

Apports de l'intégration des technologies de la réalité étendue aux apprentissages en arts visuels numériques et au développement de la compétence numérique en milieu scolaire

Martin Lalonde
Université du Québec à Montréal, Canada

Pour citer cet article :

Lalonde, M. (2026). Apports de l'intégration des technologies de la réalité étendue aux apprentissages en arts visuels numériques et au développement de la compétence numérique en milieu scolaire. *Didactique*, 7(3), 48-72.

<https://doi.org/10.37571/2026.0303>

Résumé : Cet article communique les résultats d'une recherche-design conduite en didactique des arts plastiques et numériques présentant un scénario d'intégration des technologies des réalités étendues (XR) et des contenus culturels qui en découlent dans le programme de l'école québécoise en enseignement des arts plastiques et du multimédia au secondaire. Le recours en classe aux XR mobilisent des concepts, savoirs et gestes transformateurs qui actualisent la progression des apprentissages de la discipline et qui contribuent au raffinement des éléments observables de la compétence numérique. S'appuyant sur les principes pragmatiques, itératifs et collaboratifs de la méthodologie de la recherche-design en éducation, le projet a été réalisé avec des personnes enseignantes spécialistes en arts au secondaire dans le but de produire des contributions pratiques qui répondent au besoin de développement d'approches et d'outils didactiques abordant la création et l'appréciation d'œuvres utilisant les XR. Les résultats que nous présentons dans cet article démontrent que le recours aux XR a permis aux participantes et participants au niveau des apprentissages disciplinaires en arts de comprendre le fonctionnement de la réalité augmentée ainsi que de la réalité virtuelle par la réalisation et l'appréciation de créations artistiques. Au niveau de la compétence numérique, les activités développées ont permis d'aborder les questions éthiques des conditions d'utilisation des services numériques, de la protection des données personnelles ainsi que de la propriété intellectuelle.

Mots-clés : didactique des arts numériques, réalité étendue, réalité augmentée, réalité virtuelle, enseignement des arts, arts immersifs, technologies éducatives, programme de formation, progression des apprentissages, école secondaire, adolescents.

Introduction

L'arrivée sur le marché grand public en 2016 de visiocasques performants et abordables a contribué à la démocratisation de la réalité virtuelle¹ (RV) (Radianti et al., 2020) et au regain d'intérêt général envers cette technologie. Si ces produits étaient destinés en grande partie aux marchés du jeu vidéo, les artistes et le monde des arts ont rapidement profité de l'accessibilité de cette technologie et des outils de sa production pour réaliser des œuvres mettant à profit le caractère inédit de leurs fonctionnalités (Ivanova et Watson, 2020). Parallèlement, les avancées techniques dans le domaine de la réseautique, de la reconnaissance visuelle et des capacités de calcul des appareils mobiles ont contribué à l'apparition de nouveaux types d'applications mobiles permettant la réalisation d'expériences en réalité augmentée² (RA). Ici aussi, ces fonctionnalités furent rapidement exploitées par les artistes qui les mirent à profit dans le développement de nouveaux types d'expériences artistiques, comme les livres en RA, les expériences *in situ* ou les parcours artistiques.

Les personnes enseignantes spécialistes des arts plastiques et du multimédia au Québec sont au fait de ces transformations dans leur domaine comme en témoignent les ressources partagées sur les plateformes de soutien pédagogique comme le Récit des arts (recitarts.ca) ou au sein des regroupements professionnels comme de l'Association québécoise des enseignantes spécialistes en arts plastiques (aqesap.org). Toutefois, l'intégration effective de nouvelles technologies numériques dans leurs classes demeure difficile, car cette intégration est entravée par de multiples barrières externes (ressources, soutien, formation, accès) et internes (confiance, sentiment de compétence, posture face aux technologies) (Becirovic, 2023). Malgré tout l'enthousiasme qu'elles suscitent dans le monde de l'art depuis une dizaine d'années, les technologies des réalités étendues (XR)³, et surtout les manifestations artistiques qui en découlent, restent toujours inaccessibles pour la majorité

1 La réalité virtuelle fait référence aux technologies qui proposent des expériences de simulation interactive en temps réel. À l'aide, entre autres, de l'imagerie de synthèse, de l'ambiophonie et de périphériques haptiques, une personne peut s'immerger dans un environnement virtuel, s'y déplacer et interagir avec les éléments qui s'y retrouvent. Le visiocasque stéréoscopique accompagné de manettes est le dispositif de RV le plus commun.

2 La réalité augmentée est une technologie permettant la superposition d'informations médiatiques en temps réel et de manière interactive à l'expérience d'un environnement ou d'une situation. Les applications en RA sur tablettes numériques ou téléphones intelligents ainsi que les vidéolunettes sont les dispositifs de RA les plus répandus.

3 La réalité étendue est une expression qui désigne les technologies intégrant des éléments virtuels à des situations du monde réel. La réalité étendue est une expression qui réunit dans une définition large les technologies de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et de la réalité mixte.

des personnes enseignantes du domaine des arts (Ivanova et Watson, 2020). Ces dernières présentent le besoin d'être accompagnées pour explorer et s'approprier ces nouveaux dispositifs et pour réfléchir de manière collaborative à la pertinence de leur intégration dans leur milieu (Lewis et al., 2021). L'objectif de la présente recherche n'est pas de chercher des prétextes pour intégrer les dispositifs technologiques des XR dans les classes, mais plutôt d'explorer comment les manifestations artistiques qui s'appuient sur ces technologies peuvent être abordés en classe, avec ou sans les appareils de manière à actualiser les apprentissages disciplinaires et à approfondir les connaissances et compétences numériques.

Cet article présente des résultats d'une recherche-design qui s'est penchée sur les potentiels et limitations de l'intégration des technologies et contenus des XR au programme d'enseignement des arts au secondaire de l'école québécoise. La recherche a été réalisée en collaboration avec des personnes enseignantes spécialistes en arts plastiques et multimédia qui ont participé à la conception, à l'implantation et au raffinement dans leurs classes de prototypes technopédagogiques et de situations d'apprentissage et d'évaluation (SAÉ). Ces travaux ont permis de mettre en lumière des notions, connaissances et savoir-faire qui sont mobilisés par les élèves ainsi que par les personnes enseignantes lorsque les contenus et les technologies des XR sont intégrés aux enseignements. Le texte de l'article s'ouvre par une section sur les problématiques théoriques et pratiques abordées par la recherche. Suit un cadre théorique dans lequel sont abordés la définition des XR et les cadres de la compétence numérique et du programme d'enseignement des arts québécois. La troisième section du texte décrit la recherche, les participants, l'approche méthodologique, les données collectées et les stratégies d'analyses. Le corps de l'article se situe dans la section suivante des résultats où un portrait détaillé des designs technopédagogiques et des interventions est présenté et où l'on retrouve les quatre tableaux qui listent les notions, connaissances et savoir-faire mobilisés par les élèves et les personnes enseignantes durant la réalisation des activités d'apprentissage. Suit une courte interprétation des résultats dans laquelle ces contributions sont plus largement mises en perspective et dans laquelle les limitations de la recherche sont signalées.

Problématiques théoriques et pratiques

Poursuivant les objectifs du programme de formation de l'école québécoise en arts plastiques et multimédia de mettre les élèves en contact avec les plus récentes manifestations de l'art contemporain et avec des tendances du monde de la culture qui les touchent directement (ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport [MELS], 2007), les personnes enseignantes spécialistes du domaine des arts s'intéressent aux manières avec lesquelles ils et elles peuvent intégrer les contenus issus des nouvelles technologies à leur

curriculum (Lalonde, 2019). Les technologies de la RV touchent la culture des jeunes, car il s'agit d'une technologie qui s'appuie sur les dispositifs et les outils de production de l'industrie des jeux vidéo (Ivanova et Watson, 2020), dont les adolescent·es sont de grand·es consommateur·trices. Au niveau mondial, l'industrie du jeu vidéo dépasse aujourd'hui de loin les industries du cinéma et de la musique combinées (Arora, 2023) et représentait en 2024 la plus importante économie du milieu du divertissement avec une valeur globale estimée à près de 300 milliards de dollars américains (Grand View Research, 2025). De récentes statistiques (Statistique Canada, 2025) démontrent que 73 % des jeunes canadiens et canadiennes de 15 à 24 ans déclarent s'adonner aux jeux vidéo en ligne. Les environnements numériques de jeux en ligne représenteraient également un espace de socialisation important pour plusieurs adolescent·es (Silva et Djvadi, 2025). Pourtant, force est de constater que peu de milieux scolaires semblent aborder le jeu vidéo comme un phénomène culturel ou artistique digne de réflexion dans leur classe, même si celui-ci est aujourd'hui pleinement reconnu comme tel dans le monde des arts (Ivanova et Watson, 2020). En dehors des arts plastiques et du multimédia qui abordent l'appréciation et la production de contenus qui font usage des XR, des matières scolaires comme Monde contemporain, Culture et citoyenneté québécoise ou Français représentent également des terrains où pourraient être abordées, entre autres, les dimensions culturelles, éthiques et communicationnelles de l'univers des jeux vidéo.

L'approche des XR dans une activité d'apprentissage n'échappe pas aux embûches qui caractérisent l'intégration d'une nouvelle technologie à l'école. Outre les questions des coûts élevés pour l'acquisition d'appareils spécialisés, des coûts d'entretien, de gestion et de service pour ces équipements, de la formation du personnel technique et des compétences enseignantes à concevoir des situations d'enseignement et d'évaluation à leur sujet, les contenus XR demeurent méconnus pour une majorité de professionnels de l'enseignement. Un tel état des lieux justifie la tenue de recherches exploratoires et expérimentales qui proposent à des professionnels du terrain d'explorer, de tester et de réfléchir à la pertinence et au potentiel de ces contenus et de ces outils dans le contexte de leur enseignement (Lewis et al., 2021).

Si de nombreuses recherches ont été conduites jusqu'à aujourd'hui au sujet des bénéfices et potentiels des XR en éducation, c'est surtout dans les disciplines des sciences, des technologies et des mathématiques (Crofton-Sleigh et Beams, 2024). Ce n'est que plus récemment que des études dans les domaines des arts et des sciences humaines ont publié des résultats qui contribueront à ce que s'esquisse graduellement une théorisation de l'éducation des arts avec les XR. Les travaux de Dafiotis et al. (2025) démontrent par exemple comment l'ajout d'informations contextuelles et multimodales par la RA aux

pièces d'une exposition artistique entraîne un engagement plus marqué des personnes apprenantes et que les différents formats XR permettent l'expression d'idées plus complexes de la part des étudiants en contexte de création. Nos propres travaux ont également démontré que les nouveaux types d'objets culturels qui émanent de l'utilisation des XR nous poussent à redéfinir des concepts centraux au domaine de l'enseignement des arts plastiques et numériques. Les notions d'objet/expérience esthétique, de spectature et de corporéité sont en effet bousculées par la nature des œuvres XR et leurs conditions de mise en espace (Lalonde et Huebner, 2024; Lalonde et Wuyckens, 2024). La combinaison de ces nouvelles modalités d'expérience de l'art aux transformations que les technologies font en même temps subir aux conditions et modalités de l'environnement d'apprentissage appelle, selon Crofton-Sleigh et Beams (2024) à ce que les chercheur·euses en éducation et dans les domaines des sciences humaines créent des expériences XR innovantes, fonctionnelles et efficaces pour les milieux de pratique.

Cadre conceptuel

La réalité étendue

L'expression réalité étendue, ou l'acronyme XR en anglais, est utilisée dans les domaines universitaires et de l'industrie, entre autres pour faire référence à une pléiade d'expériences qui s'appuient sur l'utilisation des technologies numériques pour transformer l'expérience de la réalité physique et spatiotemporelle d'une personne. Il s'agit d'une expression hyperonyme qui désigne plus particulièrement les expériences et technologies de la RV, de la RA et de la réalité mixte⁴ (RM). L'apparition depuis une dizaine d'années d'une pléthore d'appareils électroniques reliés à ce type d'expérience a contribué, selon Rauschnabel et al. (2022), à ce que s'installe une confusion dans le milieu universitaire au niveau des termes employés pour décrire ces différentes expériences. Ces chercheur·euses soulignent l'importance pour la recherche de préciser les définitions des types d'expériences dont il est question afin d'éviter toute confusion conceptuelle. En nous basant sur les définitions qu'ils proposent, nous préciserons que la présente recherche a exploré avec les milieux éducatifs participants des expériences XR de deux types, soit des expériences en RV holistique et des expériences en RA localisées.

⁴ Technologie combinant des éléments de la RV et de la RA. Une personne peut par exemple passer d'une expérience immersive en RV où son environnement physique immédiat est masqué à une expérience en RA où l'environnement est partiellement dévoilé mais toujours augmenté d'éléments virtuels.

La réalité virtuelle

La RV implique l'utilisation d'un visiocasque stéréoscopique afin de s'immerger dans un environnement artificiel généré par ordinateur (Blanchette et Lalonde, 2023). Le visiocasque couvre entièrement la vue de la personne usagère et est muni d'écouteurs. Il comprend également un gyroscope qui permet de faire concorder les mouvements de la tête avec les mouvements du regard à l'intérieur de l'environnement virtuel, le plus souvent réalisé à l'aide d'imagerie de synthèse en trois dimensions ou de vidéo à 360 degrés. Les expériences en RV holistique sont les expériences RV où le sentiment de présence est fort. La RV holistique vise à ce que la perception de la personne prenne le plus possible l'expérience pour la réalité. À titre d'exemple, les expériences *We live here* (Troche, 2020) dans laquelle on rencontre des personnes en situation d'itinérance dans leur campement ou *The Book of Distance* (Okita, 2020) qui raconte l'histoire de personnes japonaises immigrantes au Canada à l'époque de la Deuxième Guerre mondiale entrent dans cette catégorie.

La réalité augmentée

Du côté des expériences en RA, elles se définissent plus largement par un ajout d'informations numériques en temps réel à l'environnement de la personne utilisatrice en s'appuyant sur l'utilisation des appareils comme le téléphone intelligent, la tablette ou les vidéolunettes. Dans le domaine des arts et de la culture, on retrouve entre autres des livres RA comme le récit de voyage d'Hugo Monticone (2020), le roman graphique « La route des Grandes Alpes » (Lebeau, 2019) ou l'expérience RA inspiré du conte des frères Grimm « Les Sept Corbeaux » (Lajeunesse et Raphaël, 2024). On retrouve également des parcours culturels comme Insitu (Lemieux, 2023) et des expériences muséales augmentées comme Basquiat et la musique (DPT., 2023).

Les arts plastiques et numériques dans le programme de formation de l'école québécoise

Les arts plastiques comme discipline scolaire au Québec ont porté traditionnellement sur les manifestations matérielles de l'art. Aujourd'hui, leur rôle est d'amener les élèves à savoir lire et concrétiser des « images porteuses de sens » (MELS, 2007, p.1). Dans les classes d'arts plastiques au secondaire, les jeunes s'« alphabétisent sur le plan visuel » (p.1), ils apprennent à « décoder les images » (p.1) selon leurs contextes de dissémination et développent leur sens esthétique et leur jugement critique (p.1) tant dans l'appréciation que dans la création. Le programme de formation est donc structuré autour du développement des compétences « créer » et « apprécier » des images. Les apprentissages sont organisés en connaissances qui comprennent les gestes transformateurs, matériaux et

outils, les concepts et notions ainsi que les répertoires et repères culturels. Ces connaissances sont contextualisées sous forme de savoir-faire à l'intérieur des compétences créer et apprécier et suivent une logique progressive selon les cycles et niveaux de la formation. Le programme inclut les arts numériques sous l'appellation art et multimédia en indiquant que les formes artistiques découlant de l'utilisation des nouveaux outils technologiques enrichissent la discipline « en raison de la diversité des images qu'ils rendent possibles et de l'attrait qu'ils exercent sur les jeunes » (p.1). Le parcours arts plastiques et multimédia représente un programme optionnel que les élèves peuvent choisir au 2^e cycle, c'est-à-dire en secondaire 3, 4 et 5. Le document de progression des apprentissages (MELS, 2010) qui listent systématiquement les connaissances et savoir-faire abordés dans les différents parcours en arts plastiques (réguliers ou optionnel) présente les savoirs spécifiques au multimédia. On note principalement parmi ceux-ci les notions propres au domaine de la photographie, de l'art vidéo, de l'animation et de l'imagerie de synthèse en trois dimensions, notions et savoir-faire qui s'inscrivent dans le champ du multimédia. On note toutefois que les éléments propres au multimédia ne sont nommés dans ce document qu'à titre de cas de figure et qu'ils ne sont pas développés aussi profondément que les notions et gestes transformateurs des multiples pratiques de l'art plastique. Cette progression des apprentissages rédigés durant la première décennie des années 2000 ne saurait en effet intégrer, par exemple les notions propres au web 2.0 (à l'internet participatif, aux médias sociaux, à l'univers des jeux vidéo, aux technologies mobiles [téléphones intelligents, tablettes] ou aux technologies du numérique spatial et des XR). S'il est pertinent de s'interroger sur l'absence de ces notions et de ces technologies dans la progression des apprentissages des arts plastiques, c'est que les phénomènes qu'elles induisent sont prévalents dans la culture des jeunes et dans la société en général.

Le cadre de la compétence numérique

En 2019, le ministère de l'Éducation du Québec ([MEQ], 2026) publiait le cadre de référence de la compétence numérique qui a récemment été actualisé. Le cadre structure la compétence en douze dimensions qui sont balisées par une échelle de développement progressive en quatre paliers (comprendre, utiliser, analyser et créer) (p.5). Cette échelle pointe vers des actions pour atteindre les habiletés visées dans chacune des dimensions. On retrouve ensuite un tableau de thèmes et sous-thèmes qui liste par catégorie des sujets et des enjeux à aborder (p.6), tableau suivi par des exemples d'applications dans divers contextes éducatifs (élèves du préscolaire au secondaire, formation des adultes, formation des personnes enseignantes, etc.) (p.7). Quatre grands axes thématiques regroupent les dimensions qui sont logiquement reliées afin de faciliter leur compréhension et leur appropriation dans le contexte d'une planification pédagogique (p.34). Ces axes suivent aussi une logique progressive, le premier axe qui s'intitule « Posture critique et éthique à

Lalonde, 2026

l'égard du numérique » comprend les dimensions portant sur l'éthique citoyenne, sur le développement de la culture informationnelle, sur la pensée critique et sur les actions en éthique citoyenne tandis que le quatrième axe « Expression numérique dans une perspective innovante » réunit les dimensions qui portent sur la production de contenu numérique, la résolution de problème et la capacité à créer et innover (p.37). L'innovation est un des concepts centraux du cadre. Jumelée au concept de créativité pour la douzième dimension du cadre de compétence, on la retrouve tant dans les actions des éléments à développer que dans les tableaux de thèmes et d'exemples d'applications. On note parmi les thèmes et les situations pour cette dimension : « l'imagination, l'originalité et l'ingéniosité, les processus créatifs, l'idéation et le prototypage, les laboratoires créatifs » (p.32), tous des sujets, des contextes et des procédés qui sont étroitement reliés aux activités, aux objectifs pédagogiques et à la nature des compétences du domaine des arts plastiques et du multimédia. La notion de créativité, synonyme dans le cadre d'innovation à la fois comme objet et comme savoir-agir, place le domaine des arts, et plus particulièrement celui des arts plastiques et du multimédia, dans une position des plus propices pour le développement de la compétence numérique.

La recherche

Ma.réalité

Le projet ma.réalité est une recherche-design en éducation conduite en enseignement des arts au secondaire et dont l'objectif est d'identifier les potentiels et les limitations des XR au sein de cette discipline. Elle a généré des contributions pratiques dans la forme d'innovations technopédagogiques et de trousseaux pédagogiques proposant les situations d'enseignement et d'évaluation et le matériel didactique développé pendant les travaux. Elle a généré également des contributions savantes qui participent à la théorisation des expériences en XR en éducation artistique. Les résultats présentés dans cet article sont ceux qui portent sur les savoirs et compétences disciplinaires mobilisés et sur les composantes des compétences numériques observées dans le cadre d'activités de création d'expériences en RV et en RA.

La recherche a été conduite sur une période de 18 mois au sein de 2 écoles secondaires dans lesquels 3 enseignants spécialistes en arts ont participé avec des classes de secondaire 3 à 5 en arts plastiques et multimédia. Le consentement pour la participation à la recherche a été obtenu pour un total de 68 élèves. Selon les principes méthodologiques de la recherche-design, les personnes enseignantes participantes ont été considérées comme des chercheurs experts dans leur champ, soit celui de la didactique des arts numériques. Leur participation les a amenés à prendre part aux actions suivantes :

1. Identifier des besoins de développement de connaissances et de savoir-faire dans le cadre de leur pratique ;
2. Participer à la cocréation de situations d'apprentissage et d'évaluation utilisant des contenus et des technologies en RV ou en RA ;
3. Conduire les activités de ces situations auprès de deux groupes de leur classe ;
4. Participer au raffinement des activités d'enseignement à la lumière des observations de la première itération ;
5. Conduire à nouveau les activités de la situation auprès d'autres groupes ;
6. Participer à trois entretiens semi-dirigés et à un groupe d'entretien focalisé ;
7. Participer aux travaux de dissémination des contributions pratiques produites pendant la recherche.

Méthodologie

Cette étude a été conduite selon les principes méthodologiques de la recherche-design en éducation (RDE). La RDE est une méthodologie de recherche mixte qui a souvent été utilisée depuis le début du siècle dans le domaine des technologies éducatives pour étudier de manière empirique des environnements d'apprentissage ou des situations inédites créées par l'intégration de nouvelles technologies (McKenney et Reeves, 2014). Orientée vers la production de savoirs théoriques (Edelson, 2002), la RDE est en même temps une méthodologie pragmatique et ancrée qui est conduite dans le contexte réel de milieux de pratique en éducation (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015). De ce point de vue, les travaux visent en même temps la production d'innovations et de contributions pratiques orientées vers les besoins des milieux impliqués. Fondamentalement collaborative, elle accorde un rôle prépondérant dans ses méthodes aux personnes participantes (personnes enseignantes, conseiller·ères pédagogiques, personnel administratif, etc.) qui agissent à la fois comme expert·es sur les objets à l'étude et comme collaborateur·trices dans les travaux de développement et d'analyse des contenus (Amiel et Reeves, 2008). Il s'agit également d'une méthodologie itérative qui, par un processus d'aller-retour entre l'expérimentation pratique et l'analyse, cherche à raffiner les designs technopédagogiques coproduits et à identifier les principes qui régissent leur pertinence, leur fonctionnement et les effets des interventions et des outils (Collins et al., 2004). Dans le processus itératif de négociation conversationnelle du codesign et de l'analyse des interventions, les chercheur·euses porteront leur attention sur les critères de 1) la pertinence de l'intervention au regard de la problématique pratique énoncée, 2) la logique de sa structure, 3) sa faisabilité pour le

contexte vers lequel elle est orientée, et, 4) son efficacité à permettre l'atteinte des objectifs de départ (Nieveen et Folmer, 2013). Ces critères guident l'amélioration et le perfectionnement itératif des designs éducatifs, expression qui englobe à la fois les objets, outils et stratégies de l'intervention.

Collecte, données et analyse

Parmi les données collectées sur le terrain, on compte les verbatims des entretiens semi-dirigés et des groupes d'entretiens focalisés, les prototypes du dispositif technologique d'enseignement, les prototypes de créations, l'ensemble du matériel de planification pédagogique et des outils didactiques, la documentation photo et vidéographique du déroulement des activités, le journal de recherche des chercheur·euses et auxiliaires ainsi que les captures des réalisations des élèves. L'ensemble de ces données a été versé et classé sur une base de données. Le logiciel NVivo a été utilisé par l'équipe qui a eu recours à différentes approches analytiques selon les catégories de données. Une analyse thématique a été réalisée à partir des données d'entretiens, d'observation et des données issues des réalisations des élèves afin de formuler des constats sur leur compréhension du fonctionnement des dispositifs XR. Ces résultats nous ont permis de mettre en lumière le fait que les jeunes perçoivent les dimensions spatiales, interactives et ludiques des expériences immersives en RV comme des aspects captivants pour maintenir l'attention des personnes spectatrices envers l'objet du récit (Lalonde et Wuyckens, 2024).

Les résultats présentés ici, proviennent de l'analyse croisée des réalisations des élèves et des outils didactiques produits et utilisés sur les terrains, plus particulièrement les fiches d'appréciation et les grilles d'évaluation des projets des élèves. Dans le but de décrire de manière neutre et systématique les composantes formelles des expériences immersives en RV et des expériences situées en RA, nous avons mobilisé quatre enseignantes spécialistes en arts plastiques et multimédia qui n'ont pas participé aux travaux de conception de l'intervention. Leur tâche consistait premièrement à faire l'expérience d'une série d'œuvres réalisées par les élèves, deuxièmement à rédiger une fiche descriptive des composantes formelles et conceptuelles de ces œuvres et troisièmement à rédiger une appréciation critique s'appuyant sur des critères d'évaluation. Les fiches descriptives des œuvres ainsi que les textes d'appréciation critique ont ensuite été versés à la base de données afin d'être synthétisés. Les thèmes et catégories produits par cette synthèse ont été utilisés pour lister les connaissances et les savoir-faire mobilisés dans les projets des élèves et pour affiner les critères et les éléments observables de l'outil d'évaluation du projet.

Résultats

Nous décrirons deux designs technopédagogiques qui ont été coconçus et réalisés avec les personnes participantes en réponse aux besoins formulés et observés dans les milieux de pratique où ils ont eu cours. Ces deux propositions s'inscrivent à l'intérieur d'un même corpus pédagogique et s'appuient sur des ressources et des outils similaires. Les trousseaux pédagogiques qui en découlent constituent les contributions pratiques qui sont demeurées sur les sites et qui ont été disséminées au sein des organisations professionnelles du domaine des arts et sur la plateforme Lab-yrinthe du Laboratoire virtuel québécois de l'édition et de l'éducation aux œuvres numériques (lab-yrinthe.ca). Les prochains paragraphes décrivent d'abord les deux designs pour ensuite revenir spécifiquement sur les notions, les connaissances et les savoir-faire qu'ils identifient pour le domaine des arts et pour la compétence numérique.

Me voyez-vous ? une expérience située en réalité augmentée

La SAÉ intitulée Me voyez-vous? a été coconçue avec les enseignants participants pour répondre aux besoins de terrain identifiés par l'enseignant participant responsable d'un des sites de la recherche lors de l'entretien de recherche initial. Ces besoins couvrent à la fois des besoins de connaissances et de développement de compétence des personnes enseignantes et apprenantes. Ils portent également sur des enjeux plus larges dans le domaine des technologies. Le tableau suivant présente une synthèse des éléments formulés par un des enseignants participants lors de la première phase de design de la recherche, soit celle de l'identification de ses intérêts, besoins et des enjeux dans sa classe. Ces besoins et ces enjeux, présentés dans le Tableau 1 ont orienté le travail de coconception du design technopédagogique.

Tableau 1.

Besoins de développement et de perfectionnement identifié par l'enseignant participant du projet Me voyez-vous? utilisant la réalité augmentée

Besoins des apprenants	Besoins de l'enseignant
Méconnaissance du concept de conditions d'utilisation d'un service numérique ; Méconnaissance des conditions d'utilisation des logiciels, applications et médias sociaux mobiles utilisés de façon personnelle.	Méconnaissance des enjeux éthiques liés à l'utilisation de produits et services numériques à l'école et en dehors ; Méconnaissance des enjeux éthiques liés aux conditions d'utilisation des logiciels, applications et médias sociaux mobiles utilisés par les jeunes et utilisés en classe ; Besoin d'exploration des exigences des politiques institutionnelles d'utilisation des technologies.
Enjeu de démotivation scolaire face aux pratiques de création et d'appréciation d'œuvres numériques.	Besoin d'exploration d'approches et de stratégies didactiques favorisant la motivation et l'engagement des élèves.
Besoin d'apprendre ce qu'est la réalité augmentée et quelles sont ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ; Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité augmentée.	Besoin de définir la réalité augmentée et besoin de perfectionnement au sujet de ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ; Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité augmentée dans un but pédagogique ; Besoin de ressources et de soutien technique pour produire et conduire une situation d'apprentissage et d'évaluation en création et appréciation de réalisations artistiques utilisant la réalité augmentée.

L'intervention et le matériel d'enseignement qui ont été coconçu pour répondre à ces besoins ont pris la forme d'une SAE proposant aux élèves la réalisation d'une campagne de sensibilisation à l'école au sujet de la collecte des données personnelles par les grands acteurs du web. Les activités de la SAE les ont amenés à formuler une appréciation critique d'images médiatiques chocs dans un premier temps pour ensuite créer une affiche de sensibilisation en RA. Les élèves utilisaient les ordinateurs de bureau en classe pour la création des affiches et pouvaient utiliser leur propre appareil mobile ou ceux disponibles en classe pour le visionnement des affiches RA. Chaque élève participant·e a réalisé une affiche individuellement et les appréciations étaient conduites avec l'ensemble du groupe (25 à 30 élèves). Parmi les composantes principales du design technopédagogique, on note

la trousse pédagogique comprenant l'ensemble des ressources pédagogiques, notionnelles et pratiques de l'activité, un prototype d'affiche en RA, un gabarit et des tutoriels pour les procédés techniques. Outre les activités d'appréciation et de création, les élèves furent amenés à effectuer des recherches et à se documenter sur les conditions d'utilisation qu'ils et elles avaient acceptées à travers les applications qu'ils et elles utilisent sur leur téléphone intelligent. Ces recherches se sont appuyé, par exemple, sur l'utilisation du site web (tosdr.org), une plateforme dont l'acronyme en anglais veut dire « pas lu les conditions d'utilisation » et qui propose des évaluations du respect des données personnelles des usagers des services web les plus populaires.

L'analyse du matériel didactique, des réalisations des élèves et la production des outils d'évaluation a permis à l'équipe de recherche d'identifier des connaissances, notions, savoir-faire et gestes transformateurs propres à la RA. Ces résultats, présentés dans le Tableau 2, contribuent à l'enrichissement des notions de la progression des apprentissages du domaine des arts plastiques et du multimédia et exemplifient des situations et des thèmes pour la compétence numérique.

Tableau 2.

Notions, savoirs et savoir-faire artistiques et savoir-agir numériques mobilisés par les élèves participant-es dans la proposition Me voyez-vous? utilisant la réalité augmentée

Notions, savoirs et connaissances de la RA
Affichage en temps réel, ancrage, champ visuel, dispositif de visualisation, filtres RA, effets RA, géolocalisation, gyroscope, image du monde réel, image de synthèse, image déclencheuse, informatique spatiale, localisation, logiciel de réalité augmentée, lunette de réalité augmentée, réalité augmentée, réalité augmentée basée sur l'environnement, réalité augmentée par projection, réalité étendue, réalité mixte, reconnaissance visuelle, spatialisation de contenu numérique, superposition médiatique en temps réel
Savoir-faire et gestes transformateurs de la RA
• Installer et utiliser un logiciel de réalité augmentée sur un ordinateur de bureau et sur un appareil mobile ; • Créer un compte utilisateur·trice sur le système web d'un logiciel de création ; • Ajuster la taille et le format de contenus médiatiques de manière à ce qu'ils correspondent aux paramètres de la scène RA créée ; • Encoder et compresser des contenus médiatiques de manière à les rendre compatibles au fonctionnement du logiciel utilisé ; • Ancrer un contenu médiatique temporel à une image fixe déclencheuse de la RA par le biais de la reconnaissance visuelle à l'aide d'un logiciel spécialisé ; • Générer un code QR pour répertorier et diffuser la réalisation ; • Utiliser un appareil mobile pour visualiser et écouter la réalisation ; • Tester et ajuster la mise en espace de l'expérience RA ; • Documenter l'expérience RA par l'enregistrement de captures audio-vidéo et partager ces contenus.
Savoir agir de la compétence numérique
• Savoir s'informer sur les conditions d'utilisation d'un produit ou d'un service numérique ; • Accepter ou refuser des conditions d'utilisation et des paramètres de confidentialité d'un produit ou d'un service numérique ; • Choisir de protéger ou de partager ses renseignements personnels dans sa manière d'utiliser un produit ou un service numérique.

Mondes de demain : une expérience immersive en réalité virtuelle

La SAÉ codéveloppée avec l'enseignant participant du deuxième site de recherche a porté sur l'utilisation des technologies de la RV. Intitulé Mondes de demain, cette SAÉ invitait les élèves à imaginer l'état du monde dans mille ans et à créer une expérience immersive

qui amènerait les spect-acteur·trices à vivre l'expérience de ce monde. Comme pour le premier site, la première étape du processus de design collaboratif avait pour but d'identifier les besoins de connaissances et de savoir-faire avec l'enseignant. Ce dernier a identifié les enjeux et besoins qui sont listés dans le Tableau 3.

Tableau 3.

Besoins de développement et de perfectionnement identifié par l'enseignant participant du projet Mondes de demain utilisant la réalité virtuelle

Besoins des apprenants	Besoins de l'enseignant
Besoin d'identifier les liens entre l'écriture narrative et la création artistique numérique.	Besoin de développer une approche didactique interdisciplinaire en arts numériques et en français pour la création de récits ; Besoin de développer une approche didactique pour la création de récits en arts numériques.
Besoin d'apprendre ce qu'est la réalité virtuelle et quelles sont ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ; Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité virtuelle.	Besoin de définir la réalité virtuelle et besoin de perfectionnement sur ses manifestations dans le domaine des arts et de la culture ; Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des technologies de la réalité virtuelle dans un but pédagogique ; Besoin de ressources et de soutien technique pour produire et conduire une situation d'apprentissage et d'évaluation en création et appréciation de réalisations artistiques en réalité virtuelle.
Besoin de situer les arts sonores dans le domaine de l'art contemporain ; Besoin de comprendre et de s'approprier les outils de création sonore dans le contexte d'une création immersive en RV.	Besoin de comprendre et de s'approprier le fonctionnement des outils numériques de création et de diffusion d'art sonore dans un but pédagogique ; Besoin de ressources et de soutien technique pour la conception et la réalisation d'une activité d'enseignement en art sonore.
Besoin d'apprendre les notions liées à la propriété intellectuelle, aux droits d'utilisation et au partage de contenu médiatique dans une démarche de production.	Méconnaissance des enjeux liés à la propriété intellectuelle, aux droits d'utilisation et au partage de contenus médiatiques pour la création artistique et la production de contenus didactiques ; Méconnaissance des outils, répertoires de ressources et plateformes de partage de médias destinés à la création.

Les besoins identifiés par ce deuxième enseignant collaborateur sont formulés dans les mêmes termes que ceux formulés dans le Tableau 1, la différence est que les travaux portent ici sur l'utilisation de la RV stéréoscopique sur visiocasque et sur les défis d'une

activité d'apprentissage interdisciplinaire entre le français et les arts plastiques et multimédia. Le design technopédagogique qui a résulté du travail sur ce site comprend sensiblement les mêmes composantes que pour le premier site, c'est-à-dire les documents de la SAÉ, les prototypes, les gabarits de création, les répertoires de ressources numériques, les outils d'évaluation, les tutoriels, ainsi que, dans ce cas seulement, un guide de prise en main des visiocasques stéréoscopiques utilisés en classe. La SAÉ de cette proposition a été subdivisée en six activités distinctes afin de structurer les grandes étapes de la production d'une expérience immersive en RV. Chacune des activités de la séquence produisait un contenu qui pouvait plus tard être assemblé dans le grand ensemble que constituait l'expérience immersive en RV. Cette stratégie a été mise en place afin de maintenir la motivation des élèves qui, selon l'enseignant participant, a tendance à baisser lorsque les projets de création se déploient sur plusieurs semaines. Les six activités réalisées individuellement et en équipe de la SAE sont les suivantes : l'écriture d'une fiction anticipatoire (individuelle), la réalisation d'un tableau d'inspiration à partir d'images collectées dans le but d'esquisser la facture visuelle du monde imaginaire (individuelle), la modélisation en trois dimensions d'un élément technologique figurant dans le récit (individuelle), la création d'un paysage sonore engendrant l'ambiance du récit (en équipe de deux), l'assemblage du monde du récit en RV sur le logiciel Cospaces (delightex.com/edu) (en équipe de deux), l'appréciation de l'expérience du monde en RV (en sous-groupes de quatre à six élèves). La plupart de ces étapes étaient réalisées sur les ordinateurs de bureau. Trois visiocasques étaient disponibles en classe et les élèves étaient libres de les utiliser ou non pour tester leur monde virtuel. Les appréciations étaient réalisées par des élèves volontaires qui faisaient la démonstration à leurs collègues des différents mondes par une copie de la vue de leur visiocasque sur écran d'ordinateur.

L'analyse des données a identifié les savoirs, notions, savoir-faire et gestes transformateurs spécifiques à la création et l'appréciation d'expériences immersives en RV. La différence à noter ici est que l'analyse des expériences en RV a nécessité un investissement plus important de temps et de ressources techniques afin de permettre à l'équipe de recherche d'explorer sous visiocasques chacun des mondes créés par les élèves participant·es. C'est par le croisement des données du matériel didactique, des journaux d'observation, des analyses des réalisations des élèves et des outils d'évaluation qu'ont été identifiés les notions et savoir-faire propres à la RV. Le Tableau 4 présente les connaissances et savoir-faire principaux à l'intérieur desquels peuvent être détaillés plus finement d'autres connaissances et gestes transformateurs. Sont laissés de côté toutes les notions et les gestes transformateurs qui se rattachent spécifiquement à un type de média particulier, comme les images, les modélisations tridimensionnelles ou les animations.

Tableau 4.

Notions, savoirs et savoir-faire disciplinaires et savoir-agir numériques mobilisés par les élèves dans la proposition Mondes de demain utilisant la réalité virtuelle

Notions, savoirs et connaissances de la RV
Avatar, capteur de localisation, capteur de mouvement, cybercinétoise, immersion, déambulation, écran stéréoscopique, effet de présence, fonctions haptiques, monde virtuel, moteur de jeu, oculométrie, réalité virtuelle, réalité mixte, reconnaissance spatiale, son spatialisé, suivi des mains, visiocasque, stéréoscopie
Savoir-faire et gestes transformateurs de la RV
• Utiliser un logiciel de création d'expérience en réalité virtuelle stéréoscopique sur ordinateur ; • Utiliser un logiciel de création d'expérience en réalité virtuelle stéréoscopique sur visiocasque ; • Rechercher et intégrer des composantes médiatiques variées un environnement en RV ; • Formater des composantes médiatiques variées en vue de leur intégration dans un environnement immersif en RV ; • Positionner, ajuster l'échelle et paramétrer des composantes médiatiques en trois dimensions dans un environnement immersif en RV ; • Utilisez des outils de codage pour programmer des interactions à l'intérieur d'une expérience immersive en RV ; • Tester le fonctionnement et la navigation à l'intérieur d'un monde immersif en RV à l'aide d'un visiocasque ; • Effectuer la mise en miroir d'une expérience immersive en RV sur un écran d'ordinateur ; • Sauvegarder et enregistrer des captures d'écran vidéo du déroulement d'une expérience en RV dans le but de les partager ; • Ajuster les paramètres de mise en espace d'un visiocasque stéréoscopique en vue du déploiement d'une expérience immersive en RV.
Savoir agir de la compétence numérique
• Savoir identifier la source d'un contenu médiatique utilisé dans une création ; • Respecter la propriété intellectuelle et les droits d'utilisation et citer la source d'un média qu'on intègre à une création ; • Reconnaître les conditions de partage et de réutilisation d'une variété de contenus médiatiques ; • Savoir attribuer des conditions d'utilisation et de partage à des contenus médiatiques que l'on crée.

Interprétation des résultats

La conceptualisation de designs technopédagogiques en réponse aux besoins de perfectionnement et de développement de contenus ciblés par les enseignants

collaborateurs a permis d'identifier des savoirs et des compétences spécifiques au sujet des XR dans la discipline des arts plastiques et du multimédia. L'intégration des activités d'apprentissage produite dans des contextes réels de classe et leur raffinement à la lumière des critères identifiés par Nieveen et Folmer (2013) a permis de générer des connaissances 1) sur la logique de fonctionnement des technologies de la RV stéréoscopique et de la RA sur appareil mobile, 2) sur la faisabilité du déploiement de ces technologies dans le contexte d'une classe de 30 élèves au secondaire, 3) sur la pertinence de leur utilisation dans le champ de l'enseignement des arts et de l'éducation aux technologies, et, 4) sur l'efficacité des activités d'apprentissage qui les mobilisent à actualiser les contenus d'enseignement en art et à toucher à des éléments qui contribuent au développement de la compétence numérique. Du point de vue de la didactique des arts numériques, les connaissances et savoir-faire identifiés par les deux projets peuvent représenter de nouveaux items à insérer dans le document de la progression des apprentissages en arts plastiques et multimédia (MELS, 2010). Ces nouvelles notions et actions commencent ainsi à baliser les nouveaux territoires d'apprentissage des XR en contribuant à formuler une compréhension plus claire et systématique de la pratique et de l'appréciation du numérique spatial pour les professionnels du domaine de l'enseignement des arts. Du point de vue de la compétence numérique (MEQ, 2026), ces notions et actions exemplifient d'un autre côté des thèmes et des situations concrètes d'utilisation des technologies représentatives d'enjeux de fond en matière d'éthique et de citoyenneté numérique.

Limitations

Le développement et l'implantation itérative des design technopédagogiques sur les terrains a été l'occasion d'évaluer la faisabilité de ces SAÉ en milieu scolaire. Si la réalisation des activités en classe n'a pas rencontré d'impasses techniques, c'est dû à l'investissement de ressources humaines importantes dans la conception du projet, la réalisation et le test des prototypes, la production d'outils didactique et le soutien technique ponctuelle. De ce point de vue, on peut conclure que le développement et la conduite d'un tel projet sont peu envisageables pour une personne enseignante individuelle en milieu scolaire régulier et public au Québec, considérant, comme les personnes enseignantes participantes l'ont signalé, le peu de ressources humaines et techniques pour les soutenir dans la mise en œuvre de telles initiatives.

Une autre limitation importante à noter est le peu d'accessibilité des visiocasques en RV et les problématiques liées à l'utilisation des appareils mobiles individuels et personnels par les élèves pour la RA. Les visiocasques stéréoscopiques ont le désavantage important d'être plus faciles d'utilisation pour des personnes qui ne présentent pas de problème de vision.

Même si les manufacturiers proposent des accessoires pour pallier ces difficultés, le simple fait de porter des lunettes peut compliquer l'utilisation du visiocasque et ne pas permettre à la personne de bien voir et ainsi de vivre une expérience immersive satisfaisante et convaincante. S'ajoutent à ces difficultés d'accessibilité les formes de visage et de têtes ou les sensations de vertige, d'étourdissement ou de malaises divers qui peuvent survenir chez plusieurs personnes et qui sont décrites comme des symptômes de cybercinétose. Bref, les visiocasques stéréoscopiques ne conviennent pas à plusieurs personnes, ce qui constitue un contre-argument majeur à leur intégration en milieu scolaire. En ce qui concerne les conditions techniques d'utilisation des téléphones et des tablettes, leur déploiement en classe, que ce soient les appareils personnels des élèves ou des flottes d'appareils d'écoles, pose plusieurs problèmes allant des fonctionnalités disponibles, aux systèmes d'opération et à l'accessibilité des logiciels et à la gestion des comptes et des appareils.

Les conditions d'utilisation des visiocasques, des téléphones et des tablettes sont toutefois l'élément qui pose le plus gros problème lorsqu'on envisage leur usage en milieu scolaire. L'utilisation de ces appareils et des différentes applications qu'elles proposent oblige les personnes utilisatrices à accepter des conditions d'utilisation dans lesquelles elles consentent à ce que leurs données personnelles soient partagées avec la compagnie qui produit l'appareil et avec des tiers. Dans le cas où l'on refuse ces conditions, on ne peut simplement plus utiliser l'appareil ou le service qui nous intéresse. Si les adultes peuvent faire librement ce choix dans le contexte d'un usage personnel d'une technologie, ce n'est pas le cas pour un ou une adolescent·e qui serait invité·e à faire l'usage d'un appareil dans le cadre de sa formation scolaire. Les données personnelles collectées par un visiocasque de RV pénètrent beaucoup plus profondément dans la sphère personnelle des individus. Si l'ensemble des activités effectuées sur le visiocasque Quest 2 utilisé dans la recherche sont collectées, on collecte également les données biométriques comme les caractéristiques corporelles et la voix de l'utilisateur·trice ainsi que les données spatiales de l'environnement dans lequel l'appareil. Le design technopédagogique du projet a proposé des stratégies de contournement de cette problématique. Les élèves n'ont à aucun moment dévoilé leur identité dans leur utilisation des applications, logiciels et services qui furent utilisés. Ils et elles ont employé des pseudonymes et n'ont partagé aucune donnée médiatique permettant de les identifier. Les trois visiocasques que les élèves se partageaient en classe étaient liés à un compte de recherche anonymisé et ils et elles étaient libres de l'essayer ou non pendant la réalisation de leur projet.

Conclusion

Les résultats présentés dans cet article ont démontré comment la réalisation d'activités pédagogiques explorant l'appréciation et la création de contenus artistiques et culturelles exploitant la RA et la RV avec des personnes enseignantes et des élèves d'écoles secondaires au Québec peut représenter une manière pertinente d'aborder des enjeux qui participent au développement de la compétence numérique. Le cadre pédagogique des SAE en arts plastiques et multimédia est en étroite cohérence avec les éléments de développement des dimensions du quatrième axe de la compétence numérique « Faire preuve de créativité et innover avec le numérique » (MEQ, 2026) car il permet aux élèves et personnes enseignantes de comprendre, utiliser, analyser et créer en manipulant ces nouveaux objets technologiques et culturels dans une démarche critique de création artistique. Les designs technopédagogiques codéveloppés avec des praticien·nes de l'enseignement des arts et testés de manière itérative dans leurs classes ont permis de mettre en lumière des avantages et des inconvénients de l'usage des XR en contexte scolaire régulier. Parmi les avantages, on note la capacité de ces activités de mettre les élèves en contact avec les plus récentes manifestations de l'art contemporain de la culture numérique et de leur exposer le fonctionnement des contenus culturels, artistiques et numériques qu'ils et consomment dans leurs usages personnels, comme les jeux vidéo et les médias sociaux. En ayant l'occasion de manipuler et de tester des appareils technologiques récents dans le cadre sécurisé de leur formation scolaire, les élèves ont l'occasion de réfléchir de manière critique avec leurs pairs sur les logiques économiques sous-jacentes à l'utilisation de ces appareils, dont celle de la marchandisation des données personnelles. En abordant les questions éthiques liées aux conditions d'utilisation, aux données personnelles et à la propriété intellectuelle, les adolescent·es comme leurs enseignants ont l'occasion de reconsidérer leur approche du numérique dans les sphères personnelles et professionnelles. Parmi les désavantages, on note la nécessité d'investir des ressources matérielles et humaines importantes pour le déploiement d'activités pédagogiques qui s'appuient ces technologies. S'ajoutent à ces difficultés le peu d'adaptabilité des appareils spécialisés en RV et les enjeux éthiques importants que leur usage soulève en matière d'accès aux données personnelles des personnes enseignantes et apprenantes.

À la lumière de ces considérations, on peut conclure avec les recommandations suivantes. D'abord, il est important de différencier les expériences qui font usage de la RV et de la RA car elles ne sont pas de même nature et n'ont pas les mêmes implications pour un déploiement en contexte scolaire. L'utilisation du visiocasque n'est pas envisageable à grande échelle, mais l'expérience du terrain a démontré que quelques casques suffisent en classe pour que les élèves intéressé·es puissent faire ou non le choix de le tester et de l'analyser dans une démarche réflexive en grand groupe. Ce n'est donc pas tant l'utilisation

du dispositif technologique qui prime que d'avoir l'occasion d'apprendre ses mécanismes de fonctionnement et de conduire une analyse critique des contenus qui en découlent par le biais de la création sur ordinateur. Les personnes enseignantes qui souhaitent faire usage de la RA devraient s'assurer de pouvoir fournir un cadre sécurisé aux élèves par le prêt d'appareils et la création de comptes utilisateur·trices anonymisés, par le choix de logiciels respectant les politiques d'utilisation des technologies en vigueur dans leur milieu et en n'imposant pas de directives de projets qui les poussent à dévoiler directement ou indirectement des informations pouvant permettre leur identification. Pour résumer, nous soulignerons que d'aborder les technologies et les phénomènes des XR avec les adolescents en enseignement des arts plastiques et multimédia ne devraient pas nécessairement passer par l'intégration systématique d'appareils pour chaque individu, mais devraient plutôt mettre l'accent sur des situations d'analyse collective des contenus qui découlent de ces technologies et sur leur processus de production.

Références

- Amiel, T. et Reeves, T. C. (2008). Design-based research and educational technology: Rethinking technology and the research agenda. *Journal of educational technology & society*, 11(4), 29-40.
- Arora, K. (2023). The Gaming Industry: A Behemoth With Unprecedented Global Reach. *Forbes*. <https://www.forbes.com/councils/forbesagencycouncil/2023/11/17/the-gaming-industry-a-behemoth-with-unprecedented-global-reach/>
- Bećirović, S. (2023). *Digital Pedagogy : The Use of Digital Technologies in Contemporary Education*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-0444-0>
- Blanchette, K. et Lalonde, M. (2023). Fiche concept sur la réalité virtuelle. *Lab-yrinthe*. <https://lab-yrinthe.ca/education/realite-virtuelle/>
- Collins, A., Joseph, D. et Bielaczyc, K. (2004). Design research : Theoretical and methodological issues. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15-42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Crofton-Sleigh, L. et Beams, B. (2024). *Past and Future Presence : Approaches for Implementing XR Technology in Humanities and Art Education*. Amherst College Press. <https://doi.org/10.3998/mpub.14371789>
- Dafiotis, P., Sylaiou, S., Stylianidis, E., Koukopoulos, D. et Fidas, C. (2025). Evaluating Uses of XR in Fostering Art Students' Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(4), 36. <https://doi.org/10.3390/mti9040036>
- DPT. (2023). *Basquiat et la musique*. <https://dpt.co/fr/projets/basquiat-et-la-musique/>

- Edelson, D. C. (2002). Design Research : What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_4
- Grand View Research. (2025). *Video Game Market (2025—2030)* (p. 150). Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/video-game-market>
- Ivanova, V. et Watson, K. (2020). *Future Art Ecosystems : Art x Metaverse* (Vol. 2). Serpentine. <https://www.serpentinegalleries.org/whats-on/future-art-ecosystems/>
- Lajeunesse, F. et Raphaël, P. (réalis.). (2024). Jim Henson's The storyteller : The seven ravens. [Livre en réalité augmentée].
<https://www.felixandpaul.com/fr/experiences/thestoryteller/credits>
- Lalonde, M. (2019, 16 mai). *Le futur des curriculums en éducation artistique : La question du tournant visuel et multimodal des communications*. Arts, sociétés et partage des savoirs. Montréal, QC. https://rapport-rioux.uqam.ca/wp-content/uploads/sites/72/Rioux_programme_web.pdf
- Lalonde, M. et Huebner, E. J. (2024). Exploration des notions de corps et d'immersion dans les environnements en réalité virtuelle en éducation artistique. *Journal de recherche en éducations artistiques*, (4), 51-66.
<https://doi.org/10.26034/vd.jrea.2024.6116>
- Lalonde, M., Huebner, E. J., Wuyckens, G., Blanchette, K. et Meilleur, B. (2023). 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. *Médiations et médiatisations*, (15).
<https://doi.org/10.52358/mm.vi15.346>
- Lalonde, M. et Wuyckens, G. (2024). Des lendemains incertains : Immersion dans l'imaginaire du futur des adolescents. Étude sur l'intégration de la science-fiction et de la réalité virtuelle en enseignement des arts dans les écoles secondaires québécoises. *ReS Futurae. Revue d'études sur la science-fiction*, (23).
<https://doi.org/10.4000/11wpk>
- Lebeau, J.-P. (2019). *La Route des Grandes Alpes : Récit de Voyage*. Les Éditions Alaska.
- Lemieux, M. (réalis.). (2023). INSITU [Parcours urbain en réalité augmentée].
<https://4dart.com/fr/portfolio-item/insitu/>
- 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*
Lalonde, 2026

- Communications and Technology* (p. 131-140). Springer New York.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport [MELS] (2007). Arts plastiques. *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire. Deuxième cycle. Un programme de formation pour le XXI^e siècle*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/programmes/PFEQ-arts-plastiques-deuxieme-cycle-secondaire.pdf>
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec [MELS] (2010). *Progression des apprentissages au secondaire Arts plastiques*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEQ-progression-apprentissages-arts-plastique-secondaire.pdf>
- Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ]. (2026). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/Numerique/Cadre-reference-competece-num.pdf>
- Monticone, U. (2020). *Tracés de Voyage : 20 Ans D'allers-Retours*. XYZ Éditeur.
- Ni, S. et Livingstone, D. (2025). AR and Gamification in Museum Apps: Current Challenges and Opportunities. *2025 11th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN) Proceedings - Selected Academic Contributions*, 51-61. <https://doi.org/10.56198/faj8aj28>
- Nieveen, N. et Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. Dans T. Plomp et N. Nieveen (dir.), *Educational Design Research. Part A: An introduction* (p. 152-169). Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Okita, R. (realis.). (2020). The book of distance. [Expérience en réalité virtuelle]. Dans Office nationale du film. https://collection.nfb.ca/interactive/the_book_of_distance
- 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. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H. et Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>
- Sanchez, É. et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception : Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation et didactique*, 9(2), 73-94. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2288>
- Silva, M. et Djavadi, A. (2025, 2 avril). *Comment les jeux vidéo en ligne transforment la vie sociale des adolescents*. <https://doi.org/10.64628/AAK.vjmqr6u7>

- Statistique Canada. (2025). *Les activités en ligne des jeunes Canadiens, la cybervictimisation et l'exposition à du contenu préjudiciable* (No 11-631-X).
Gouvernement du Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-631-x/11-631-x2025002-fra.htm>
- Troche, R. (réalis.). (2020). We live here. [Expérience en réalité virtuelle]. Dans Meta. <https://www.meta.com/fr-ca/experiences/we-live-here/2537261906377373/>
- Wang, F. et Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>