

Effets de la narration en réalité virtuelle sur l'apprentissage de l'histoire à l'école primaire

Effects of Narrative-Based Virtual Reality on History Learning in Primary Education

Karim BOUMAZGUIDA^{1,2} ; Barbara SCUTNAIRE¹ ;
Gaëtan TEMPERMAN¹ ; Bruno DE LIÈVRE^{1,2}

¹Service d'Ingénierie Pédagogique et Numérique éducatif, Université de Mons

²Cellule Facultaire de Pédagogie Universitaire, Université de Mons

Résumé. Cette étude analyse l'effet de la réalité virtuelle (RV) immersive sur l'apprentissage de l'histoire, en comparant deux modes d'exploration de la Maison Anne Frank en RV : un parcours guidé avec une narration structurée et une exploration autonome sans guidage. L'étude a impliqué 91 élèves de sixième primaire (11 ans), répartis aléatoirement dans ces deux conditions. Les résultats montrent que le mode narratif améliore significativement l'apprentissage et suscite une plus grande diversité d'émotions, notamment la peur, la surprise et la confiance. En revanche, le mode libre évoque principalement la joie, une prédominance qui peut sembler « surprenante » compte tenu de la thématique mémorielle. Cette réaction est probablement liée à l'expérience d'utilisation de la réalité virtuelle immersive plutôt qu'au contenu historique lui-même. Aucune différence significative n'a cependant été observée sur les comportements d'exploration. Ces différentes observations mettent en évidence que le potentiel pédagogique de la RV, tout en montrant que la structuration pédagogique peut optimiser l'apprentissage.

Mots-clés : réalité virtuelle, narration, immersion pédagogique, émotions, histoire

Abstract. *This study examines the effects of immersive virtual reality (VR) on history learning by comparing two modes of exploring the Anne Frank House in VR: a guided pathway with structured narration and an unguided, self-directed exploration. The study involved 91 sixth-grade primary school students (aged 11), randomly assigned to one of the two conditions.*

The results indicate that the narrative condition significantly enhances learning outcomes and elicits a broader range of emotions, particularly fear, surprise, and trust. In contrast, the free exploration condition primarily evokes joy, a predominance that may appear surprising given the memorial nature of the content. This response is likely attributable to the immersive VR experience itself rather than to the historical material. No significant differences were observed in exploration behaviors. Overall, these findings highlight the educational potential of VR while underscoring the importance of pedagogical structuring in optimizing learning outcomes.

Keywords: *virtual reality, narrative, instructional immersion, emotions, history*

1. INTRODUCTION

L'enseignement de l'histoire a pour objectif de permettre aux apprenants de découvrir la mémoire et la culture de la société dans laquelle ils évoluent (Belsack, 2023 ; Dancel, 2002). Dans cette optique, l'une des missions du personnel enseignant est de les accompagner dans ce processus en les encourageant à se questionner sur le monde qui les entoure, tout en intégrant des compétences nécessaires pour répondre aux exigences du milieu scolaire (Belsack, 2023 ; Clary et Genin, 1991). Il est en effet primordial, dans le contexte actuel marqué par la prolifération des fake news, de former les apprenants à une lecture critique de l'actualité. Pour ce faire, il apparaît essentiel que les apprenants développent une compréhension approfondie des différents conflits et des grandes tendances historiques, leur permettant ainsi d'analyser les événements contemporains avec discernement et réflexion (Gómez Carrasco et Miralles Martínez, 2016 ; Lambert, 2010).

L'étude du thème d'Anne Frank constitue un cadre pertinent pour l'exploration de notions fondamentales telles que la conscience historique, la tolérance, la compréhension de la diversité culturelle, la promotion des droits humains et l'éducation à la citoyenneté mondiale. Ces dimensions, largement étudiées en sciences de l'éducation et en histoire, contribuent à une réflexion approfondie sur les enjeux de mémoire et d'engagement civique (Falaize, 2014 ; Lambert, 2010 ; Rigaut, 2017). Si, à l'origine, l'enseignement de l'éveil historique reposait principalement sur la transmission orale, où le personnel enseignant cherchait à susciter l'intérêt des apprenants par la narration, cette approche avait toutefois pour effet de placer les élèves dans une posture passive, les limitant à un rôle d'auditeurs sans réelle interaction avec le savoir transmis (Ogier, 2007).

Dans une démarche visant à favoriser l'engagement des apprenants, les professionnels de l'enseignement ont intégré l'exploitation de supports pédagogiques (comme les manuels) permettant aux élèves d'explorer des contenus, de répondre à des problématiques et de construire activement leurs connaissances avant les échanges en classe. Ainsi, cette approche didactique stimule leur intérêt et favorise une posture active face aux apprentissages (Dancel, 1999 ; Ogier, 2007). L'utilisation de la réalité virtuelle peut apporter une plus-value pédagogique au cours d'histoire, car elle permet d'offrir une immersion interactive, engageant les apprenants de manière plus dynamique en leur permettant d'explorer des situations du passé comme s'ils effectuaient un voyage dans le temps et l'espace. En effet, ces technologies d'immersion virtuelle offrent désormais la possibilité de se sentir présent dans des espaces-temps différents (Cooper *et al.*, 2019 ; François *et al.*, 2019 ; Lewis *et al.*, 2021). Ce mode d'apprentissage reposant sur une interactivité comparable à celle des jeux vidéo, offre une immersion renforcée. Celle-ci est facilitée par l'utilisation d'un casque doté de capteurs, capables de calculer en temps réel les images affichées en fonction des mouvements de l'apprenant (Elmqaddem, 2019).

Dans cette contribution nous analysons deux modalités de découverte de la maison d'Anne Frank au moyen du casque de réalité virtuelle (*Meta Quest 2*) dans le cadre d'un cours d'histoire destiné aux élèves de sixième primaire en Belgique francophone.

Notre recherche vise à évaluer l'expérience d'apprentissage selon deux modalités proposées dans l'application *Anne Frank House VR* : un mode « narration », qui propose un parcours guidé avec des informations complémentaires et un mode « libre », permettant aux apprenants une exploration totalement autonome.

2. CADRE THEORIQUE

2.1 EFFETS DE LA REALITE VIRTUELLE

La réalité virtuelle (RV) se définit comme une technologie informatique offrant la possibilité à un utilisateur de s'immerger, de manière interactive et immersive, dans un environnement simulé. Selon Laroche (2017), l'intérêt d'un tel dispositif immersif réside notamment dans sa capacité à optimiser l'exploitation des connaissances, à conceptualiser des informations, à valoriser le patrimoine culturel d'objets du passé et à permettre l'enrichissement direct des données tout en demeurant immergé dans l'environnement.

Dans cette optique, la virtualisation de sites historiques peut être appréhendée comme une technologie visant à reconstituer en trois dimensions des lieux passés ou contemporains, grâce à l'utilisation de divers logiciels et techniques de modélisation (Fleury *et al.*, 2013 ; Vomscheid, 2018). Cette démarche présente plusieurs avantages, parmi lesquels figurent la conservation numérique de sites historiques, la possibilité de visites virtuelles immersives, le développement de l'éducation à distance et la préservation du patrimoine culturel. En définitive, l'objectif fondamental de la virtualisation consiste à faciliter l'accès aux connaissances (Fleury *et al.*, 2013 ; Laroche, 2017 ; Rocheleau, 2010 ; Vomscheid, 2018).

L'évolution rapide des technologies immersives telles que la RV a ouvert de nouvelles perspectives pour l'apprentissage multimédia. Ces technologies offrent à présent une immersion accrue, influençant potentiellement les résultats d'apprentissage grâce à des environnements interactifs et engageants (Slater et Sanchez-Vives, 2016). Dans le cadre des dispositifs immersifs, l'apprenant a la possibilité d'explorer, par exemple, un lieu historique sans quitter son environnement familier, tel que la salle de cours (Khan *et al.*, 2019). L'aspect immersif de ces dispositifs facilite l'accès à des sites géographiques et historiques éloignés, tout en permettant de découvrir des univers aujourd'hui inaccessibles (Cooper *et al.*, 2019 ; François *et al.*, 2019 ; Lewis *et al.*, 2021). La RV apparaît ainsi comme un dispositif particulièrement adapté à l'exploration de contenus historiques. En renforçant la qualité de l'immersion, la capacité des apprenants à contrôler leur propre apprentissage s'en trouve également améliorée, grâce à un engagement sensoriel proche du processus naturel d'acquisition des connaissances (Chartier, 1995 ; Cooper *et al.*, 2019 ; Lewis *et al.*, 2021). Les apprenants deviennent alors acteurs de leurs apprentissages, ce qui en augmente les bénéfices (Carbonell-Carrera *et al.*, 2021 ; Meyer *et al.*, 2019). Par ailleurs, la RV facilite la compréhension de phénomènes abstraits et complexes en immergeant les utilisateurs dans des environnements virtuels, leur procurant ainsi une expérience sensorielle intense (Chartier, 1995 ; Lewis *et al.*, 2021). Des méta-analyses montrent que la RV de faible immersion (ex. : simulations sur écran d'ordinateur) améliore l'apprentissage par rapport aux méthodes traditionnelles, avec des effets de taille modérée ($d = .22-.41$) (Avci *et al.*, 2019). Les jeux et simulations en RV ont montré des effets positifs significatifs sur les connaissances déclaratives (Merchant *et al.*, 2014).

En revanche, les résultats pour la RV à forte immersion sont plus contrastés. Une méta-analyse (Kaplan *et al.*, 2020) a rapporté un effet global négatif ($d = -0.13$), suggérant que l'immersion élevée pourrait parfois nuire à l'apprentissage, notamment en raison d'une surcharge cognitive (Makransky *et al.*, 2019a). D'autres études indiquent toutefois que la RV immersive peut améliorer la rétention des connaissances, surtout lors d'évaluations différées (Makransky *et al.*, 2019b). Ces résultats contrastés laissent à penser qu'il importe probablement de s'intéresser aux conditions dans lesquelles la réalité est mise en œuvre au travers par exemple des scénarios d'apprentissage qui peuvent la mobiliser. Dans cette

perspective, nous pouvons estimer que les résultats issus de la recherche sur les technologies immersives peuvent être interprétés à la lumière de la Théorie Cognitive de l'Apprentissage Multimédia (Mayer et Fiorella, 2022). L'immersion peut faciliter l'apprentissage si elle réduit la charge cognitive extrinsèque et favorise l'engagement (Sweller, 2011).

Toutefois, une surcharge cognitive due à des stimuli non pertinents ou une complexité excessive peut inhiber le traitement de l'information (Moreno et Mayer, 2002).

2.2 EFFETS DE LA NARRATION DANS L'APPRENTISSAGE

Parmi ces principes relatifs à l'apprentissage multimédia, le principe de narration semble jouer un rôle clé dans l'efficacité des supports pédagogiques numériques. Il stipule que les contenus multimédias sont plus efficaces lorsqu'ils utilisent un langage conversationnel et une approche narrative plutôt qu'un ton formel. Mayer et Fiorella (2022) avancent plusieurs raisons pour expliquer cette plus-value de la narration. Elle stimule davantage le niveau d'attention dans l'apprentissage dans la mesure où la voix favorise un sentiment de connexion avec le contenu et ainsi une contextualisation plus approfondie de celui-ci. En termes de traitement de l'information, la narration semble jouer un rôle de guide, car elle relie les informations verbales et visuelles en mémoire de travail et par conséquent elle facilite l'intégration en mémoire à long terme. Sur le plan conatif, elle déclenche plus facilement des émotions qui constituent également un levier important pour faire apprendre. Ghafar (2024) définit le *storytelling* comme « l'acte par lequel un conteur utilise la vocalisation, des images dramatiques et mentales ainsi qu'une structure narrative pour communiquer avec un public » (p. 782). S'appuyant sur les travaux d'Appel *et al.* (2021), il souligne que ces diverses formes d'interaction facilitent l'établissement d'un lien entre le récit et les auditeurs. Dans un cadre pédagogique, cette dynamique interactive entre le personnel enseignant (le conteur) et les apprenants (les auditeurs) favorise ainsi la construction d'une narration, enrichissant le processus d'apprentissage. Le *storytelling* numérique (*Digital Storytelling*) se distingue du *storytelling* traditionnel par son intégration d'éléments multimédias comme l'audio, la vidéo, les images, l'animation et le texte à l'aide d'outils numériques. Le *digital storytelling* serait alors une forme modernisée du *storytelling* qui tirerait parti des technologies numériques pour enrichir l'expérience narrative (Gantayat *et al.*, 2024). Ces mêmes auteurs se réfèrent aux travaux de Murray (2018) et Ryan (2021), qui mettent en évidence que le *storytelling* numérique favorise un changement de rôle du public. Les apprenants passent d'un rôle plus « passif dans les médias traditionnels à des rôles de participants actifs dans des environnements numériques immersifs tels que le métavers » (Gantayat *et al.*, 2024, p. 3949). La narration est alors non linéaire et adaptée aux choix individuels des utilisateurs. Selon Bilici et Yılmaz (2024), qui ont examiné l'incidence du *storytelling* numérique collaboratif sur l'engagement et la motivation des étudiants, l'adoption de cette approche pédagogique favorise la coopération entre pairs, stimule les interactions et accroît ainsi l'implication active des apprenants dans le processus d'apprentissage. Enfin, l'étude d'Almutairy (2022), qui examine l'effet de vidéos éducatives basées sur la narration numérique sur la motivation des étudiants, met en évidence le rôle crucial du contenu audiovisuel narratif dans le renforcement de l'intérêt et de l'engagement des apprenants. Ce constat s'expliquerait notamment par la dimension plus captivante et accessible de ce type de support pédagogique.

Calvert et Hume (2022) se réfèrent aux travaux de Jeunet *et al.*, (2018), Shin (2017) et Slater (2018) qui soutiennent que l'expérience narrative médiatisée par un casque RV favorise une immersion plus profonde dans le récit grâce à une combinaison de facteurs tels qu'un sentiment accru de présence, d'incarnation, d'action et de réalisme. De ce fait,

l'apprenant ne se limite plus à une posture de réception passive du contenu narratif, comme cela peut être le cas lors de la lecture ou du visionnage sur écran, mais s'engage dans une expérience vécue, caractérisée par une participation active au déroulement du récit.

Néanmoins, Calvert et Hume (2022), s'appuyant sur les travaux d'Adams *et al.* (2012) ainsi que de Martey *et al.* (2017), soulignent que certaines études ont montré que l'intégration d'un récit au sein d'une expérience d'apprentissage interactive multimédia n'entraîne pas nécessairement de gains d'apprentissage, et peut parfois même conduire à une diminution des performances par rapport à des supports plus traditionnels. Dans ce contexte, notre recherche vise à examiner si l'intégration d'un dispositif narratif au sein d'une expérience d'apprentissage mobilisant la RV immersive favorise (ou non) des gains d'apprentissage, en comparant les deux modalités de découverte par l'application *Anne Frank House VR* : le mode « narration » vs le mode « libre ».

Afin de répondre à cet objectif, trois questions de recherche sont formulées :

- Les modalités d'usage de l'exploration en RV entraînent-elles des différences significatives en termes de performance des apprenants ?
- Les modalités d'usage de l'exploration en RV influencent-elles le comportement des apprenants au cours de l'activité d'apprentissage ?
- Les modalités d'usage de l'exploration en RV différencient-elles la nature et l'intensité des émotions ressenties par les apprenants ?

3. METHODE

3.1 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE

À l'école primaire, dans le cadre de la formation historique, l'étude de la vie d'Anne Frank apparaît comme une opportunité importante afin d'approfondir la compréhension de la Shoah et des atrocités perpétrées durant la Seconde Guerre mondiale, tout en rappelant les enseignements à tirer de cette période de l'histoire (Chevalier, 2015, 2018 ; Schrama, 2011). Notre étude porte sur l'exploitation du personnage historique d'Anne Frank et de son lieu de mémoire, la « Maison Anne Frank », aujourd'hui convertie en musée et modélisée en 3D pour des expériences en réalité virtuelle. Cette application ne se limite pas à la simple diffusion de savoirs historiques ; elle vise également à susciter une expérience émotionnelle auprès de l'utilisateur de l'application, un aspect fondamental dans la médiation muséale, tel que souligné par Luckerhoff et Jacobi (2014). Pour les besoins de l'expérience, nous avons utilisé un casque de réalité virtuelle *Meta Quest 2*, permettant une immersion visuelle complète.

En termes de contenu, la simulation *Anne Frank House VR* propose une visite interactive de ce site historique. Elle reproduit fidèlement l'espace dans lequel Anne Frank et les membres de sa famille se sont réfugiés durant l'occupation nazie à Amsterdam. Un aperçu de l'environnement numérique immersif proposé aux apprenants dans le casque de réalité virtuelle lors de la visite de la maison d'Anne Frank est présenté (voir Figure 1). Cette expérience virtuelle permet aux utilisateurs d'explorer les lieux où elle a rédigé son journal intime pendant deux années.



Figure 1 : Aperçu d'espaces accessibles sur l'application Anne Frank House VR

L'application offre deux modalités d'exploration : un mode narratif et un mode libre. Le mode narration comprend une partie racontée ainsi que des éléments interactifs qui proposent des informations complémentaires selon un parcours scénarisé et prédéfini. L'utilisateur est ainsi amené à interagir avec différents objets dans un ordre déterminé, en fonction des pièces de la cachette d'Anne Frank qu'il explore. En revanche, le mode libre propose des éléments interactifs cliquables tout au long d'un parcours, laissant à l'utilisateur non seulement la possibilité de se déplacer à sa guise, mais aussi de choisir librement l'itinéraire qu'il souhaite emprunter. Par exemple, il peut visiter les différentes pièces de la cachette dans l'ordre de son choix et interagir comme il le souhaite avec les objets qui s'y trouvent. Afin d'observer l'efficacité de ces deux modes d'exploration, nous avons proposé à deux groupes d'apprenants d'expérimenter de manière indépendante ces parcours dans l'application.

3.2 ÉCHANTILLON ET CONSIDERATIONS ETHIQUES

Notre échantillon comporte au total 91 apprenants de 6^e année primaire âgés de 11 ans. Parmi ces 91 élèves, 34 élèves sont de sexe masculin et 57 élèves de sexe féminin. L'âge moyen de l'échantillon est de 11 et ½ ans. Ces apprenants ont été répartis de manière aléatoire dans les deux conditions : mode narration (45 apprenants) et mode libre (46 apprenants).

Cette étude a été conduite dans le strict respect des dispositions relatives à la protection de la vie privée, conformément au règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (RGPD). Nous avons veillé à respecter les normes éthiques propres aux recherches en Sciences de l'Éducation et avons tâché de respecter au mieux les recommandations d'experts relatives à l'utilisation des technologies virtuelles, comme celles formulées dans le Rapport d'expertise collective, publié en 2021 par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, portant sur les effets sanitaires liés à l'exposition aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée. En effet, une lettre détaillant les objectifs et le déroulement de l'étude a été transmise aux parents ou responsables légaux des enfants participant à cette recherche, dont le consentement écrit a été recueilli au préalable. Les

directions des établissements scolaires où les données ont été collectées ont également donné leur accord, notamment concernant les aspects liés au RGPD. Les enfants ont été informés qu'ils étaient libres de participer ou de se retirer à tout moment, sans avoir à se justifier. Pour réduire tout risque potentiel, l'utilisation des casques de réalité virtuelle a été limitée à 15 minutes. De plus, un chercheur spécialisé dans l'accompagnement des enfants et formé à l'utilisation de la réalité virtuelle a supervisé en continu l'expérimentation, veillant à leur confort et prêt à intervenir si nécessaire. Aucune manifestation de malaise ou effet indésirable n'a été observée.

3.3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PROCEDURE

Pour rappel, dans le cadre de cette étude, nous essayerons d'apporter des éléments de réponse à trois questions de recherche complémentaires (Q1, Q2 et Q3).

Dans un premier temps, nous cherchons à mettre en évidence de quelle manière les deux modalités d'exploration influencent les performances des apprenants (Q1), leurs interactions mises en lumière par l'analyse des traces laissées dans l'environnement virtuel (Q2) ainsi que leurs émotions ressenties lors de l'apprentissage (Q3).

D'un point de vue chronologique, les participants ont d'abord complété un pré-test comportant 15 items en lien avec le contenu traité et portant sur trois compétences spécifiques, définies par le Référentiel de Formation en histoire, géographie, économie et social, de la Fédération Wallonie-Bruxelles : « exploiter l'information », « exploiter des sources historiques » et « agir et réagir ». Des exemples d'items, construits avec des professionnels du terrain, intégrés au pré-test pour chacune des catégories de compétences mentionnées précédemment sont présentés (voir Tableau 1). Précisons que nous avons veillé à garantir une équivalence informationnelle entre les deux modalités, notamment en ce qui concerne les contenus mobilisés par les questions du test de compétences.

Tableau 1 : Items du pré-test par catégorie de compétences

Compétences	Exemples
<i>Exploiter l'information</i>	Entoure parmi ces événements historiques celui qui est contemporain de ce personnage.
<i>Exploiter des sources historiques</i>	Entoure les objets contemporains à cette personnalité.
<i>Agir et réagir</i>	Quelle citation célèbre est associée à Anne Frank ? Entoure la réponse correcte.

Afin d'explorer la maison d'Anne Frank au moyen d'un casque de réalité virtuelle, les élèves ont été invités à sortir de leurs salles de classe pour réaliser l'expérience dans un environnement spacieux, leur permettant de se déplacer librement dans l'espace et de tirer pleinement parti du potentiel de l'application. Cette liberté de mouvement favorisait l'interaction avec l'environnement virtuel, notamment l'accès aux pensées d'Anne Frank, le déplacement entre les différentes pièces de la cachette ainsi que la manipulation des objets disponibles, renforçant ainsi l'engagement sensoriel des apprenants. Cette organisation pédagogique fait écho aux travaux de Boumazguida *et al.* (2026), qui, s'appuyant sur Altinpulluk (2019), soulignent que « le contrôle que possède l'apprenant sur son environnement est un avantage non négligeable, car il permet un engagement sensoriel chez

ce dernier » (p.5). Cette liberté de mouvement lors de l'exploration a pu contribuer à renforcer leur implication dans l'expérience immersive.

Comme le montrent les photographies, ils ont été invités à porter un casque (*Meta Quest 2*) de réalité virtuelle (voir Figure 2). De manière à contrôler le temps d'apprentissage, les élèves ont pu effectuer une visite autonome durant une période d'environ quinze minutes, quel que soit le mode de découverte choisi (« narration » ou « libre »). Durant l'expérimentation, les élèves ont eu la possibilité d'explorer la cachette d'Anne Frank en se déplaçant virtuellement dans les différentes pièces.

Cette exploration immersive leur a également permis d'entrer en contact avec des traces du passé à travers la manipulation d'objets du quotidien ayant appartenu à Anne Frank et aux autres occupants de la cachette. Ces objets, intégrés à l'environnement virtuel, sont accompagnés de récits anecdotiques diffusés par une voix off incarnant une jeune adolescente, dont le contenu est directement tiré du Journal d'Anne Frank.



Figure 2 : Apprenants lors de l'expérimentation

Les interactions des apprenants ont été enregistrées à l'aide d'un dispositif de copie d'écran (*screen mirroring*), permettant de reproduire sur un écran externe ce qu'ils visualisaient dans l'environnement virtuel (Pratama et Dossick, 2024). Ce dispositif, combiné à un système d'enregistrement de l'écran (*screencasting*), a permis de collecter les traces d'activité générées par les élèves lors de la découverte de la cachette d'Anne Frank au moyen d'un casque de réalité virtuelle. En nous appuyant sur les travaux de Boumazguida *et al.* (2021), ces traces ont été codifiées à l'aide d'une grille d'évaluation élaborée sous Excel préalablement à l'expérimentation. Chaque action réalisée par les apprenants a fait l'objet d'un enregistrement vidéo distinct, correspondant à un apprenant, puis d'un codage manuel systématique au sein de la grille.

Cette analyse de la trace a permis de prendre en compte deux variables complémentaires : le nombre d'actions relatives à la découverte de l'environnement virtuel, c'est-à-dire la fréquence à laquelle l'élève sélectionne un objet proposé dans l'environnement (par exemple : manipulation de vaisselle, d'un livre, etc.), et le nombre de déplacements effectués d'une pièce à l'autre. Les interactions pédagogiques ont été analysées en comptabilisant, pour chaque élève, le nombre de sollicitations adressées au personnel enseignant (demande d'aide, de conseil, etc.). Cette analyse a également intégré les sollicitations orales adressées au personnel enseignant présent à proximité, lorsque les élèves, équipés du casque de réalité virtuelle, interpellaient directement celui-ci afin de poser des questions au cours de l'activité.

L'enseignement d'événements historiques majeurs, tels que la Seconde Guerre mondiale, est susceptible de susciter des réactions émotionnelles chez les élèves. Dans cette perspective, la présente étude vise également à analyser la dimension émotionnelle mobilisée lors de la découverte de la cachette d'Anne Frank au moyen d'un casque de réalité virtuelle, afin d'identifier les émotions les plus saillantes durant le processus d'apprentissage.

Pour ce faire, nous avons adapté la roue de Plutchik (1980), aussi appelée « fleur des émotions ». L'outil mis à disposition des apprenants est présenté ci-après (voir Figure 3).

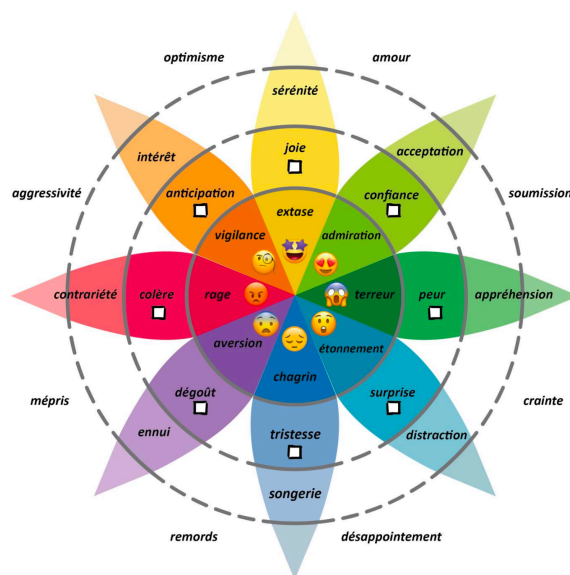


Figure 3 : Adaptation de la fleur des émotions de Plutchik (1980)

À l'issue de la phase de découverte, les élèves ont identifié l'émotion dominante ressentie au cours de l'expérience. Au centre de la « roue » figurent les émotions dites primaires, qui n'apparaissent que dans des situations extrêmes, tandis que les pétales représentent des émotions plus accessibles et de moindre intensité à mesure que l'on s'éloigne du centre. Le modèle intègre également des émotions mixtes, résultant de la combinaison de deux émotions adjacentes, comme la joie et la confiance, qui peuvent produire l'amour (Newland *et al.*, 2019 ; Ringeval, 2011). Nous avons retenu cet outil en raison de sa représentation visuelle simple et intuitive des émotions, qui facilite l'expression émotionnelle des participants. Notre choix de nous focaliser sur les émotions de l'anneau intermédiaire dans le cadre de cette recherche menée auprès d'élèves de sixième primaire, découlait du fait qu'il nous semblait peu probable que les sujets expérimentent des émotions très intenses dans ce contexte d'apprentissage. De même, les émotions les plus « légères », situées en périphérie de la roue, nous semblaient être trop diffuses pour être clairement identifiées et verbalement exprimées par des enfants de cet âge. L'anneau intermédiaire de la roue de Plutchik, qui regroupe les émotions modérées, semblait offrir un équilibre. En effet, ces émotions sont suffisamment marquées pour être reconnues et exprimées tout en correspondant mieux à l'expérience vécue dans notre cadre pédagogique. Elles constituent ainsi un point de repère pertinent pour l'évaluation et la comparaison des ressentis émotionnels des élèves.

Nous sommes conscients que l'exploration de la maison d'Anne Frank par le biais de la RV a probablement suscité une pluralité d'émotions chez les sujets. Néanmoins, notre choix de recueillir uniquement l'émotion ressentie avec la plus forte intensité répond à une volonté de favoriser l'identification de l'état émotionnel dominant durant la situation d'apprentissage.

Finalement, pour évaluer un potentiel effet des modalités de découverte de la maison d'Anne Frank sur le développement des compétences en éveil historique ciblées, les apprenants ont été invités à participer à un post-test similaire au pré-test proposé avant la phase de découverte.

4. RESULTATS

Notre analyse des résultats se structure autour de nos trois questions de recherche (Q1, Q2 et Q3).

4.1 QUESTION 1 : LES MODALITES D'USAGE DE L'EXPLORATION EN REALITE VIRTUELLE DIFFERENCIENT-ELLES LA PERFORMANCE DES APPRENANTS ?

Cette première question de recherche vise à analyser l'influence des modalités d'utilisation (narrative vs. libre) de l'application *Anne Frank House VR* sur la performance des apprenants, évaluée par la comparaison des résultats obtenus entre un pré-test et un post-test.

L'analyse met en évidence une progression importante des élèves dans l'apprentissage (Gain = 67.28 %) indépendamment de la condition expérimentale : narration vs. libre (voir Tableau 2). Un test de student païré indique que ce gain est très significatif ($t = 25 ; 524 ; p = 0.001$). Afin d'évaluer la différence de performance entre ces deux groupes, un test de Student pour échantillons indépendants a été appliqué. Les résultats indiquent que les apprenants ayant bénéficié du mode narration ($M = 72.16 \%$) présentent une progression significativement plus importante dans l'acquisition des connaissances que ceux ayant progressé de manière libre ($M = 62.50 \%$), avec une différence statistiquement significative ($t = 2,622 ; p = 0.010$).

Tableau 2 : Statistiques descriptives relatives à la performance des apprenants

Groupes	N	Pré-test		Post-test		Gains relatifs ¹	
		\bar{X}	CV	\bar{X}	CV	\bar{X}	CV
Narration	45	21.46	71.50	78.06	14.30	72.16	18.60
Libre	46	20.15	106.61	72.32	19.10	62.50	33.33
Global	91	20.80	89.20	75.16	17.10	67.28	27.00

Ce dispositif d'évaluation ipsative nous a permis de calculer un gain relatif¹ pour chaque étudiant au terme de la formation. Nos analyses descriptives relèvent que 93.30 % des élèves ayant suivi le mode narratif ont progressé contre seulement 58.69 % dans la modalité libre. Dans cette dernière modalité, ils ne sont près de 34.78 % à n'avoir ni progressé ni régressé et 6.52 % à avoir régressé.

¹ Le gain relatif correspond au rapport de ce que l'élève a gagné à ce qu'il aurait pu gagner au maximum. Il se calcule par la formule suivante (Score posttest - Score prétest) / (Score maximum - Score prétest) × 100.

De manière logique, la dispersion, mesurée par le coefficient de variation, est également plus faible en fin d'apprentissage (post-test) chez les apprenants ayant bénéficié d'un parcours en mode narration ($C = 14.30\%$) que dans le groupe libre ($CV = 19.10\%$). Cela indique que la narration favorise non seulement un meilleur niveau de maîtrise, mais contribue aussi à une plus grande équité au sein du groupe en réduisant ainsi la variabilité interindividuelle.

Par ailleurs, nous observons un lien négatif et significatif entre le pré-test et le gain relatif ($r = -.324$; $p = .002$). Ce qui pourrait signifier que ce sont les apprenants ayant moins bien réussi le pré-test qui ont progressé davantage dans la maîtrise du contenu. Quand on calcule cette corrélation dans chaque condition, ce lien se renforce ($r = -0.519$; $p = 0.000$) pour la modalité libre et n'existe plus pour le mode narratif ($r = 0.033$; $p = 0.830$). On peut ainsi mettre en évidence qu'un degré de liberté plus important semble profiter davantage aux élèves plus en retrait dans l'apprentissage au départ. Ce résultat peut paraître contre-intuitif par rapport au principe de guidage à plutôt privilégier avec ce type d'élèves (Tricot, 2021).

4.2 QUESTION 2 : LES MODALITES D'USAGE DE L'EXPLORATION EN REALITE VIRTUELLE DIFFERENCIENT-ELLES LE COMPORTEMENT DES APPRENANTS EN COURS D'APPRENTISSAGE ?

Cette deuxième question de recherche vise à examiner dans quelle mesure les modalités d'usage de l'exploration en réalité virtuelle influencent le comportement des apprenants au cours du processus d'apprentissage. Les statistiques concernant le comportement des apprenants en cours d'apprentissage sont présentées (voir Tableau 3). Cette analyse du processus prend en compte le nombre d'actions d'apprentissage, le nombre de sollicitations adressées au personnel enseignant, ainsi que le nombre de déplacements. L'examen du tableau 3 laisse apparaître que le comportement des élèves en cours de processus ne se différencie statistiquement pas en fonction des modalités d'exploration suivies. Par ailleurs, l'analyse des coefficients de variation met en évidence une forte variabilité des interactions pédagogiques impliquant les élèves, dans les deux conditions d'apprentissage.

Tableau 3 : Statistiques descriptives relatives au processus d'apprentissage

	Mode narration		Mode libre		Probabilité
	\bar{X}	CV	\bar{X}	CV	
Nombre d'actions d'apprentissage	80.915	15.19	80.602	15.90	W = 1027.500 P = 0.956
Nombre de déplacements	42.89	12.50	41.87	12.34	W = 1173.500 p = 0.251
Nombre de sollicitations	2.55	51.13	2.28	56.67	W = 161.500 p = 0.314

4.3 QUESTION 3 : LES MODALITES D'USAGE DE L'EXPLORATION EN REALITE VIRTUELLE DIFFERENCIENT-ELLES LA NATURE DE L'EMOTION RESSENTIE PAR LES APPRENANTS ?

Cette dernière question de recherche vise à examiner l'influence des modalités de découverte de l'application *Anne Frank House VR* sur la nature des émotions ressenties par

les apprenants. La lecture du tableau 4 montre que les élèves expriment généralement un sentiment de joie par rapport à leur expérience d'apprentissage (65/91 soit 71.42 %).

Dans les deux conditions expérimentales, la fréquence élevée de manifestations de joie dans le contexte de la découverte de la vie d'Anne Frank peut susciter des interrogations. Nous estimons que cette tendance peut être attribuée à l'effet nouveauté induit par l'utilisation de la réalité virtuelle. Nous observons également que la tristesse est quasiment absente, ce qui peut indiquer une difficulté à l'exprimer dans ces conditions d'apprentissage. Quand on compare les deux conditions, on observe que la modalité libre favorise davantage l'expression de la joie (39/46 soit 84.78 %), tandis que la narration semble permettre une plus grande diversité émotionnelle. Il apparaît en effet que la peur, la confiance et la surprise sont plus présentes dans la narration, suggérant que le suivi d'une histoire structure plus les émotions négatives ou inattendues. Quelle que soit la condition, on relève par ailleurs qu'aucun participant des deux groupes n'a exprimé d'émotions liées au dégoût, à la colère ou à l'anticipation.

Tableau 4 : Émotions ressenties par les apprenants

Modalités	Émotions				
	Joie	Confiance	Peur	Surprise	Tristesse
Narration	26	7	5	7	0
Libre	39	2	1	2	2
Global	65	9	6	9	2

5. DISCUSSION DES RESULTATS

Les résultats obtenus dans cette étude permettent de mieux comprendre l'impact de la réalité virtuelle (RV) sur l'apprentissage de l'histoire en milieu scolaire, en particulier lorsqu'elle est couplée à une approche narrative. L'un des résultats majeurs de cette étude est que le mode narratif semble plus efficace que le mode libre en termes de progression des apprenants. En effet, les élèves ayant suivi un parcours guidé ont montré une progression significativement plus importante dans l'acquisition des connaissances. Ces résultats corroborent les résultats positifs de la narration dans l'apprentissage multimédia (Mayer et Fiorella, 2022). D'un point de vue cognitif, la narration facilite l'intégration des informations en reliant les contenus visuels et textuels en mémoire de travail, favorisant ainsi leur transfert en mémoire à long terme (Mayer et Fiorella, 2022). En mobilisant simultanément la mémoire sémantique et la mémoire épisodique, elle donne l'occasion aux apprenants de mieux structurer et contextualiser leurs connaissances plus efficacement que dans un environnement d'exploration libre qui leur demande de poser des choix en termes d'orientation, de sélection, etc. Cette démarche supplémentaire à mettre en œuvre entraîne une charge cognitive probablement plus élevée (Sweller, 2011) en termes de traitement.

Bien que nous n'ayons pu confirmer les résultats d'un point de vue inférentiel, la narration semble également jouer un rôle émotionnel en suscitant un sentiment d'implication plus marqué, ce qui peut renforcer l'engagement et la rétention des connaissances (Bilici et Yılmaz, 2024).

Le fait que les actions et interactions des élèves ne diffèrent pas significativement selon les modalités d'exploration (Tableau 3) est un résultat intéressant.

Cela signifie que, bien que les élèves du groupe narratif aient mieux appris, ils n'ont pas nécessairement exploré davantage l'environnement virtuel ni sollicité plus fréquemment le personnel enseignant. L'analyse croisée entre le processus et la performance nous permettent de mettre en avant que le mode narratif semble plus efficace dans la mesure où pour un même nombre d'actions les élèves aboutissent à de meilleurs résultats au terme de l'apprentissage. Ce résultat suggère que la structure pédagogique sous-jacente constitue un facteur déterminant dans l'efficacité de la RV, indépendamment du niveau d'interaction des élèves avec l'environnement numérique. Ces résultats sont à mettre en relation avec les conclusions des méta-analyses sur la RV immersive. Si plusieurs études montrent que la RV peut améliorer la rétention des connaissances (Makransky *et al.*, 2019b), certaines suggèrent que des niveaux d'immersion trop élevés peuvent générer un déficit de l'attention et une surcharge cognitive, rendant l'apprentissage moins efficace (Makransky *et al.*, 2019a). Notre étude confirme en partie ces conclusions : le mode libre, bien que favorisant une exploration autonome, ne semble pas toujours optimal pour l'apprentissage, possiblement en raison d'un manque de structuration de l'expérience.

L'analyse des émotions des élèves révèle en effet que le mode narratif induit une plus grande diversité émotionnelle (peur, surprise, confiance) par rapport au mode libre, qui est principalement associé à un sentiment de joie. Ce constat suggère que la narration structure les réactions émotionnelles des élèves, possiblement en rendant l'apprentissage plus immersif et engageant (Ghafar, 2024 ; Plutchik, 1980). Une implication émotionnelle forte constitue un levier puissant d'apprentissage dans la littérature en psychologie d'apprentissage (D'Mello et Graesser, 2012). En outre, la prédominance de la joie, au regard de la thématique mémorielle de la maison d'Anne Frank, peut apparaître inattendue. Ce résultat pourrait toutefois s'expliquer davantage par l'expérience d'usage de la réalité virtuelle immersive que par le contenu historique exploré, ce qui invite à une interprétation prudente de ces données. En ce sens, nos résultats rejoignent la littérature mettant en évidence la capacité de la réalité virtuelle à susciter des émotions positives et à favoriser une expérience d'apprentissage perçue comme positive (Marquis *et al.*, 2024), indépendamment du contenu abordé.

D'un point de vue méthodologique, un des apports de cette recherche est l'intégration d'un suivi des interactions en RV via le screen mirroring, permettant d'analyser les comportements des élèves en temps réel. Cette approche offre un aperçu des processus d'apprentissage souvent négligés dans les études traditionnelles basées uniquement sur des pré et post-tests. Cependant, certaines limites méthodologiques doivent également être mises en évidence comme la durée de l'expérimentation : les sessions d'apprentissage étaient limitées à 15 minutes. Bien que cette contrainte ait été imposée pour éviter la fatigue et les effets indésirables liés à la RV, une exposition plus longue aurait pu permettre d'observer des effets différenciés sur la mémorisation à long terme. Par ailleurs, bien que l'étude repose sur un échantillon relativement large (91 élèves), celui-ci est constitué d'enfants d'un âge spécifique (11 ans). L'âge et le niveau de maturité cognitive des apprenants pourraient influencer la manière dont ils interagissent avec la RV, ce qui limite la généralisation des résultats à d'autres niveaux scolaires.

Enfin, bien que l'analyse des émotions via la roue de Plutchik soit pertinente pour capturer la diversité des ressentis des élèves, elle reste une mesure subjective, qui pourrait être complétée par des analyses physiologiques (rythme cardiaque, suivi oculaire, etc.) afin de mieux comprendre l'impact de la RV sur l'engagement émotionnel.

6. PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude apportent un éclairage sur l'impact des différentes modalités d'exploration en réalité virtuelle sur l'apprentissage de l'histoire. Dans notre contexte, ils confirment l'efficacité d'un cadre narratif structuré pour améliorer la rétention des connaissances et diversifier les émotions ressenties par les élèves. Dans cette perspective, le personnel enseignant a probablement un rôle clé dans l'orientation des interactions avec l'environnement virtuel et dans l'aide à la verbalisation des émotions et des apprentissages.

Plusieurs axes de recherche méritent probablement d'être approfondis afin d'optimiser l'intégration de la réalité virtuelle dans l'enseignement et la formation. Il nous semble tout d'abord pertinent d'examiner la rétention des connaissances à moyen et long terme afin d'évaluer la durabilité des apprentissages dans un environnement immersif. Une approche plus longitudinale permettrait de mesurer l'impact de la narration sur la consolidation des savoirs et leur mobilisation ultérieure. Notre étude est contextualisée et porte sur un contenu spécifique dans le domaine de l'histoire. Il serait intéressant d'évaluer les effets de la narration immersive dans d'autres disciplines scolaires, comme les sciences ou les langues, afin de déterminer si les bénéfices observés en histoire sont généralisables à d'autres domaines.

Pour conclure, bien que la narration puisse représenter une démarche intéressante, son efficacité dépend de nombreux facteurs, tels que le contexte, les tâches d'apprentissage, le public visé, etc. Il nous semble donc important de poursuivre des recherches supplémentaires, notamment dans le cadre d'approches pédagogiques mobilisant la réalité virtuelle, afin de mieux comprendre les conditions spécifiques qui favorisent son utilisation optimale.

7. DECLARATION D'UTILISATION D'OUTIL D'IA GENERATIVE

Au cours de la préparation de ce travail, l'auteur ou les auteurs ont utilisé ChatGPT-5, OpenAI (<https://chatgpt.com>) dans les sections introduction, cadre théorique et méthode afin de procéder à une révision formelle du manuscrit (clarification rédactionnelle, ajustements syntaxiques et amélioration de la cohérence).

RÉFÉRENCES

- Adams, D. M., Mayer, R. E., MacNamara, A., Koenig, A. et Wainess, R. (2012). Narrative games for learning: Testing the discovery and narrative hypotheses. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), 235–249. <https://doi.org/10.1037/a0025595>
- Almutairy, S. H. (2022). Designing a digital video based on storytelling in an e-learning environment and its effect on developing mental motivation and academic achievement among students at College of Education, King Saud University. *International Journal of Research in Education and Science*, 5(1). <https://doi.org/10.29009/ijres.5.1.8>
- 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>

Karim BOUMAZGUIDA, Barbara SCUTNAIRE, Gaëtan TEMPERMAN, Bruno DE LIÈVRE

- Appel, M., Lugrin, B., Kühle, M. et Heindl, C. (2021). The emotional robotic storyteller: On the influence of affect congruency on narrative transportation, robot perception, and persuasion. *Computers in Human Behavior*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106749>
- Avci, S. K., Coklar, A. N. et Istanbulu, A. (2019). The effect of three-dimensional virtual environments and augmented reality applications on learning achievement: A meta-analysis study. *Egitim ve Bilim-Education and Science*, 44(198), 149-182.
- Boumazguida, K., Temperman, G. et De Lièvre, B. (2021). The digital book: a tool to help university students succeed? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(1), 45-75. <https://doi.org/10.26220/rev.3555>
- Boumazguida, K., Hauet L., Kumps, A., Temperman G., Eeckhaut, I. et De Lièvre, B. (2026, à paraître). Réalité virtuelle, objet tangible, illustrations : quelle(s) modalité(s) utiliser pour la découverte du vivant à l'école primaire ? *Revue Intégration pédagogique des TIC (IPTIC)*, 5.
- Belsack, E. (2023). Questionnement et enseignement de l'histoire dans une classe primaire en pédagogie active : une étude de cas du point de vue du cadre de l'apprentissage par problématisation (Publication no tel-04149310) [Thèse de doctorat, Nantes Université, Université libre de Bruxelles]. HAL Thèses. <https://theses.hal.science/tel-04149310/>
- Bilici, S. et Yılmaz, R. M. (2024). The effects of using collaborative digital storytelling on students' engagement and motivation. *Education and Information Technologies*, 29, 20243-20266. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12638-7>
- Calvert, J. et Hume, M. (2022). Immersing learners in stories: A systematic literature review of educational narratives in virtual reality. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(5), 45-61. <https://doi.org/10.14742/ajet.7032>
- Carbonell-Carrera, C., Saorin, J. L. et Melián Díaz, D. (2021). User VR experience and motivation study in an immersive 3D geovisualization environment using a game engine for landscape design teaching. *Land*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/land10050492>
- Chartier, P. (1995). La réalité virtuelle : voyage au-delà du gadget. *Documentation et bibliothèques*, 41 (1), 39-46. <https://doi.org/10.7202/1033351ar>
- Chevalier, D. (2015). Anne Frank : une voix singulière, collective et mondialisée des mémoires douloureuses. *Revue du Nord*, 32, 161-176. <https://univ-tlse2.hal.science/hal-01676630>
- Chevalier, D. (2018). Que deviennent les mémoires douloureuses aux musées : un universel métissé ? *Mondes du tourisme*, 14. <https://doi.org/10.4000/tourisme.1769>
- Clary, M. et Genin, C. (1991). *Enseigner l'histoire à l'école ?* Istra.
- Cooper, G., Park, H., Nasr, Z., Thong, L.-P. et Johnson, R. (2019). Using virtual reality in the classroom: Preservice teachers' perceptions of its use as a teaching and learning tool. *Educational Media International*, 56(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/09523987.2019.1583461>
- D'Mello, S. et Graesser, A. C. (2012). Emotions during the learning of difficult material. *Psychology of Learning and Motivation*, 57, 183-225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394293-7.00005-4>

- Dancel, B. (1999). La place du document dans la nouvelle didactique de l'histoire. *La Gazette des Archives*, 184-185, 95-103. <https://doi.org/10.3406/gazar.1999.3568>
- Dancel, B. (2002). Enseigner l'histoire de la Grande Guerre et commémorer l'Armistice du 11 novembre à l'école primaire. *Carrefours de l'éducation*, 13, 18-49. <https://doi.org/10.3917/cdle.013.0018>
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(3), 234-242. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289>
- Falaize, B. (2014). L'enseignement des sujets controversés dans l'école française : les nouveaux fondements de l'histoire scolaire en France ? *Revista Tempo e Argumento*, 6 (11), 193-223. <https://doi.org/10.5965/2175180306112014193>
- Fleury, P., Madeleine, S. et Lefèvre, N. (2013). A Roman street at the time of Constantine: Interactive visit with access to ancient source materials. Dans A. Traviglia (dir.), *Across space and time: Papers from the 41st Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (p. 401-407). Amsterdam University Press.
- François, P., Laroche, F., Rubellin, F. et Leichman, J. (2019, 21-25 janvier). Remonter le temps pour comprendre le passé : l'immersion virtuelle au service des historiens [communication]. *Conférence Extraction et gestion de connaissances 2019 (EGC2019)*, Metz, France. <https://hal.science/hal-01989653>
- Gantayat, A., Pani, P. et Mishra, S. (2024). Traditional storytelling and immersive narratives in the metaverse. *Journal of Informatics Education and Research*, 4(3), 3948-3953.
- Ghafar, Z. N. (2024). Storytelling as an Educational Tool to Improve Language Acquisition: A Review of the Literature. *Journal of Digital Learning and Distance Education*, 2(9), 781-790. <https://doi.org/10.56778/jdlde.v2i9.227>
- Gómez Carrasco, C. et Miralles Martínez, P. (2016). Développement et évaluation des compétences historiques dans les manuels scolaires : une étude comparative France-Espagne. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 58, 53-66. <https://doi.org/10.3917/spir.058.0053>
- Jeunet, C., Albert, L., Argelaguet, F. et Lecuyer, A. (2018). "Do you feel in control?": Towards novel approaches to characterise, manipulate and measure the sense of agency in virtual environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(4), 1486–1495. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2794598>
- Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D. et Hancock, P. A. (2021). The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: A meta-analysis. *Human Factors*, 63(4), 706–726. <https://doi.org/10.1177/0018720820904229>
- Khan, T., Johnston, K. et Ophoff, J. (2019). The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Advances in Human-Computer Interaction*, 7208494. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>
- Lambert, A. (2010). Enseigner la Shoah dans une démarche d'éducation civique. *Revue d'Histoire de la Shoah*, 193 (2), 169-172. <https://doi.org/10.3917/rhsho.193.0169>
- Laroche, F. (2017). *KLM for heritage : vers une humanisation de l'industrie par les connaissances patrimoniales ou comment considérer le patrimoine comme pilier de*

connaissances pour construire un futur durable (Publication no tel-01712318) [Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Nantes]. HAL. <https://hal.science/tel-01712318>

- 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>
- Luckerhoff, J. et Jacobi, D. (2014). L'étude communicationnelle de la culture : le cas des publics des musées d'art. Dans S. Perreault et Y. Laplante (dir.), *Introduction à la communication sociale* (p. 63-100). Éditions SMG.
- Makransky, G., Terkildsen, T. S. et Mayer, R. E. (2019a). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Makransky, G., Borre-Gude, S. et Mayer, R. E. (2019b). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35 (6), 691-707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>
- Marquis, C., Poellhuber, B., Wall-Lacelle, S., Fortin, M.-N. et Bertrand, C. (2024). La réalité virtuelle comme moteur pour générer une expérience positive d'enseignement et d'apprentissage des sciences. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 21(2), 1-28. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2024-v21n2-12>
- Martey, R. M., Shaw, A., Stromer-Galley, J., Kenski, K., Clegg, B., Folkestad, J., Saulnier, T. et Strzalkowski, T. (2017). Testing the power of game lessons: The effects of art style and narrative complexity on reducing cognitive bias. *International Journal of Communication*, 11. <https://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/5032>
- Mayer, R. E. et Fiorella, L. (2022). Principles for managing essential processing in multimedia learning. Dans R. E. Mayer (dir.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3e éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.025>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. et Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Meyer, J., Fleckenstein, J., Retelsdorf, J. et Köller, O. (2019). The relationship of personality traits and different measures of domain-specific achievement in upper secondary education. *Learning and Individual Differences*, 69, 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.11.005>
- Moreno, R. et Mayer, R. E. (2002). Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening. *Journal of Educational Psychology*, 94(1), 156-163. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.1.156>
- Murray, J. H. (2018). *Hamlet on the holodeck: The future of narrative in cyberspace*. MIT Press.
- Newland, L. A., DeCino, D. A., Mourlam, D. J. et Strouse, G. A. (2019). School climate, emotions, and relationships: Children's experiences of well-being in the Midwestern U.S. *International Journal of Emotional Education*, 11(1), 67-83.

- Ogier, A. (2007). Le rôle du manuel dans la leçon d’histoire à l’école primaire (1870-1969). *Histoire de l’éducation*, 114, 87-119. <https://doi.org/10.4000/histoire-education.1247>
- Ryan, M. L. (2021). *Narrative as virtual reality 2: Revisiting immersion and interactivity in literature and electronic media*. Johns Hopkins University Press.
- Plutchik, R. (1980). A general psychoevolutionary theory of emotion. Dans R. Plutchik et H. Kellerman (dir.), *Theories of emotion* (vol. 1, p. 3-31). Academic Press.
- Pratama, L. et Dossick, C. (2024). Étudier l’utilisation de la visualisation en RV pour aider les élèves à mieux comprendre la planification de la traction. *Actes de la 60e édition annuelle des écoles associées*, 5, 256-264.
- Rigaut, R. (2017). Une expérience dans l’enseignement de l’histoire de la Shoah dans le secondaire. *Tsafon*, 73, 59-68. <https://doi.org/10.4000/tsafon.285>
- Ringeval, F. (2011). *Ancrages et modèles dynamiques de la prosodie : application à la reconnaissance des émotions actées et spontanées* (Publication n° tel-00825312) [thèse de doctorat]. HAL. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00825312>
- Rocheleau, M. (2010). La modélisation 3D comme méthode de recherche en sciences historiques. Dans C. Arseneault, J.-F. Conroy, J. Racine St-Jacques et A. Turgeon (dir.), *Actes du 10e colloque international étudiant du Département d’histoire de l’Université Laval* (p. 245-265). Artefact.
- Schrama, C. M. (2011). L’écrivain Anne Frank : visite de son atelier et traduction d’extraits inédits en français. *Diasporas*, 19, 155-166. <https://doi.org/10.4000/diasporas.1937>
- Shin, D. (2017). The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality. *Telematics and Informatics*, 34(8), 1826–1836. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.013>
- Slater, M. et Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3(74). <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology*, 109(3), 431–433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. Dans J. P. Mestre et B. H. Ross (dir.), *The psychology of learning and motivation: Cognition in education* (p. 37-76). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Tricot, A. (2021). Articuler connaissances en psychologie cognitive et ingénierie pédagogique. *Raisons éducatives*, 25(1), 141-162. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0141>
- Vomscheid, D. (2018). La valorisation et la médiatisation du patrimoine bâti par l’image numérique : la restitution des châteaux japonais. Dans J. Bouvard et C. Patin (dir.), *Japon Pluriel 12 : actes du 12e colloque de la Société française des études japonaises* (p. 513-523). Éditions Philippe Picquier. <https://hal.science/hal-02969663/document>