaissances, de savoir-faire et de capacités comportementales, voire de savoirs devenir, en quoi les dispositifs immersifs permettent-ils le développement de compétences?

Dès la petite enfance, l'ensemble des sens est mobilisé au cours des apprentissages. C'est notamment le cas du toucher qui permet à l'enfant d'appréhender l'espace dans lequel il évolue et ainsi de s'y repérer et de prendre conscience de son environnement. On retrouve d'ailleurs cette notion dans un certain nombre de techniques d'enseignement à l'école maternelle et primaire, où les objets sont utilisés pour permettre la compréhension de certaines notions, notamment des notions abstraites, ainsi que le développement de certaines compétences. Dans l'enseignement primaire, en mathématiques par exemple, la manipulation d'objets est utilisée pour la compréhension des fractions (Gentaz, 2018; Ojose et Sexton, 2009).

Les dispositifs immersifs, grâce à leur association à des environnements virtuels, mobilisent différemment les sens de l'apprenant. Du point de vue de la « transmission de connaissances », ils diffèrent des supports d'apprentissage classiques tels que le discours oral ou les supports papier (livres, documents...). Cependant, ces dispositifs peuvent apporter une nouvelle dimension à l'apprentissage. Si l'on met de côté les formations de terrain, les environnements immersifs proposent d'évoluer dans la situation présentée jusqu'à maintenant de manière plutôt théorique. C'est le cas, entre autres, de leur utilisation pour former les professionnels à des travaux précis, dans des environnements spécifiques, nécessitant le développement de certains comportements et réflexes, par exemple, les sites industriels dangereux. Du point de vue du développement des savoir-faire, notamment professionnels, l'utilisation des technologies



immersives peut donc apporter de nouveaux éléments (Sheng *et al.*, 2020), en permettant la mise en place d'environnements d'exercices et de tests. La question de l'acquisition de ces savoir-faire, presque au sens de l'automatisation, et du transfert de connaissances d'un environnement virtuel vers un environnement réel peut alors se poser.

Au-delà des savoirs et des savoir-faire, le travail autour des capacités comportementales est un volet essentiel au développement de compétences. Elles correspondent à la capacité d'interagir et d'évoluer au sein d'un groupe ou d'un environnement spécifique. Ces capacités comportementales sont liées au concept de *soft skills* (Duru-Bellat, 2015), appellation utilisée actuellement dans plusieurs systèmes d'enseignement, dont le système français. Ces *soft skills* deviennent une partie intégrante des formations, notamment professionnelles. Nous les retrouvons régulièrement affichées dans le cadre de formations aux professionnels encadrant des équipes ou évoluant des environnements professionnels mettant au premier plan les interactions humaines. Ces compétences spécifiques sont toutefois difficiles à identifier, à observer et à évaluer. Par conséquent, les formations dédiées à les développer sont complexes à mettre en place. Du point de vue des dispositifs immersifs, les technologies sont particulièrement utilisées de manière appliquée pour des actions de ressources humaines et de recrutement, notamment pour des mises en situation professionnelles. Cependant, l'environnement virtuel amène à remettre en question les interactions : le langage non verbal, par exemple, semble difficile à « retranscrire » en dehors d'un environnement réel. Un intermédiaire, sous la forme de la technologie ou de l'environnement technologique, limite alors l'interaction humaine. Toutefois, n'est-ce pas déjà une amélioration par rapport à ce qui est vécu actuellement (Bouret *et al.*, 2014; Johnson, 2022b; Mignot *et al.*, 2019)?

Les limites des dispositifs immersifs

Même si bon nombre d'utilisateurs sont maintenant équipés de *smartphones*, les dispositifs les plus avancés nécessitent l'utilisation de casques de réalité virtuelle. Dès lors se pose la question de l'accès au matériel et au nombre d'utilisateurs en simultané. Cela ne posera pas forcément de problème dans le cas de simulations professionnelles où un opérateur se formera sur un temps donné, mais cela pourrait générer des contraintes si l'on souhaite former une promotion conséquente d'apprenants. De plus, nous pouvons nous demander comment les personnes pourront continuer leurs apprentissages en dehors de l'environnement de formation ou en dehors des heures prévues.

Mentionnons qu'il est également important de prendre en compte l'inclusivité de tels dispositifs qui sollicitent principalement la vision. En effet, les personnes déficientes visuelles ne pourront pas accéder aisément à ce type de technologie. De plus, plusieurs recherches (Johnson, 2022b; Séba *et al.*, 2019) soulèvent des problèmes de tolérance lors de l'utilisation prolongée de casques de réalité virtuelle.

De plus, il semble important que le design des environnements virtuels soit le plus abouti afin que l'expérience puisse être la plus réelle possible. Cela s'accompagne aussi d'un besoin accru d'interactivité dans les expériences immersives, comme la possibilité de déplacements ou encore l'interaction avec des objets. Actuellement, de nombreux « mondes » virtuels pâtissent en fait de leur manque de réalisme.

Dans le cadre d'éléments de formation à l'aide de dispositifs immersifs, il nous paraît également essentiel de se questionner sur la possibilité de transposition de compétences travaillées en situation réelle. Que dire d'un geste professionnel travaillé grâce à une application de réalité virtuelle? Est-ce que ce geste sera correctement effectué ensuite sur le terrain ou est-ce que la pratique du geste peut ne pas être assez poussée étant donné la limitation technologique? Comment dépasser le fait que l'action menée en situation



virtuelle puisse ne pas être conceptualisée par l'utilisateur et donc être conscrée à un environnement virtuel (Renoir *et al.*, 2020; Weber *et al.*, 2019)?

Tous ces éléments liés au matériel et à la consommation des données remettent aussi en question la soutenabilité de tels dispositifs. En effet, on constate une obsolescence rapide du matériel en raison de la rapide amélioration des technologies. De plus, plus les espaces virtuels immersifs sont visuellement aboutis et plus la consommation de données est importante, ce qui pourra impliquer à l'avenir un coût énergétique croissant lors du développement de ces technologies (Vidal *et al.*, 2017). Ces questions ne peuvent être ignorées par les établissements d'enseignement supérieur qui sont nombreux à s'engager, par divers moyens, dans la lutte contre les changements climatiques.

Enfin, nous pouvons nous questionner sur l'impact direct de ces dispositifs immersifs sur les dynamiques de formation. Comme nous l'avons mentionné, ces systèmes permettent de soutenir l'apprentissage et de développer des compétences nouvelles ou difficiles à atteindre dans des formats classiques de formation. Néanmoins, nous pouvons, voire nous devons nous interroger sur les risques d'éloignement des étudiants vis-à-vis des lieux de formation s'il advenait que ce type d'environnement soit de plus en plus utilisé. En effet, il nous semble indéniable, aujourd'hui plus que jamais peut-être, que l'on ne doit pas perdre de vue le rôle central que jouent les établissements d'enseignement supérieur en tant qu'espaces de socialisation et d'apprentissages informels.

Conclusion

Les technologies du Web 3.0, voilà ce que promettent les dispositifs immersifs, mais nous n'y sommes pas encore complètement (Johnson, 2022a). Comme nous l'avons brièvement illustré, nous constatons qu'il existe encore certaines limites pour que les apprenants bénéficient pleinement de ces nouvelles possibilités. Elles seront probablement franchies dans les années à venir. Pensons simplement, par exemple, aux gants tactiles qui pourraient permettre de ressentir des objets virtuels et ainsi de favoriser le développement de gestes professionnels.

Nous ne pouvons terminer ce texte sans soulever une question qui est aujourd'hui au cœur des préoccupations de nombreux établissements d'enseignement supérieur, soit celles des données personnelles des utilisateurs. Le fait d'être dans des dispositifs immersifs signifie-t-il que les utilisateurs partagent leurs données presque malgré eux? Cette question mérite d'être posée et éclaircie pour ne pas faire face à des conséquences imprévues pouvant entraîner des désagréments tant individuels que collectifs.

Liste de références

- Bouret, J., Hoarau, J., et Mauléon, F. (2014). *Le réflexe soft skills : Les compétences des leaders de demain*. Dunod.
- Bowyer, M. W., Streete, K. A., Muniz, G. M., et Liu, A. V. (2008). Immersive virtual environments for medical training. *Seminars in Colon and Rectal surgery*, 19(2), 90-97.
- Burkhardt, J. M. (2007). Immersion, représentation et coopération: discussion et perspectives empiriques pour l'ergonomie cognitive de la Réalité Virtuelle. *Intellectica*, 45(1), 59-87.
- Charrier, R., André, M., et Huynen, J. L. (2010, December). Évaluation d'un prototype de campus virtuel 3D relativement à la problématique de « l'échec en licence ». Dans *TICE2010, 7^e Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement*.



- Coulet J.-C. (2011). La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences. *Le travail humain*, 74(1), 1-30. <https://doi.org/10.3917/th.741.0001>
- Duru-Bellat, M. (2015). Les compétences non académiques en question. *Formation emploi*, 130(Avril-Juin) 13-29.
- Fauville, G., Luo, M., Queiroz, A. C., Bailenson, J. N., et Hancock, J. (2021). Zoom exhaustion & fatigue scale. *Computers in Human Behavior Reports*, 4, 100119. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100119>
- Gentaz, E. (2018). *La main, le cerveau et le toucher: Approches multisensorielles et nouvelles technologies*. Dunod.
- Gorisse, G., Christmann, O., et Richir, S. (2018). De la présence à l'incarnation: proposition d'un méta-modèle pour la réalité virtuelle. *Interfaces numériques*, 7(1), 94-114. <https://doi.org/10.25965/interfaces-numeriques.3295>
- Grandpierre, T. (2019). Visite virtuelle des salles blanches. *J3eA*, 18(Hors série 1), 1002. <https://doi.org/10.1051/j3ea/20191002>
- Guillon, P. et Roussel, N. (2022). Sur quelles technologies les métavers reposent-ils? *The Conversation*. <https://theconversation.com/sur-quelles-technologies-les-metavers-reposent-ils-177934>
- Johnson, M. (2022a). Faut-il s'intéresser au métavers? *Gestion*, (Hiver). <https://www.revuegestion.ca/faut-il-sinteresser-au-metavers>
- Johnson, M. (2022b). Travaillera-t-on réellement dans le métavers? *Gestion*, (Hiver). <https://www.revuegestion.ca/travaillera-t-on-reellement-dans-le-metavers>
- Kristoffersson, A., Coradeschi, S. et Loutfi, A. (2013). A review of mobile robotic telepresence. *Advances in Human-Computer Interaction*, (3). <https://doi.org/10.1155/2013/902316>
- Landa, M. S., Pierrot, L. et Ramirez, S. (2019, October). Des espaces-temps à l'épreuve du numérique. Dans *Numérique et lien social : appréhensions de la subjectivité et de l'altérité*.
- Lison, C., et Paquelin, D. (2019). La formation du supérieur: un levier de transformation des universités québécoises. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, (80), 61-70. <https://doi.org/10.4000/ries.8184>
- Mignot, E. G., Wolff, B., Kempf, N., Barabel, M., et Meier, O. (2019). *Former avec la réalité virtuelle. Comment les techniques immersives bouleversent l'apprentissage*. Dunod.
- Ojose, B. et Sexton, L. (2009). The effect of manipulative materials on mathematics achievement of first grade students. *The Mathematics Educator*, 12(1), 3-14. <https://tinyurl.com/2p8esmr>
- Renoir, N., Duvenci-Langa, S., Le Goff, C., Blatter, C., Gibbe, P., Létourneaux, F., Salvon, O. (2020, Octobre). Renforcement des compétences non-techniques dans un contexte inter-métiers, par la formation en réalité virtuelle. Dans *22^e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement*, Congrès Lambda Mu 22 « Les risques au cœur des transitions », Oct. 2020, Le Havre, France. <https://hal.science/hal-03348009/document>
- Séba, M. P., Maillot, P., Hanneton, S., Dietrich, G. et Andrieu, B. (2019, Octobre). Effet de l'âge sur la tolérance et l'adaptation aux dispositifs de réalité virtuelle. Dans *18^e congrès international de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives (ACAPS)*, Oct. 2019, Paris, France. <https://hal.science/hal-02956158/document>
- Sheng, B., Saleha, M., et Younhyun, J. (2020). Chapter Twenty – Virtual and augmented reality in medicine. Dans D. Dagan Feng (dir.), *Biomedical Information Technology* (pp. 637-686). AcademicPress.
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences : documenter le parcours de développement*. Chenelière Éducation.
- Vidal, G., et Laroche, F. (2017). *Vers des applications numériques « durables » pour les institutions patrimoniales*. Rapport d'étude. Université Paris 13 – École Centrale de Nantes.
- Weber, M. L., Rodhain, F., et Fallery, B. (2019). Usage de la réalité virtuelle et développement individuel des enseignants-chercheurs. Une approche par la didactique professionnelle. *Management Avenir*, (6), 37-57. <https://doi.org/10.3917/mav.112.0037>

Conception et diffusion d'une expérience de formation immersive, une note de lecture de l'ouvrage de Benjamin Fuzet et Clément Cahagne

Designing and Broadcasting an Immersive Instructional Experience, a Reading Note on the Book by Benjamin Fuzet and Clément

Diseño y difusión de una experiencia de formación inmersiva, nota de lectura sobre la obra de Benjamin Fuzet y Clément Cahagne

<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.336>

Edgard-Casimir Lalo-Sayo, étudiant à la maîtrise
Université TÉLUQ, Canada
lalo-sayo.edgard-casimir@univ.teluq.ca

RÉSUMÉ

Loin des débats autour des bienfaits ou de l'importance de la réalité virtuelle (RV), cet ouvrage nous plonge dans les secrets de la conception d'une formation immersive. En effet, selon les auteurs Benjamin Fuzet et Clément Cahagne, spécialistes en ingénierie pédagogique, ce livre nous guide à travers ses textes afin de nous donner les clés pour concevoir une expérience de formation immersive. Dans un style d'écriture accessible à tous, favorisant une vulgarisation scientifique soutenue par plusieurs illustrations et photographies, les auteurs décortiquent les différentes étapes de conception et de réalisation à travers la méthodologie populaire dans le milieu de la conception, qui n'est autre que le modèle ADDIE (analyse – design – développement – implémentation – évaluation). Des exemples précis de cas réels de modules pédagogiques réalisés à partir de photographies à 360° sont fournis afin



d'accompagner l'apprentissage de situations concrètes. En effet, pour illustrer chaque conception, une étude de cas portant sur la conception d'une formation de démarrage de pompe industrielle est présentée. Il s'agit d'une forme de guide favorisant le lien entre la théorie et la pratique tout en interprétant les nuances spécifiques à la réalité virtuelle et à la conception d'une expérience de formation immersive.

Mots-clés : réalité virtuelle, pédagogie, technologie, immersion, conception, diffusion

ABSTRACT

Away from debates about virtual 'reality's (VR) importance or benefits, this book brings us deep into the secrets of designing an immersive training experience. According to authors Benjamin Fuzet and Clément Cahagne, specialists in educational engineering, the keys to developing and diffusing an immersive training experience would be handed to us through the guidance from this manual. In an amazing writing style accessible to all, promoting scientific popularization and supported by several illustrations or photographs, the authors dissect many steps of designing and implementing through the popular methodology in Instructional training community, the ADDIE model, which stands for Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation. Some specific real cases examples of teaching modules made from 360° photographs are provided to consolidate learning with concrete situations., A case study on the creation of an industrial pump start-up course is presented to illustrate each design. This book is a guide bridges the gap between theory and practice while interpreting specific nuances between virtual reality and designing an immersive instructional experience.

Keywords: virtual reality, pedagogy, technology, immersion, designing, broadcasting

RESUMEN

Lejos de los debates sobre la importancia o los beneficios de la realidad virtual (RV), este libro nos adentra en los secretos del diseño de una experiencia de formación inmersiva. Según los autores Benjamin Fuzet y Clément Cahagne, especialistas en ingeniería pedagógica, los textos de este libro nos guían con el fin de darnos las claves para diseñar una experiencia de formación inmersiva. En un estilo de escritura accesible para todos, que promueve la divulgación científica apoyada por varias ilustraciones o fotografías, los autores descomponen las diferentes etapas del diseño y de la implementación a través de la metodología habitual en las comunidades de diseño pedagógico, que no es otra que el modelo ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación). Se proporcionan algunos ejemplos concretos de módulos de enseñanza hechos con fotografías de 360° para consolidar el aprendizaje mediante situaciones concretas. Para ilustrar cada diseño, se presenta un caso práctico sobre la concepción de un curso de puesta en marcha de una bomba industrial. Este libro es una especie de guía que promueve el puente entre la teoría y la práctica, a la vez que interpreta matices específicos entre la realidad virtual y el diseño de una experiencia de formación inmersiva.

Palabras clave: realidad virtual, pedagogía, tecnología, inmersión, diseño, difusión





Cette note de lecture du livre intitulé *Concevoir et diffuser une expérience de formation immersive : intégrer la réalité virtuelle dans un module pédagogique* (Fuzet et Cahagne, 2022) a pour objectif de mettre en évidence les éléments principaux abordés tout en permettant de comprendre son intérêt et ses limites. Il s'agit donc d'une critique dans une perspective objective, non seulement descriptive, mais surtout analytique. Cet ouvrage est structuré de façon classique avec une section en préambule en guise d'introduction pour une mise en contexte au sujet de la réalité virtuelle avant d'aborder le cœur du sujet selon les cinq étapes principales du modèle ADDIE.

Dès les premières pages, nous pouvons remarquer l'effort des auteurs pour maintenir un dialogue avec le lectorat en utilisant certains titres dans un style à la fois instructif, interactif, voire même interrogatif. La première section intitulée « Pour commencer, quelques définitions et concepts », fait guise de préambule et permet une entrée en la matière en douceur. En effet, les auteurs ont défini certains termes et acronymes de la littérature du domaine (VR/AR/MR, Immersion/Présence, VR 360°, VR full-3D, vidéos 360°) largement utilisés dans le livre afin de clarifier certaines nuances favorisant ainsi une meilleure introduction des néophytes.

Dans la continuité, à la section intitulée « Réalité virtuelle à visée pédagogique : un besoin ou une tendance? », nous retrouvons une mise en contexte permettant de comprendre le monde de la réalité virtuelle ainsi que les avantages et la problématique liée à cette technologie dans une perspective pédagogique. Bien que les auteurs soutiennent qu'il ne s'agit pas d'un ouvrage avec la vocation d'aborder les débats sur les utilités ou avantages de cette technologie, ils énumèrent tout de même les nombreux avantages de la RV pour justifier l'importance portée à l'amélioration de la conception d'une expérience immersive.

La première étape, plutôt théorique et intitulée « Méthodologie » sert d'introduction à la méthode appliquée aux différentes sections du livre à travers les cinq étapes ADDIE. Les différents chapitres du livre sont répartis comme suit : « Phase d'analyse(s) », correspondant au « A » du modèle ADDIE. Ensuite la section « Place à la conception », correspondant au premier « D » du modèle ADDIE consacrée au design. Le chapitre intitulé « Production du module » est quant à lui dédié au développement correspondant au deuxième « D » du modèle. On retrouve ensuite la section « Déploiement et utilisation de modules immersifs », qui représente l'implémentation et enfin la section Évaluation d'un module immersif correspondant au « E » du modèle ADDIE. Une section additionnelle intitulée « Pour aller plus loin... La 3D » nous introduit au contexte du 3D avant de déboucher sur une conclusion.

La phase d'analyse est la section dans laquelle les auteurs lancent les premières pierres de la fondation qui servira de ressource à tout le projet de conception. Cette section souligne l'importance de l'étape d'analyse afin de définir le public cible, les besoins, les tâches et l'environnement de diffusion. Cette phase d'analyse explique surtout comment définir les contours du module à concevoir en tenant compte des atouts et des limites de certains éléments, comme le choix du mode d'utilisation (multi-utilisateurs ou en solo), des supports (PC, tablettes, *smartphones* ou casques) et des méthodologies à utiliser par rapport aux objectifs pédagogiques et au public visé.

Le chapitre « Place à la conception », consacré au design, est la section de l'ouvrage avec le plus de contenu. Cette étape est divisée en deux grandes parties (Approche globale et Approche détaillée). L'approche globale permet d'aider le lecteur à rédiger le document de conception qui englobe certains éléments essentiels tels que la typologie des utilisateurs (observant/participant, actif/passif), les modalités d'interaction (linéaire, à embranchements, libre, contrôlée), la structure (structure de l'information et



arborescence de l'expérience) ou les scénarios du module (la scénarisation et la *gamification*). L'approche détaillée se penche sur l'aspect communicatif du module afin d'optimiser la qualité de l'interface qui implique la facilité d'utilisation et l'efficacité de celle-ci pour maximiser l'expérience utilisateur. Une étude de cas donne des exemples concrets à cet effet tout en illustrant les différentes étapes à l'aide de figures et de graphiques.

La section intitulée « Production du module » fait la transition entre la théorie et la pratique, permettant la réalisation du module d'expérience immersive. Il s'agit d'un tour d'horizon des équipements et appareils nécessaires au tournage ainsi que les réglages requis pour un panorama de captation à 360° optimal. Les autres étapes de production abordées sont la réalisation et l'intégration des éléments graphiques, lumineux et sonores mettant en scènes les images captées en réalité virtuelle. Enfin, le texte nous guide aux phases finales de production que sont les tests, indispensables au bon fonctionnement et à la diffusion du module. Cette section est l'élément phare de l'ouvrage, car elle offre les clés pour bien comprendre l'aspect pratique et technique de cette conception en contexte virtuel.

On retrouve ensuite la section « Déploiement et utilisation de modules immersifs », qui représente l'implémentation. Il s'agit ici de mettre le module conçu à disposition des utilisateurs (les apprenants). Une étape cruciale selon les auteurs, car c'est en effet le moment véridique qui permet d'obtenir les ressentis du public cible et de porter un jugement sur l'atteinte des objectifs. Des conseils et astuces sont livrés pour permettre une implémentation réussie, que ce soit avant, pendant ou après la séance d'immersion en RV. Il y est notamment question d'utiliser la méthode de rétroaction PEA (perception-effets-analyse) permettant de recueillir de façon efficace les informations pertinentes concernant l'expérience immersive des apprenants.

Enfin la section « Évaluation d'un module immersif » correspond à la dernière étape du modèle ADDIE appliquée à la conception du module. Il est question de faire le bilan de la première expérience d'utilisation du module et d'en retenir les apprentissages qui en découlent. Les auteurs suggèrent à cette fin le modèle Kirkpatrick (1959), un processus d'évaluation en formation courant dans le milieu, qui mesure quatre principaux aspects : les réactions des apprenants, les compétences et connaissances acquises, l'évolution du comportement lors de l'expérience et enfin les résultats jugeant le niveau de performance. Cette étape contribue à faire le point par rapport aux objectifs fixés tout en permettant une validation globale.

La section additionnelle intitulée « Pour aller plus loin... La 3D » nous montre les avantages d'intégrer la 3D à un module de formation. En suggérant quelques logiciels adaptés à la modélisation d'environnements et d'objets 3D, ce chapitre nous offre une vision de la conception d'expériences immersives avec moins de restrictions qu'en photo ou en vidéo 360°. En effet, la 3D favorise six degrés de liberté (avancer-reculer, haut-bas et gauche-droite), ce qui offre de multiples possibilités, notamment pour rendre l'expérience plus réaliste sur le plan des interactions et des lois physiques. Dépendant des objectifs et du public cible, la 3D n'est pas juste une alternative, mais un réel atout, car selon les auteurs, elle peut se superposer au module photo et vidéo, mais également offrir un environnement complètement imaginaire permettant d'atteindre l'effet souhaité.

Les auteurs ont mis les ingrédients nécessaires afin que cet ouvrage soit le plus efficace possible. En maintenant la simplicité et en donnant des exemples concrets, la lecture se fait aisément et permet un suivi échelonné tout en douceur, même pour les néophytes. Les auteurs utilisent des méthodologies familières pour une meilleure transition dans la pratique. Chaque section est bien résumée et des conseils sont fournis en cas de scénarios fortuits.



L'ouvrage présente peu de lacunes, si ce n'est que plus de références et de travaux de nature scientifique augmenteraient la crédibilité de l'ouvrage. On peut également ajouter qu'il y a un peu trop de détails qui se diluent dans les aspects généraux non spécifiques à la RV, notamment dans la section de production du module. Cependant, bien que les lecteurs familiers au modèle de conception ADDIE pourraient y trouver certaines évidences ou redites, on y repêche tout de même quelques conseils pratiques et spécifiques à la RV. Les auteurs reconnaissent en conclusion que le monde de la réalité virtuelle évolue très rapidement, ce qui pourrait éventuellement avoir un impact sur l'utilisation pédagogique d'une part, mais surtout sur la conception ou la diffusion de cette dernière d'autre part. Il est tout de même intéressant d'obtenir les acquis offerts par cet ouvrage afin d'être capable de suivre la cadence imposée par l'essor technologique du domaine. D'ailleurs pour mettre le tout en perspective et ouvrir la réflexion, les auteurs Benjamin Fuzet et Clément Cahagne recommandent de surveiller l'évolution du métavers à cet effet.

Liste de références

Cahagne, C. et Fuzet, B. (2022). *Concevoir et diffuser une expérience de formation immersive : Intégrer la réalité virtuelle dans un module pédagogique*. Gereso Editions.

Kirkpatrick, D. (1959). Techniques for Evaluating Training Programs. *Journal of the American Society of Training Directors*, 13(12), 21-26.