

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

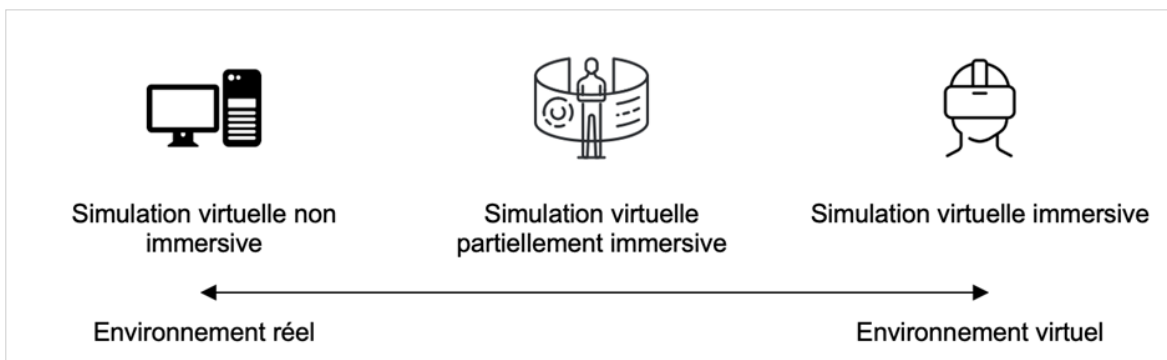
Tout comme la majorité des centres de formation en soins de santé, la Faculté des sciences infirmières de l'Université Laval cherche à optimiser sa formation. Pour ce faire, elle utilise l'approche par simulation. Cette modalité optimise le développement et la validation des compétences (Bienstock et 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., Frendø, 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>