

Rapport de recherche

PROGRAMME ACTIONS CONCERTÉES

Intégration de scénarios de réalité virtuelle en sciences au postsecondaire

Chercheur principal

Bruno Poellhuber, Université de Montréal

Cochercheur et cochercheuses

Normand Roy, Université de Montréal

Christine Marquis, Cégep de Saint-Jérôme

Audrey Groleau, Université du Québec à Trois-Rivières

Collaborateur et collaboratrice

Sébastien Wall-Lacelle, Cégep de Saint-Jérôme (enseignant de physique et doctorant)

Marie-Noëlle Fortin (professionnelle de recherche)

Établissement gestionnaire de la subvention

Université de Montréal

Numéro du projet de recherche

2021-0EUA-290918

Titre de l'Action concertée

Le numérique en éducation / Projet de recherche-action

Partenaires de l'Action concertée

Ministère de l'Enseignement supérieur

et Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC)

L'équipe de recherche tient à remercier les personnes suivantes, qui ont facilité le déroulement de la recherche et accompagné les équipes locales dans leur appropriation de la réalité virtuelle et dans l'élaboration de scénarios pédagogiques pertinents :

- François Charpentier-Lemieux, conseiller pédagogique, Université de Montréal
- Sirléia Rosa, analyste technopédagogique, Cégep de Saint-Laurent
- Philippe Soucy, analyste technopédagogique, Cégep de Saint-Laurent
- Ugo Foisy, conseiller pédagogique, Cégep de Saint-Laurent
- Isabelle Charland, Cégep de Victoriaville
- Monique Mainella, professeure d'anglais, Collège Ste-Anne (collégial international)
- Madona Moukhachen, conseillère pédagogique, Collège Ahuntsic
- Martin Pelletier, conseiller pédagogique, Collège Ahuntsic
- Marc Heitz, conseiller pédagogique, Cégep du Vieux Montréal
- Édouard Morrissette, conseiller pédagogique, Cégep de Saint-Jérôme

Elle tient aussi à remercier la direction du Centre de pédagogie universitaire de l'Université de Montréal et les directions adjointes des études des six établissements d'enseignement collégial suivants, qui ont facilité le déroulement de la recherche de différentes manières, et contribué financièrement à sa réalisation en ce qui concerne le Cégep de Saint-Jérôme :

- Cégep de Saint-Jérôme
- Cégep de Saint-Laurent
- Cégep de Victoriaville
- Collège Ste-Anne (collégial international)
- Collège Ahuntsic
- Cégep du Vieux Montréal

Table des matières

Table des matières.....	i
Partie A — Contexte de la recherche	1
Partie B — Méthodologie	5
Partie C — Principaux résultats	7
Partie D – Pistes d’action soutenues par les résultats de la recherche	16
Principales retombées du projet	16
Recommandations et pistes d’action	17
Partie E — Nouvelles pistes ou questions de recherche	22
Partie F — Références et bibliographie	24
Annexe 1 : Dictionnaire pour le questionnaire étudiants.....	29
Annexe 2 : Dictionnaire pour le questionnaire enseignants.....	37
Annexe 3 : Grilles d’entrevue	43
Entrevue initiale disciplinaire enseignants (groupe).....	44
Entrevue de suivi enseignants (individuelle)	46
Entrevue de groupe avec les étudiants	48
Annexe 4 : Outils d’accompagnement.....	50
Grille d’évaluation des simulations en RV (feuille Excel)	51
Gabarit de scénarisation pédagogique (feuille Excel).....	51
Description des phases d’un scénario	52
Présentation du modèle de Jeffries	54
Gabarit de scénarisation pédagogique simplifié.....	59
Annexe 5 : Scénario pédagogique en biologie.....	60
Scénario pédagogique pour la simulation Labster <i>L’évolution : les théories et les principes fondateurs</i> (Lemieux, Benoit, 2021)	60
Annexe 6 : Scénario pédagogique en chimie	73
Scénario pédagogique pour la simulation Labster <i>Valence, hybridation et angles de liaison du carbone</i> (Dufresne, Stéphane ; Charbonneau, Mathieu, 2022).....	73
Annexe 7 : Scénario pédagogique en chimie	81
Scénario pédagogique pour la simulation Labster <i>Initiation à la réactivité organique</i>	81
(Viens, Frédérick, 2021)	81
Annexe 8 : Scénario pédagogique en physique	86
La conservation de l’énergie (Wall-Lacelle, Sébastien; Morissette, Éric et Lafrance, Noémie, 2022).....	86

Annexe 9 : Présentation AQPC 2023 et communication ISLS	91
Présentation AQPC 2023/Numérique2022.....	92
Actes du colloque ISLS 2023	131
Affiche présentée au colloque ISLS 2023.....	134
Annexe 10 : Proposition au colloque de l’AIPU 2024	136
Réalité virtuelle et développement professionnel	137
Sébastien Wall-Lacelle	137
Annexe 11 : Article expérience RV RITPU (pré-publication)	144

Partie A — Contexte de la recherche

La persévérance et la réussite scolaires sont des objets de préoccupation importants au postsecondaire. Près de deux jeunes sur cinq admis dans les programmes de STGM (sciences et technologies, génie et mathématiques) au collège et à l'université n'obtiendront jamais de diplôme dans ce secteur de formation (Cyrenne et al., 2008). Au Québec, les taux de diplomation au baccalauréat en sciences diminuent progressivement depuis 2003 (Cormier et Pronovost, 2016). Le domaine des STGM demeure marqué par une déperdition : 22,8 % des femmes et 11,8 % des hommes inscrits dans un programme de STGM l'abandonnent pour choisir plutôt un programme hors de ce domaine (Wall, 2019). La participation des femmes dans les domaines de pointe est un enjeu sociétal important dans le contexte où les professions de certains secteurs, particulièrement en génie et en sciences informatiques, connaissent une forte croissance et sont parmi les mieux rémunérées (Wall, 2019).

Les chercheurs et chercheuses s'entendent sur le fait que l'intérêt des étudiants et étudiantes pour les sciences et technologies est en déclin, et ce, au Québec comme à travers le monde (Potvin & Hasni, 2014b). Cet intérêt diminuerait au fur et à mesure que les élèves progresseraient dans le système scolaire (Potvin & Hasni, 2014a). Pourtant, les sciences et les technologies sont omniprésentes dans notre société contemporaine (Conseil de la science et de la technologie, 2004; OCDE, 2014), ce qui fait de l'enseignement dans ce secteur un enjeu de société important. Il importe de développer une culture scientifique de base pour tout citoyen (OCDE, 2014).

Plusieurs facteurs contribuent à la diminution de l'engagement, de la motivation et de la réussite des personnes inscrites à un programme de STGM. D'une part, la perception qu'elles ont de la difficulté à apprivoiser les concepts scientifiques a un effet sur leur capacité et leur volonté d'en faire l'apprentissage (Sirhan, 2007), ce qui peut engendrer un **sentiment d'auto-efficacité** (SEP) faible. D'autre part, les disciplines scientifiques telles que la biologie sont caractérisées par une très grande étendue des contenus (Bristol, 2014; Nomme & Birol, 2014), ce qui peut pousser les enseignant.e.s à adopter des approches transmissives inspirées de l'enseignement magistral et inciter les élèves à choisir une **approche d'études**

en surface (Biggs, 1988) 01/02/2024 12:05:00 axée sur la mémorisation (Nomme et Birol, 2014). Certains attribuent le faible niveau de compréhension et l'adoption d'approches d'études en surface aux méthodes transmissives, prédominantes dans le domaine de l'enseignement des sciences (Freeman et al., 2014; Rosenfield et al., 2005).

À l'opposé, l'apprentissage actif (apprentissage coopératif; approche par problème, par projet; etc.) contribue à la persévérance des étudiant.e.s universitaires (Braxton et al., 2000) et à l'adoption d'**approches d'études en profondeur** (Trigwell et al., 2007). Dans le domaine des STGM, une méta-analyse a démontré la supériorité de l'apprentissage actif (Freeman et al., 2014). L'enseignement des technologies avec des pédagogies actives fut, par exemple, à la base d'un projet où l'on a démontré des gains d'apprentissage importants en physique et en biologie (Beichner et al., 2007).

L'utilisation de simulations rendues possibles par la réalité virtuelle (RV) est une autre avenue prometteuse. Ces simulations permettent d'expérimenter du matériel de pointe, des réalités et des équipements rares ou difficilement accessibles, tout en tolérant les erreurs (Jensen & Konradsen, 2018). La RV offre aussi différentes **formes de représentations** servant à visualiser des concepts (Hsu, 2017), ce qui est particulièrement important dans le modèle de la transformation des savoirs issu du modèle de la connaissance pédagogique du contenu (Marquis, 2020; Shulman, 1987). La RV se caractérise par un environnement 3D immersif et interactif (Freina & Ott, 2015). Le degré d'immersion va croissant selon qu'il s'agit de réalité virtuelle sur ordinateur (RVO), de réalité augmentée (RA - superposition d'une image virtuelle au monde réel avec des lunettes) (Sherman & Craig, 2018) ou de réalité virtuelle immersive (RVI), maintenant beaucoup plus accessible grâce aux casques autonomes.

La RVO favorise un meilleur apprentissage et une meilleure compréhension des concepts (Meir et al., 2005; Stern et al., 2008), tant sur le plan de la théorie que dans la pratique en laboratoire. Elle facilite l'utilisation des techniques (Martinez-Jimenez et al., 2003), stimule l'intérêt et améliore les résultats scolaires (Baltzis & Koukias, 2009; Limniou et al., 2008). Le scénario pédagogique défini comme « une séquence orchestrée de phases dans lesquelles les apprenants ont des tâches à effectuer et des rôles

spécifiques à jouer » (Baltzis & Koukias, 2009), semble particulièrement pertinent dans ce contexte. Un grand nombre de facteurs reliés à ce type de scénario, tels que la quantité d'instructions données (Ploetzner et al., 2009) ou le fait de fournir une introduction aux variables à manipuler (Lazonder et al., 2009), exercent une influence marquée sur l'efficacité des simulations par RVO. Ainsi, des méta-analyses sur le sujet (Merchant et al., 2014; Rutten et al., 2012) suggèrent qu'un tel scénario serait la principale condition d'efficacité de la RVO. Avec l'accessibilité accrue des équipements pour la RVI, le nombre d'études portant sur les impacts de la réalité virtuelle en éducation se multiplie. Alors que les effets positifs de la RVI sur l'intérêt et l'engagement étaient déjà bien documentés (Makransky & Lilleholt, 2018; Parong & Mayer, 2018), les méta-analyses de Coban et al. (2022), Wu et al. (2020) et Yu (2021) démontrent les mêmes effets sur d'autres aspects de l'apprentissage.

Dans le passé, plusieurs méta-analyses ont mis en évidence des différences selon le genre dans le sentiment d'efficacité personnelle par rapport aux technologies (Cai et al., 2017; Liao, 1999), mais les recherches sur le temps d'utilisation ou la performance font disparaître ces écarts (Lou et al., 2001). De telles recherches doivent se poursuivre (Dünser et al., 2006), surtout pour la RVI.

Par ailleurs, le potentiel de la RV pour les élèves en situation de handicap est relevé dans plusieurs écrits. En effet, la RV incarne le premier principe de la conception universelle de l'apprentissage (CUA), qui vise à « offrir plusieurs moyens de représentation » (CAST, 2018). Les bénéfices de la RV pour les personnes présentant un handicap auditif ont été mis en évidence dans quelques études (Ludlow, 2015). On souligne aussi le potentiel de la RV pour les élèves qui ont des besoins particuliers, mais ce potentiel reste à documenter (Vasquez et al., 2015).

Conditions pour que le personnel enseignant intègre les TIC émergentes et modèle de formation

L'intégration des TIC représente un défi important et connu en éducation. Elle nécessite à la fois un temps considérable, le développement d'expertises pointues et un travail sur la motivation du personnel enseignant. Celle-ci se révèle importante dans le développement professionnel (Rasmy, 2015) et préalable

aux changements de pratique (Skaalvik & Skaalvik, 2007). Les enseignant.e.s qui possèdent un sentiment d'auto-efficacité (SEP) élevé ont plus tendance à intégrer les TIC et à changer leurs pratiques (Melançon et al., 2013; Skaalvik & Skaalvik, 2007). Les modèles comme le TAM (Davis, 1989) suggèrent qu'une combinaison de la perception d'utilité ou de valeur avec un sentiment d'auto-efficacité élevé favorise le recours aux TIC. Le soutien des établissements et la formation du personnel enseignant en vue qu'il acquière de l'expertise sont aussi des facteurs favorables (Raby, 2004; Rasmy, 2015; Stockless, 2016), ce qui soulève la question du modèle de formation à privilégier.

Le modèle de formation et d'accompagnement déployé dans le présent projet s'inspire de celui expérimenté avec succès dans une recherche-action précédente (Poellhuber et al., 2020), qui incorporait l'ensemble des éléments les plus importants à mettre en place dans une stratégie de développement professionnel visant une transformation des pratiques : une durée conséquente, la participation collective et la collaboration, l'apprentissage actif, l'incorporation de rétroactions provenant des étudiant.e.s, la présence d'une approche réflexive, l'ancrage dans des sujets et contenus spécifiques, et enfin, la cohérence avec les besoins des participant.e.s (Roy et al., 2020).

L'objectif général du projet est d'explorer le potentiel pédagogique et didactique de scénarios intégrant des simulations en réalité virtuelle pour l'apprentissage des sciences au postsecondaire. Le projet comporte un **objectif d'action (O1)** : développer et valider des scénarios d'intégration pédagogique et didactique de simulations en réalité virtuelle immersive dans des cours de sciences au postsecondaire, ainsi que trois **objectifs de recherche** : décrire l'expérience des élèves et des enseignant.e.s quant à l'intégration de scénarios de réalité virtuelle (RVO et RVI) dans des cours de sciences au postsecondaire (O2 et O3); décrire le processus de développement professionnel des enseignant.e.s dans l'intégration de scénarios de réalité virtuelle (O4), et déterminer les effets de l'intégration de scénarios d'intégration pédagogique et didactique de la réalité virtuelle en sciences sur l'intérêt, la motivation, l'engagement et l'apprentissage dans des cours de sciences au postsecondaire, et ce, en fonction du genre et des caractéristiques des élèves (O5).

Partie B — Méthodologie

Le projet repose sur une méthodologie de type recherche orientée par la conception (*Design-Based Research*), soit une méthode de recherche collaborative, semblable à la recherche-action, dans laquelle les expertises de l'équipe de recherche et des participant.e.s (personnel enseignant, conseillers et conseillères pédagogiques) sont mises à profit dans une approche itérative. Celle-ci vise la mise en place et le perfectionnement d'un ou de plusieurs scénarios pédagogiques impliquant une simulation ou un jeu en réalité virtuelle, tout en dégagant des savoirs théoriques à travers le processus à l'aide d'outils de collecte de données qualitatives et quantitatives. Ces scénarios ont été élaborés par les enseignants et enseignantes à la suite d'ateliers animés par l'équipe de recherche et les conseiller.ère.s pédagogiques et à partir de gabarits développés selon le modèle de Jeffries (2020) (voir annexe 4). Ils ont été présentés en classe et ont ensuite fait l'objet de discussions entre chercheur.euse.s, conseiller.ère.s pédagogiques et enseignant.e.s afin d'en dégager les forces et pistes d'amélioration. À chaque trimestre, les principaux résultats de la recherche ont été présentés aux enseignant.e.s participant.e.s dans des « entrevues de suivi », afin d'alimenter leur réflexion en vue de l'élaboration de leur prochain scénario pédagogique.

Les données analysées dans cette recherche ont été acquises auprès de deux types de participant.e.s. Trente-neuf enseignant.e.s provenant de six cégeps et de l'Université de Montréal, d'un côté, ont participé à au moins une itération de la recherche en présentant un scénario pédagogique dans un de leurs cours. Ces personnes ont répondu à un questionnaire portant sur leur sentiment d'efficacité personnelle – questionnaire inspiré du modèle de sentiment d'auto-efficacité de Tschannen-Moran et al. (1998) –, leurs pratiques pédagogiques – inspirées du Postsecondary Instructional Practice Survey (PIPS) de Walter et al. (2016) –, et leur acceptation de la technologie – inspirée du Technology Acceptance Model 3 (TAM3) de Venkatesh et Bala (2008). Elles ont participé à une entrevue de groupe disciplinaire au début de leur collaboration ainsi qu'à une entrevue individuelle de suivi au terme de chaque étape du projet.

La participation de ces enseignant.e.s a donné l'occasion à 5759 étudiant.e.s, d'un autre côté, de prendre part à un scénario pédagogique, parmi lesquels 2801 ont rempli notre questionnaire portant sur

leur expérience durant le scénario en lien avec le cadre d'expérience utilisateur de Mahlke (2008), sur leur motivation à travers le modèle socio-cognitif des attentes et de la valeur de Pintrich (2003), et sur leur intérêt (Hidi & Renninger, 2006) et leur engagement selon le modèle d'engagement scolaire de Fredricks et al. (2004). Quinze entrevues de groupe ont été menées avec des étudiant.e.s s'étant portés volontaires.

Pour la RVI (réalité virtuelle immersive) avec casques, une première expérimentation a permis à 7 enseignant.e.s et 6 étudiant.e.s d'expérimenter une application de biologie (*Sharecare You*) ou de chimie (*Abelana's Atom Maker*). Ces personnes ont participé par la suite à une entrevue individuelle sur leur expérience de la RVI. À l'automne 2022, nous avons expérimenté des scénarios pédagogiques intégrant la RVI auprès de 6 enseignant.e.s et 220 étudiant.e.s dans des cours de biologie et de chimie au cégep de Saint-Jérôme, à partir de jeux sérieux développés dans le cadre d'un autre projet (Marquis et al., 2023). Par la suite, 69 étudiant.e.s ont répondu au questionnaire, et 6 enseignant.e.s et 14 étudiant.e.s ont participé indépendamment à des entrevues de groupes.

Les données qualitatives ont été traitées au moyen d'analyses de contenu réalisées selon une méthodologie stricte ayant recours à un codage mixte, en suivant les étapes habituelles suggérées dans la littérature scientifique (Miles & Huberman, 2003). Chaque entrevue a été enregistrée, puis retranscrite. Les grilles de codage ont été élaborées de façon inductive par un chercheur et une assistante de recherche. Chaque grille a été soumise à un processus de codage à deux juges et retravaillée jusqu'à l'atteinte d'un accord entre eux satisfaisant.

Les données quantitatives ont d'abord été soumises à une analyse factorielle exploratoire ainsi qu'à une analyse de fiabilité afin de valider chaque échelle. Les échelles validées ont été analysées de façon descriptive et inférentielle (ANOVA, test t), après qu'on eut examiné leur normalité. Les données provenant des questionnaires soumis aux enseignant.e.s ont été soumises à une analyse typologique, laquelle a mené à l'identification de trois profils distincts. La description de chaque scénario recueillie lors des entrevues de suivi a conduit à l'élaboration d'une grille d'analyse des scénarios permettant de leur attribuer un score, grille fortement inspirée du modèle de Jeffries (2020). L'effet de ce score, ainsi que

celui des échelles présentes dans les questionnaires soumis aux étudiant.e.s, sur plusieurs variables dépendantes ont été analysés par modélisation multiniveau. Cette technique vise à distinguer le poids des variables individuelles liées aux caractéristiques des élèves (comme l'âge, le genre ou les approches d'études), de celui des variables liées aux enseignant.e.s (comme l'expérience, le genre) ou à leurs interventions (comme la qualité du scénario pédagogique ou leur type d'approche pédagogique).

Partie C — Principaux résultats

O1-Objectif 1 (objectif d'action) : Développer et valider des scénarios d'intégration pédagogique et didactique de simulations en réalité virtuelle immersive dans des cours de sciences au postsecondaire

En nous fondant sur le modèle de Jeffries (2020), nous avons développé des outils et procédures d'accompagnement générant des scénarios pédagogiques efficaces. Ceux-ci ont généralement été partagés dans la communauté; certains sont présentée aux annexes 5 à 8. Les gabarits et documents reliés aux activités d'accompagnement de la scénarisation pédagogique, eux, sont présentés à l'annexe 4. Bien que l'objectif 1 ait été rédigé à l'origine comme un objectif d'action, la validation des scénarios a fait partie des éléments liés à la recherche. Lors des entrevues de groupe, les étudiant.e.s et enseignant.e.s ont identifié les points forts et les points faibles des scénarios pédagogiques à chacune des phases des scénarios. Ces éléments sont enrichis d'une analyse comparative entre les scénarios les mieux notés et les scénarios les moins bien notés.

Une importance particulière semble accordée aux activités réalisées en classe, ainsi qu'aux activités de type « papier-crayon », plus populaires après la pandémie. Ce dernier mode offre peut-être davantage de possibilités de fournir un soutien sur mesure. Les enseignant.e.s devraient surtout retenir qu'il faut planifier soigneusement les étapes préliminaires en misant, d'une part, sur l'activation des connaissances antérieures et les étapes de debriefing, et, d'autre part, sur la préparation au transfert des connaissances, tout en incorporant des activités collaboratives aux différentes phases du scénario, même durant la simulation.

O2-O3-Objectifs 2 et 3 : Décrire et comprendre l'expérience des étudiant.e.s et enseignant.e.s quant à l'intégration de scénarios de réalité virtuelle dans des cours de sciences au postsecondaire

1. Les aspects affectifs et émotionnels sont ceux qui ressortent le plus de la première expérience des étudiant.e.s avec la RVO et la RVI. Des émotions positives sont ressenties.

Dans les entrevues, nous avons observé que chez les étudiant.e.s, l'expérience de la RVO est principalement qualifiée par des mots-clés liés à des réactions émotionnelles tels que *motivant/engageant, plaisir/fun, ludique*. L'analyse lexicale a, par ailleurs, mis en relation des termes liés à l'apprentissage (*apprendre, apprentissage*) et aux émotions (*amusant, agréable, ludique*). De plus, l'expérience des élèves ayant exploré individuellement la RVI a été notamment décrite par le qualificatif *plaisant*, ce qui est aussi le cas de ceux qui ont utilisé la RVI dans le cadre de scénarios à l'échelle de la classe et qui insistent aussi sur les aspects motivationnels (*intéressant, motivant*). Les données quantitatives montrent que la perception de valeur affective est plus élevée durant les activités en réalité virtuelle que durant les activités d'apprentissage habituelles, autant en RVO qu'en RVI.

2. L'utilité pour l'apprentissage ressort aussi de l'expérience des enseignant.e.s et étudiant.e.s avec la RVO et la RVI, mais de façon moins importante que les dimensions affectives chez les étudiant.e.s.

De façon plus précise, lorsque les enseignant.e.s ayant utilisé la RVO décrivent leur expérience, ils mettent de l'avant ses avantages pédagogiques, notamment la diversification des méthodes d'enseignement. Au collégial, on ajoute parmi les avantages l'apprentissage actif, et à l'université, l'amélioration de la préparation au laboratoire et de la contextualisation des apprentissages. Les enseignant.e.s soulignent le fait que le jeu en RVI a représenté une manière nouvelle d'amener la matière, manière qu'ils ont appréciée et qui semble avoir aussi été appréciée par les élèves. Ces derniers soulignent aussi l'aide de la RVO pour soutenir l'acquisition de compétences; ils perçoivent la contextualisation des apprentissages comme le premier avantage pédagogique de la RVO. De plus, les étudiant.e.s du collégial relèvent le travail d'équipe comme avantage, alors que ceux et celles provenant de l'université indiquent comme bénéfiques la préparation au laboratoire ou le complément d'apprentissage qui en résulte. Les

étudiant.e.s qui ont exploré individuellement la RVI ou qui l'ont expérimentée dans un cours ont aussi traité des avantages pour l'apprentissage en se reportant, dans chacun des cas, aux thèmes *visualisation* et *compréhension*.

L'ordre d'importance des avantages utilitaires perçus varie entre les étudiant.e.s et les enseignant.e.s. Pour les étudiant.e.s, les avantages les plus importants de la RVO sont la contextualisation des apprentissages, la visualisation des contenus, les liens entre théorie et pratique, et, assez loin derrière, la diversification des méthodes pédagogiques. Pour les enseignant.e.s, ce sont la diversification des méthodes et la facilitation de l'apprentissage actif, puis la visualisation et la consolidation

3. Au collégial, les enseignant.e.s et étudiant.e.s ont relevé les avantages de l'immersion, de la perception de présence et des aspects visuels au sein d'un environnement virtuel, des caractéristiques distinctes des aspects émotionnels et utilitaires propres à la RVI.

De façon générale, les **enseignant.e.s** ayant exploré la RVI (ce qui a été fait uniquement au collégial) ont davantage apprécié l'aspect visuel (3D), le côté immersif et l'interactivité de la simulation. L'aspect visuel a aussi marqué l'expérience des **étudiant.e.s** ayant exploré la RVI, tout comme l'immersion.

Hypothèses d'explications et retombées

Une des retombées de nos travaux concerne le fait que la réalité virtuelle favorise l'adoption de pratiques innovantes d'enseignement en proposant une méthode qui rejoint les étudiant.e.s sur le plan affectif tout en suscitant leur motivation et leur engagement.

La réalité virtuelle a le potentiel de générer des émotions positives dans l'expérience d'apprentissage grâce à certaines de ses caractéristiques. Plusieurs suggèrent, par exemple, qu'elle augmente l'engagement, ce qui a un effet concret sur l'expérience (Jeffries, 2020, et Ślósarz et al., 2022). Un modèle d'équation structurelle montre un lien entre l'immersion, la perception de présence et des aspects affectifs (« *enjoyment* »), ceux-ci étant liés aux résultats d'apprentissage (Makransky & Lilleholt, 2018). Cela peut s'expliquer par le caractère immersif, engageant et interactif de la réalité virtuelle ainsi que par la forte impression de présence que la RVI peut procurer (Mütterlein, 2018). Le fait de se sentir actif dans un

environnement virtuel réaliste peut constituer une expérience nouvelle et intense, suscitant l'intérêt (Makransky & Petersen, 2021). Les réactions émotionnelles sont d'ailleurs un composante conditionnant l'expérience utilisateur, étant elles-mêmes influencées par la perception des qualités instrumentales et non instrumentales de l'outil (Mahlke, 2008). Dans le cadre de nos travaux, la nouveauté, l'aspect ludique et actif ainsi que l'immersion se révèlent contribuer à une expérience riche en émotions positives, qui favorise l'apprentissage.

Par ailleurs, la perception de la pertinence pédagogique (utilité dans les cours) de la réalité virtuelle est le facteur le plus important favorisant l'adoption de la RV par le personnel enseignant. En effet, la plupart des avantages documentés dans la littérature (introduire, consolider, contextualiser, varier, motiver, favoriser l'apprentissage actif par la RVO, visualiser et comprendre avec la RVI) sont perçus par les enseignant.e.s lorsqu'ils explorent la RV (Coban et al., 2022; Dalgarno & Lee, 2010; Freina & Ott, 2015; Lewis et al., 2021; Maroukias et al., 2023; Pellas et al., 2020). Ce résultat est cohérent avec les modèles d'adoption des technologies, dont la perception d'utilité et de facilité d'utilisation sont les composantes principales (Davis, 1989). De plus, on peut faire un rapprochement direct entre ces deux composantes et la perception des qualités instrumentales, dont l'utilité et l'utilisabilité, dans les modèles de l'expérience utilisateur (Barcenilla & Bastien, 2009; Mahlke, 2008).

O4-Objectif 4 : Déterminer les effets de scénarios d'intégration pédagogique et didactique de la réalité virtuelle sur l'intérêt, la motivation, l'engagement, l'apprentissage et la compréhension dans des cours de sciences au postsecondaire, en fonction du genre et des caractéristiques des étudiant.e.s.

Cet objectif vise à mesurer quantitativement les effets de scénarios pédagogiques intégrant une simulation en réalité virtuelle. Les résultats montrent le potentiel des scénarios et l'importance de présenter adéquatement les simulations aux étudiant.e.s.

1. Les scénarios pédagogiques ont eu de nombreux effets bénéfiques chez les étudiant.e.s, notamment sur le plan affectif.

Les scénarios ont contribué positivement à l'intérêt et à la motivation des élèves, ainsi qu'à leur engagement et à leur perception de la valeur affective et utilitaire (voir annexe 8). Les résultats sont plus élevés sur les échelles reliées à la valeur affective qu'à celles liées à la valeur utilitaire. Des hypothèses d'explication de ce résultat ont été présentées plus haut.

2. Plusieurs variables propres aux étudiant.e.s sont des prédicteurs de l'engagement comportemental, mais la qualité du scénario pédagogique en est un prédicteur particulièrement important.

Les variables individuelles significativement liées à l'engagement comportemental sont l'anxiété par rapport aux technologies, les approches d'études, l'intérêt situationnel, l'engagement affectif et la perception d'utilité. Sur le plan du groupe, la qualité ou la « complexité » du scénario pédagogique entourant la simulation sont reliées de manière significative à l'engagement comportemental.

3. Quelques différences sont observées entre les données provenant des hommes et celles des femmes, et aucune différence significative n'est observée chez les étudiant.e.s en situation de handicap.

Plus précisément, les femmes affichent des scores plus hauts que ceux des hommes sur le plan de l'anxiété par rapport aux technologies, de l'intérêt situationnel et de la perception de la valeur utilitaire des simulations en comparaison avec leurs cours habituels.

4. Les différences les plus notables chez les populations à l'étude ont été observées entre les groupes universitaires et les groupes collégiaux.

Les étudiant.e.s du collégial rapportent des scores plus élevés pour ce qui est de l'engagement comportemental, de l'engagement affectif, de trois des quatre composantes du flow (absence de préoccupation, bien-être et autotélisme, immersion et altération du temps), de l'intérêt, des perceptions d'apprentissage, de la perception de valeur ainsi que de la perception de plaisir.

5. Pour un même cours, plusieurs résultats sont significativement différents relativement à la RVO et la RVI.

Ces différences se retrouvent notamment sur le plan de l'engagement, de l'intérêt, du flow et des perceptions d'utilité et de valeur. L'explication de ces différences varie selon la discipline, les scores étant généralement plus hauts en RVI en chimie, mais plus bas en biologie. Les variations pourraient être dues au contexte dans lequel se sont déroulées les expérimentations, qui ne présentaient pas toutes les mêmes simulations, et par la présence de plus de difficultés techniques dans le cas de la RVI en biologie, difficultés qui avaient été résolues par des modifications aux jeux ayant permis d'éviter ces mêmes problèmes en chimie.

Hypothèses d'explications et retombées

La principale retombée de nos travaux en lien avec l'objectif 4 est la confirmation statistique de l'importance de la scénarisation pédagogique et la mise en lumière de pratiques efficaces aux différentes étapes des scénarios (voir annexe 9). Notre étude montre, d'une part, que la qualité du scénario pédagogique est directement liée à l'engagement comportemental des étudiant.e.s, en accord avec la littérature sur le sujet (Merchant et al., 2014). L'importance de l'encadrement offert, qui favorise directement l'apprentissage, avait déjà été soulignée dans cette étude (González-Cruz et al., 2003). D'autre part, nos travaux ont permis d'adapter le cadre pragmatique de Jeffries (2016), élaboré dans le contexte des simulations en sciences infirmières, afin d'identifier les pratiques de scénarisation qui optimisent le potentiel des simulations. La présence des différentes phases du scénario pédagogique décrites à l'objectif O1 particulièrement celle du debriefing (Ryoo & Ha, 2015; Shinnick et al., 2011), est cruciale. La présence d'éléments d'apprentissage actif et la collaboration sont aussi des facteurs majeurs dans l'efficacité des simulations (Merchant et al., 2014), ce qui va contre la perception intuitive que les activités en RV devraient être réalisées individuellement. La focalisation de l'attention des enseignant.e.s sur la pertinence pédagogique favorise la perception d'utilité, un déterminant de la composante valeur de la motivation (Pintrich, 2003). À ces facteurs clés, nos travaux ont ajouté une rétroaction systématique, des activités réalisées en mode présentiel ou synchrone, ainsi que du soutien à l'aide d'une feuille de route présentée dans un document additionnel.

Nos analyses en fonction du genre présentent un contraste avec les constats rapportés dans l'étude de Cormier et Pronovost (2016). Alors que ces auteurs affirment que les étudiantes ressentiraient moins d'intérêt que les étudiants, nos résultats ne montrent aucune différence sur le plan de l'intérêt situationnel, suggérant que les simulations génèrent autant d'intérêt chez les étudiants que chez les étudiantes. Par ailleurs, l'absence de différence significative à toutes les échelles selon la présence ou non d'une situation de handicap montre que les personnes touchées ont tout autant bénéficié de ces simulations que celles sans handicap. La RV semble donc une manière efficace de diversifier les modalités d'apprentissage, en accord avec le premier principe de la CUA (conception universelle de l'apprentissage).

Par ailleurs, les écarts entre les groupes universitaires et les groupes collégiaux pourraient être attribuables aux différences importantes entre l'enseignement de la biologie aux deux ordres d'enseignement : à l'université, accent mis davantage sur l'expérimentation, très grands groupes, diversité des personnes intervenantes (professeur.e.s, chargé.e.s de cours, chargé.e.s de laboratoires, etc.), ainsi que différences entre les élèves eux-mêmes.

Finalement, ces résultats soutiennent fortement, quantitativement, ceux présentés précédemment en lien avec l'effet de la RV sur des variables touchant les aspects affectifs ou émotionnels (voir O2-O3). En effet, nos analyses montrent que les simulations ont généré des scores particulièrement hauts sur le plan de l'engagement affectif, de la perception de plaisir et de la perception de valeur affective. Ce potentiel représente une opportunité somme toute rare dans l'enseignement des sciences.

O5-Objectif 5 : Décrire le processus de développement professionnel des enseignant.e.s dans l'intégration de scénarios de réalité virtuelle.

Nous avons suivi le processus de développement de sept enseignant.e.s ayant participé aux trois itérations du projet. Ces personnes ont transformé leurs pratiques et leurs croyances de manière importante, en fonction de différents facteurs.

1. Les ateliers de scénarisation, les rencontres de transfert et celles avec les conseillers et conseillères pédagogiques contribuent grandement à la réflexion des enseignant.e.s ainsi qu'aux changements observés dans leurs croyances et leurs pratiques.

Les activités d'accompagnement et de formation offertes en continu tout au long du projet ont été désignées à de nombreuses reprises par les enseignant.e.s comme des éléments leur ayant permis de réfléchir à leurs pratiques et de les modifier. Ils et elles ont pu s'approprier le concept et les caractéristiques d'un scénario pédagogique. Les échanges itératifs ont aussi contribué à faire ressortir les pratiques vues comme les plus bénéfiques (voir O1 et partie D).

2. La rétroaction de la part des étudiant.e.s a été le principal moteur des changements de pratiques ou de croyances observés.

Parmi les facteurs influençant les décisions des enseignant.e.s de maintenir l'utilisation des simulations ou de modifier leurs pratiques et croyances, la rétroaction des étudiant.e.s a joué le plus grand rôle. Plusieurs ont été carrément surpris de la réaction nettement positive des élèves, ce qui les a amenés à davantage d'ouverture envers la RV et le processus de scénarisation pédagogique.

3. La participation continue au projet a mené à l'adoption de nouvelles pratiques pédagogiques centrées sur la scénarisation pédagogique et l'apprentissage actif.

Les enseignant.e.s ont adopté ou validé plusieurs pratiques cohérentes avec les stratégies pédagogiques préconisées par le projet. La scénarisation pédagogique étant au centre de notre recherche, ils ont été en mesure d'en apprécier la valeur, de l'appliquer aux simulations en réalité virtuelle, mais aussi de la transférer à d'autres activités hors du cadre du projet. Ils ont aussi grandement insisté sur l'impact du projet sur leur vision de l'apprentissage actif. D'une part, ceux ayant déjà intégré ce type d'apprentissage à leur pratique ont validé sa pertinence et, d'autre part, ceux dont les pratiques avant le projet étaient plutôt magistrocentrées en ont vu l'intérêt et la pertinence, et ont manifesté l'intention d'intégrer davantage la pédagogie active et la scénarisation pédagogique à leur pratique.

4. La participation continue au projet a mené à des changements de croyances et au développement de connaissances pédagogiques chez les enseignant.e.s.

Les enseignant.e.s ayant participé aux trois itérations du projet ont rapporté des changements sur le plan de leurs connaissances et croyances pédagogiques. En plus de s'être familiarisés avec la scénarisation

pédagogique, ils ont validé ou modifié leurs perceptions par rapport à l'apprentissage actif, comme on l'a dit précédemment. Leur réflexion ne s'est cependant pas limitée à ces sujets. Elle s'est étendue à leur enseignement de façon plus large, notamment pour ce qui touche leurs connaissances en pédagogie, leur perception des avantages fournis par la technologie, et leur rôle et leur approche en tant qu'enseignant.e.s.

Hypothèses d'explications et retombées

Si l'on se reporte au modèle de développement professionnel de Clarke & Hollingsworth (2002), on peut voir que ce sont les rétroactions des étudiant.e.s (domaine des conséquences) qui sont le point de départ du processus de changement chez le personnel enseignant. Ce changement est fortement alimenté par les événements relatifs au domaine externe (participation aux ateliers de scénarisation, aux formations, aux journées de transfert, aux échanges avec les autres participant.e.s, aux entretiens de suivi), qui modifient les conceptions et pratiques. Ces dernières s'incarnent dans des scénarios pédagogiques qui s'améliorent graduellement. Le fait que le principal moteur du changement ait été les bénéfices observés chez les étudiant.e.s est en accord avec les travaux de Guskey (2002), qui prône ultimement de collecter des données chez les élèves pour mesurer l'efficacité d'un dispositif de développement professionnel (DP) (Guskey, 2002). L'importance des changements de pratiques peut aussi s'expliquer par le fait que notre dispositif de recherche rejoint les trois conditions d'efficacité d'un dispositif de DP efficace ou transformateur : la durée, l'arrimage des formations aux contenus enseignés, et le recours à l'apprentissage actif et à la participation collective (Desimone, 2009). En ce qui concerne la durée, la recherche s'est échelonnée sur trois trimestres pour les enseignant.e.s dont nous avons documenté le DP. De plus, les simulations utilisées et les activités de scénarisation visaient directement des contenus disciplinaires et étaient contextualisées dans les cours. Les activités organisées (ateliers de scénarisation, rencontres avec l'équipe de recherche) faisaient une place importante à l'apprentissage actif, en mettant constamment les enseignant.e.s en action ou en réflexion. Nos activités ont aussi eu recours à la collaboration entre enseignant.e.s d'une même discipline et d'un même ordre d'enseignement, et, dans plusieurs cas, d'un

même cours. Finalement, les connaissances et croyances au centre du projet (apprentissage actif, socioconstructivisme) étaient en phase avec celles de la majorité des participant.e.s, et la collaboration au projet a donné aux enseignant.e.s de nombreuses occasions de réfléchir à leurs pratiques, une autre dimension considérée comme essentielle dans le DP. Ce résultat est en accord avec les résultats obtenus précédemment dans une recherche collaborative sur la classe inversée menée par l'équipe du chercheur principal (Poellhuber et al., 2020), où l'on soulignait le rôle crucial des conseillers et conseillères pédagogiques dans ce processus.

Partie D – Pistes d'action soutenues par les résultats de la recherche

Principales retombées du projet

1. La RV a le potentiel de motiver, d'intéresser et d'engager les étudiant.e.s.

Dans le contexte où les taux de diplomation dans les programmes de STGM (sciences et technologies, génie et mathématiques) au collégial et à l'université constituent un enjeu (Cyrenne et al., 2008; Cormier et Pronovost, 2016) et où l'intérêt des étudiant.e.s pour les sciences et technologies est en déclin (Potvin & Hasni, 2014b), l'utilisation de la réalité virtuelle peut être prometteuse. En effet, les occasions sont rares en sciences d'engager les élèves sur le plan affectif et d'accroître leur intérêt, même si celui-ci est déjà élevé. Les enseignant.e.s peuvent mobiliser le potentiel de la RV pour intéresser les élèves et les engager sur le plan affectif tout en leur offrant une expérience ludique. Nos résultats indiquent que la RVO favorise l'engagement en agissant particulièrement sur l'intérêt situationnel, ainsi que sur d'autres variables affectives (engagement affectif, plaisir, intérêt). L'effet de la RVI est encore plus important sur ces dimensions, ainsi que sur le flow.

2. La RV offre plusieurs avantages pédagogiques, surtout si son utilisation est intégrée dans un scénario pédagogique.

Le contexte a déjà mis en évidence le manque de contextualisation dans l'enseignement des sciences ainsi qu'un faible niveau de compréhension de la matière dans certain cas. Or, la RVO avec les simulations existantes offre une occasion de contextualiser les apprentissages, de diversifier les méthodes pédagogiques, de recourir à l'apprentissage actif, de visualiser des contenus et d'apprendre de manière ludique. Ces deux derniers éléments sont plus particulièrement importants en RVI. Par ailleurs, dans le cas de l'enseignement de la biologie à l'université, la RVO favorise aussi une meilleure préparation au laboratoire. Le scénario pédagogique est un facteur clé de l'efficacité d'une simulation en RV et un prédicteur significatif de l'engagement comportemental des élèves.

3. Si l'on vise l'adoption de nouvelles pratiques pédagogiques intégrant la RV, ou celle d'une autre technologie émergente semblable, la participation des enseignant.e.s et des conseiller.ère.s pédagogiques à une recherche collaborative est à privilégier pour favoriser leur développement professionnel.

Les enseignant.e.s qui ont participé à notre projet ont eu l'occasion de réfléchir, d'être épaulés et d'échanger des idées avec leurs collègues d'une même discipline et d'un autre établissement, avec les conseiller.ères.s pédagogiques ainsi qu'avec l'équipe de recherche. L'ensemble des activités formelles et informelles a été au cœur du processus de leur développement professionnel.

Recommandations et pistes d'action

Étudiants et étudiantes

1. Les étudiant.e.s devraient adopter des *approches d'études en profondeur* et acquérir des connaissances en vue de comprendre la matière et non en fonction de la seule note d'examen, tout en démontrant de l'ouverture pour explorer des innovations technologiques comme la réalité virtuelle.

Le fait d'avoir des buts d'apprentissage intrinsèques (ne pas travailler uniquement pour les notes, travailler pour comprendre) en plus de buts extrinsèques, d'adopter des approches d'études en

profondeur et de diminuer son anxiété par rapport aux technologies prédispose à un meilleur engagement comportemental, celui-ci étant lié à la réussite selon plusieurs recherches.

Personnel enseignant

1. Pour pleinement exploiter le potentiel de la RV, prendre soin d'élaborer un scénario pédagogique complet – ceci devrait aussi s'appliquer dans le cas d'autres technologies (vidéo pédagogique, intelligence artificielle, jeu sérieux, etc.)

Les résultats de notre recherche confirment l'importance de l'élaboration d'un scénario pédagogique complet et de certaines pratiques spécifiques souhaitables à chacune des étapes des scénarios (voir O1, O4 et annexe 9). Ceux-ci peuvent être élaborés avec le soutien des conseiller.ère.s pédagogiques. Les éléments les plus importants à intégrer à chacune des phases du scénario sont les suivants.

- **Pré-briefing** : instructions ou activités préalables d'activation des connaissances antérieures, activités collaboratives de révision, instructions en classe, vidéo d'initiation;
- **Briefing** : correction des exercices préparatoires en classe, présentation des éléments-clés de la simulation, brève démonstration de la simulation, etc.;
- **Déroulement** : encadrement et soutien en continu, réponses aux questions, activités collaboratives et interactives (ex. : feuille de route);
- **Debriefing** : rétroactions aux étudiant.e.s, retour en classe sur les points essentiels, questions ou exercices collaboratifs, discussion dirigée, préparation au transfert des connaissances.

2. Dans des cours ou des situations où il est nécessaire ou bénéfique de rejoindre davantage les étudiant.e.s sur le plan affectif, avoir recours à la RV, car celle-ci génère des émotions positives

Bien que l'implantation de la RV pose beaucoup de défis logistiques (temps, travail), elle offre une occasion unique de motiver, d'engager les étudiant.e.s et de les intéresser dans les cours de sciences où

plusieurs éléments de contenu posent des défis pour l'apprentissage et où la contextualisation demeure un enjeu. Les simulations ludiques en RVO ou RVI peuvent apporter une solution à ces problématiques.

3. Accorder une grande importance à l'encadrement des étudiant.e.s aux différentes étapes de l'utilisation de la RV ou de tout autre technologie nouvelle

Il est nécessaire d'encadrer les étudiant.e.s lorsqu'ils expérimentent des activités en RV. La RVO, et plus encore la RVI, nécessitent une familiarisation avec la technologie ainsi qu'un cadre disciplinaire, car ces activités impliquent le recours à une compréhension en profondeur de plusieurs concepts disciplinaires. L'encadrement est particulièrement important dans le cas de la RVI et il faut le prévoir adéquatement. Cette recommandation s'applique probablement aussi à l'apprentissage de toute nouvelle technologie émergente, comme l'intelligence artificielle.

4. Pour implanter des activités en réalité virtuelle, recourir au soutien de conseiller.ère.s pédagogiques et de collègues, ainsi que du personnel en informatique dans le cas de la RVI

Les participant.e.s à la recherche, qui, dans certains cas, n'avaient jamais élaboré un scénario pédagogique, ont apprécié l'apport de conseillers ou conseillères pédagogiques ainsi que de collègues. En effet, ces personnes les ont aidés à relever les défis logistiques que présentent l'implantation de la réalité virtuelle ainsi que la scénarisation pédagogique. La participation à des occasions d'échanges d'idées et de perfectionnement facilite l'implantation d'une nouvelle technologie. Dans le cas de la RVI, le soutien du personnel informatique devient carrément incontournable.

Conseillers et conseillères pédagogiques (CP)

1. Offrir le soutien et la formation nécessaires au personnel enseignant pour ce qui concerne l'utilisation d'une nouvelle technologie, telle la réalité virtuelle, afin d'assurer l'adoption adéquate de cette dernière et l'optimisation de ses effets

Les CP ou les technopédagogues devraient être en mesure de faire connaître les possibilités de la RV et d'accompagner les enseignant.e.s dans son utilisation afin d'en exploiter les bénéfices. Leur rôle est

particulièrement important pour l'accompagnement dans le processus de scénarisation pédagogique qui devrait précéder l'implantation de la RVO et de la RVI. Le fait d'offrir aux personnel enseignant des occasions de travail collaboratif facilite l'élaboration des scénarios. Par ailleurs, l'implantation de la RVI s'avère un processus plus complexe, qui nécessite des compétences spécifiques. Les CP devraient obtenir le soutien d'un personnel informatique suffisamment formé dans ce domaine.

2. Concevoir des dispositifs d'accompagnement et de formation, en accord avec les données de la recherche, sur les caractéristiques qui mènent à une transformation des pratiques : rétroactions des étudiant.e.s, durée, pratique réflexive, contenus disciplinaires, apprentissage actif et participation collective, cohérence

Les CP et le personnel cadre des établissements d'enseignement supérieur devraient concevoir des dispositifs de développement professionnel qui incorporent de manière importante ces caractéristiques : durée adéquate, moments pour réfléchir à sa pratique et aux conceptions en jeu, application de contenus disciplinaires, recours à l'apprentissage actif et à la participation collective du personnel enseignant, réponses aux besoins (cohérence).

Personnel cadre et gestionnaires

1. Mettre en place les conditions qui facilitent l'adoption de la réalité virtuelle

Le personnel cadre doit valoriser le rôle des CP dans l'accompagnement des enseignants et enseignantes, et ce, autant sur le plan pédagogique que technologique, lors de l'implantation de la RV. Il faut former et outiller les CP ou technopédagogues et le personnel des services informatiques à cette fin. Cette recommandation vaut probablement aussi dans le cas de l'adoption d'autres technologies émergentes, comme l'intelligence artificielle. De manière générale, les directions d'établissement devraient favoriser la collaboration entre le personnel professionnel et le personnel enseignant.

2. Favoriser le partage de l'expertise, des processus et des produits (expériences de RV, scénarios, etc.) à l'échelle de l'établissement et hors de l'établissement

Étant donné la rareté d'expériences de RVI pertinentes et d'expertise liée à l'utilisation de la RVO et de la RVI, le partage entre établissements des connaissances et compétences dans ce domaine doit être favorisé. Heureusement, on trouve de plus en plus de simulations de qualité et conçues en adéquation avec les cours et programmes. Malgré les coûts de licence à défrayer, la RVO présente des avantages considérables et est relativement facile à déployer sur le plan logistique, par exemple par le partage de scénarios. Du côté de la RVI, qui peut occasionner des coûts de développement élevés, ce partage devient encore plus important.

Décideurs et responsables de politiques

1. Mettre à la disposition des établissements d'enseignement supérieur les ressources pour qu'ils puissent défrayer les coûts liés à l'implantation de la RV

Compte tenu des retombées positives de la RVO et de la RVI, les décideurs devraient faire en sorte que les collèges et les universités disposent des ressources financières suffisantes pour couvrir les coûts d'acquisition (licences pour la RVO, casques de RVI, etc.) et d'implantation de ces technologies, notamment les frais d'accompagnement et de formation.

2. Favoriser les initiatives favorisant la création et le partage d'expériences éducatives en RV

Même si des applications de réalité virtuelle immersive pour l'apprentissage sont actuellement mises en marché, principalement celles des fournisseurs Meta, VIVE ainsi que la plateforme de jeu Steam, elles sont trop peu nombreuses, souvent plus ou moins pertinentes et de qualité variable. Les enseignants et enseignantes désirant tirer profit de la réalité virtuelle dans leur pratique doivent eux-mêmes procéder à la recherche, à l'expérimentation de ces applications et à leur évaluation. Dans ce contexte, il nous apparaît important de financer la création de contenus collaboratifs pertinents en RVO et en RVI, et de faciliter leur partage libre à l'échelle du réseau. Des projets comportant une collaboration interétablissement et une diffusion sous forme de ressources éducatives libres seraient souhaitables. À l'étape de diffusion des

expériences développées, des partenaires actuels du ministère de l'Enseignement supérieur, comme la fabrique REL, le pôle d'expertise en FAD ou le projet pavillon REN, pourraient être mobilisés.

3. Financer des initiatives de recherches collaboratives visant le développement et l'expérimentation de scénarios pédagogiques intégrant les technologies émergentes

Le modèle des Actions concertées et de la recherche collaborative ayant fait ses preuves, il serait pertinent de prévoir des ressources pour la recherche sur les technologies d'apprentissage innovantes comme la RV, la réalité augmentée, les jeux sérieux et l'intelligence artificielle.

Partie E — Nouvelles pistes ou questions de recherche

Le projet présenté ici met en lumière de nombreux résultats issus de la recherche, tant sur le plan technopédagogique que sur celui du développement professionnel, et soulève des questions. Il s'inscrit dans une démarche de recherche-action plutôt exploratoire, qui intègre des mesures qualitatives et quantitatives pour améliorer de manière itérative les interventions. Nos résultats corrélationnels entre la qualité du scénario pédagogique et l'engagement comportemental suggèrent que le scénario a un impact significatif sur les retombées d'une activité en RVI ou RVO. Comme ce lien est corrélational (régression multi-niveaux), il serait approprié de mener des recherches quasi expérimentales pour démontrer la causalité entre la qualité du scénario et ses effets sur les étudiant.e.s en variant les conditions (sans scénario, avec un scénario faible, avec un scénario fort), tout en maintenant les autres conditions semblables (même cours, même simulation, etc.). Il serait également approprié d'évaluer, outre l'adoption et la motivation, les apprentissages réalisés lors de ces activités, et de comparer les différences entre RVO et RVI, dans un contexte où l'expérimentation en RVI serait très bien préparée et soutenue. De plus, comme la RVI et la RVO offrent des possibilités de visualisation et d'interaction avec le contenu approfondies, il serait pertinent d'examiner leurs effets sur ce plan, notamment sur la modification éventuelle des conceptions alternatives en sciences.

Notre recherche collaborative engageait dans sa démarches une équipe de recherche, des membres du personnel enseignant et des conseillers et conseillères pédagogiques, dans une perspective interordre. Les projets futurs devraient s'intéresser davantage à l'analyse des processus de conception pédagogique en RVI/RVO en y intégrant tous les acteurs concernés, notamment les concepteurs ou conceptrices des simulations. Ce processus produirait des ressources libres et largement partagées, un facteur clé d'impact dans les milieux éducatifs.

Nos travaux montrent que l'implication du personnel enseignant et d'autres acteurs dans la recherche collaborative est un levier très efficace pour leur développement professionnel. Elle met en évidence l'importance de dispositifs de DP visant une transformation concrète des pratiques. Il est cependant nécessaire de continuer à explorer les conditions favorisant un DP efficace, notamment à travers des dispositifs à visée transformatrice.

L'innovation technologique en éducation représente un domaine d'études particulier, les technologies évoluant plus rapidement que les approches pédagogiques. Notre projet a dû s'adapter à des changements majeurs, comme l'abandon de la RVI par la compagnie Labster ou le désengagement de Google envers la réalité virtuelle. Plus récemment, l'émergence de l'intelligence artificielle (IA) s'est imposée comme une réalité transformatrice. Les futures recherches devront naviguer dans des contextes encore plus complexes, combinant probablement la RVI et l'IA, pour créer des environnements immersifs collaboratifs dotés de systèmes tuteurs adaptatifs personnalisés par des avatars pouvant guider les utilisateurs dans des expériences de RV. Des recherches visant la création et le développement de telles expériences sont maintenant beaucoup plus facilement concevables qu'il y a quelques années.

Enfin, notre étude rappelle l'importance fondamentale du soutien et de l'encadrement du personnel enseignant, de la préparation adéquate des scénarios et de l'apport des conseillères et conseillers pédagogiques. La recherche sur les innovations pédagogiques et technopédagogiques doit se faire de manière holistique en tenant compte de la complexité des réalités en enseignement supérieur.

Partie F — Références et bibliographie

- Allcoat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D., et von Mühlénen, A. (2021). Education in the Digital Age : Learning Experience in Virtual and Mixed Realities. *Journal of Educational Computing Research*, 59(5), 795-816. <https://doi.org/10.1177/0735633120985120>
- Baltzis, K. B., et Koukias, K. D. (2009). Using Laboratory Experiments and Circuit Simulation IT Tools in an Undergraduate Course in Analog Electronics. *Journal of Science Education and Technology*, 18(6), 546. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9169-z>
- Barcenilla, J., et Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : Quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 72(4), 311-331.
- Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J., Deardorff, D., Allain, R. J., Bonham, S. W., Dancy, M. H., et Riskey, J. S. (2007). The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project. *Research-based reform of university physics*, 1(1), 2-39.
- Biggs, J. B. (1988). Assessing student approaches to learning. *Australian Psychologist*, 23(2), 197-206. <https://doi.org/10.1080/00050068808255604>
- Braxton, J. M., Milem, J. F., et Sullivan, A. S. (2000). The Influence of Active Learning on the College Student Departure Process : Toward a Revision of Tinto's Theory. *The Journal of Higher Education*, 71(5), 569-590. <https://doi.org/10.1080/00221546.2000.11778853>
- Bristol, T. (2014). *Flipping the classroom*. <https://scholarworks.waldenu.edu/facpubs/360/>
- Cai, S., Chiang, F.-K., Sun, Y., Lin, C., et Lee, J. J. (2017). Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. *Interactive Learning Environments*, 25(6), 778-791. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1181094>
- CAST. (2018). *UDL: The UDL Guidelines*. <https://udlguidelines.cast.org/>
- Clarke, D., et Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947-967. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(02\)00053-7](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(02)00053-7)
- Coban, M., Bolat, Y. I., et Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning : A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36.
- Conseil de la science et de la technologie. (2004). *La culture scientifique et technique : Une interface entre la technologie et la société* [Rapport de conjoncture 2004]. Conseil de la science et de la technologie. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/50478>
- Cormier, C., et Pronovost, M. (2016). *Intérêt et motivation des jeunes pour les sciences*. Cégep André Laurendeau. Rapport de recherche PAREA.
- Cyrenne, D., Larose, S., Garceau, O., Deschênes, C., et Guay, F. (2008). Avoir les étudiants de sciences de la nature dans notre MIREs. *Pédagogie Collégiale*, 21(3), 4-8.
- Dalgarno, B., et Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development : Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199. <https://doi.org/10/c5738m>
- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., et Glück, J. (2006). Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's International Conference on Computer-Human Interaction Design Centered HCI - CHINZ '06*, 125-132. <https://doi.org/10.1145/1152760.1152776>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., et Paris, A. H. (2004). School Engagement : Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.

- <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., et Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410-8415.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Freina, L., et Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education : State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, *1*, 133.
- González-Cruz, J., Rodríguez-Sotres, R., et Rodríguez-Penagos, M. (2003). On the convenience of using a computer simulation to teach enzyme kinetics to undergraduate students with biological chemistry-related curricula. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *31*(2), 93-101.
<https://doi.org/10.1002/bmb.2003.494031020193>
- Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and teaching*, *8*(3), 381-391.
<https://doi.org/10.1080/135406002100000512>
- Hidi, S., et Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, *41*(2), 111-127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hsu, W.-Y. (2017). Brain-computer interface connected to telemedicine and telecommunication in virtual reality applications. *Telematics and Informatics*, *34*(4), 224-238.
- Jeffries, P. R. (2020). *Simulation in nursing education : From conceptualization to evaluation*. Lippincott Williams et Wilkins.
- Jensen, L., et Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, *23*(4), 1515-1529.
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P., et van Lieburg, E. (2009). Unraveling the influence of domain knowledge during simulation-based inquiry learning. *Instructional Science*, *37*(5), 437-451.
<https://doi.org/10.1007/s11251-008-9055-8>
- 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*, Article 5.
- Liao, Y. C. (1999). Gender differences on attitudes toward computers : A meta-analysis. *Society for Information Technology et Teacher Education International Conference*, 1388-1393.
<https://www.learntechlib.org/p/7762/>
- Limniou, M., Roberts, D., et Papadopoulos, N. (2008). Full immersive virtual environment CAVETM in chemistry education. *Computers et Education*, *51*(2), 584-593.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.06.014>
- Lou, Y., Abrami, P. C., et d'Apollonia, S. (2001). Small Group and Individual Learning with Technology : A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *71*(3), 449-521.
<https://doi.org/10.3102/00346543071003449>
- Ludlow, B. L. (2015). Virtual Reality : Emerging Applications and Future Directions. *Rural Special Education Quarterly*, *34*(3), 3-10. <https://doi.org/10.1177/875687051503400302>
- Mahlke, S. (2008). *User experience of interaction with technical systems*. Mémoire de maîtrise. Université de Berlin.
- Makransky, G., et Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, *66*(5), 1141-1164.
- Makransky, G., et Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL) : A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*.
- Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., et Sgouropoulou, C. (2023). How personalized and effective is immersive virtual reality in education? A systematic literature review for the last decade. *Multimedia*

- Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15986-7>
- Marquis, C. (2020). *Étude des pratiques enseignantes pour la transformation de savoirs scientifiques et leur enseignement en vue d'un changement des conceptions des étudiants*. Thèse inédite de doctorat. Université de Montréal. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/23560>
- Martinez-Jimenez, P., Pontes-Pedrajas, A., Polo, J., et Climent-Bellido, M. S. (2003). Learning in Chemistry with Virtual Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 346-352.
- Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S., et Klopfer, E. (2005). How Effective Are Simulated Molecular-level Experiments for Teaching Diffusion and Osmosis? *Cell Biology Education*, 4(3), 235-248. <https://doi.org/10.1187/cbe.04-09-0049>
- Melançon, J., Lefebvre, S., et Thibodeau, S. (2013). Sources d'influence de l'autoefficacité relative à un enseignement intégrant les TIC chez des enseignants du primaire. *Éducation et francophonie*, 41(1), 70-93.
- 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 et Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Miles, M. B., et Huberman, M. A. (2003). *Analyse des données qualitatives* (2e éd.). De Boeck.
- Mütterlein, J. (2018). The Three Pillars of Virtual Reality ? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaï.
- Nomme, K., et Birol, G. (2014). Course Redesign : An Evidence-Based Approach. *Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5(1). <https://eric.ed.gov/?id=EJ1045958>
- OCDE. (2014). *Résultats du PISA 2012 : Savoirs et savoir-faire des élèves : Performances des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences (Volume I)*. <https://doi.org/10.1787/9789264097643-fr>
- Parong, J., et Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785.
- Pellas, N., Dengel, A., et Christopoulos, A. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- Pintrich, P. R. (2003). Motivation and classroom learning. In *Handbook of psychology* (p. 103-122). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471264385.wei0706/full>
- Ploetzner, R., Lippitsch, S., Galmbacher, M., Heuer, D., et Scherrer, S. (2009). Students' difficulties in learning from dynamic visualisations and how they may be overcome. *Computers in Human Behavior*, 25(1), 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.06.006>
- Poellhuber, B., Roy, N., Caron, F., Chouinard, R., Meyer, F., Lison, C., Laberge, V., Fortin, M.-N., Tremblay, C., et Bouchoucha, I. (2020). *La classe inversée : Une recherche-action-formation pour développer une approche ayant un impact sur l'engagement, la motivation et la réussite*. <https://educ.info/xmlui/handle/11515/38510>
- Potvin, P., et Hasni, A. (2014a). Analysis of the decline in interest towards school science and technology from grades 5 through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784-802.
- Potvin, P., et Hasni, A. (2014b). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels : A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in science education*, 50(1), 85-129.
- Raby, C. (2004). *Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des technologies de l'information et de la communication en classe*. Thèse inédite de doctorat. Université de Montréal
- Rasmy, A. (2015). *Les facteurs et les conditions organisationnelles favorisant la motivation des enseignants du primaire et du secondaire dans leur développement professionnel lié à l'intégration des TIC*. Thèse inédite de doctorat.

- Université de Montréal <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/11994>
- Rosenfield, S., Dedic, H., Dickie, L., Rosenfield, E., Aulls, M., Koestner, R., Krishtalka, A., Milkman, K., et Abrami, P. (2005). *Étude des facteurs aptes à influencer la réussite et la rétention dans les programmes de la science aux cégeps anglophones*. Vanier College.
- Roy, N., Gruslin, E., et Poellhuber, B. (2020). Le développement professionnel au postsecondaire à l'ère du numérique. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 17(1), 63-75.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., et van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers et Education*, 58(1), 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Ryoo, E. N., et Ha, E.-H. (2015). The Importance of Debriefing in Simulation-Based Learning : Comparison Between Debriefing and No Debriefing. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 33(12), 538-545. <https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000194>
- Sherman, W. R., et Craig, A. B. (2018). *Understanding Virtual Reality : Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann.
- Shinnick, M. A., Woo, M., Horwich, T. B., et Steadman, R. (2011). Debriefing : The Most Important Component in Simulation? *Clinical Simulation in Nursing*, 7(3), e105-e111. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2010.11.005>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching : Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Sirhan, G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry : An Overview. *Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
- Skaalvik, E. M., et Skaalvik, S. (2007). Dimensions of teacher self-efficacy and relations with strain factors, perceived collective teacher efficacy, and teacher burnout. *Journal of educational psychology*, 99(3), 611.
- Ślórsarz, L., Jurczyk-Romanowska, E., Rosińczuk, J., et Kazimierska-Zajac, M. (2022). Virtual Reality as a Teaching Resource Which Reinforces Emotions in the Teaching Process. *SAGE Open*, 12(3), 21582440221118083. <https://doi.org/10.1177/21582440221118083>
- Stern, L., Barnea, N., et Shauli, S. (2008). The effect of a computerized simulation on middle school students' understanding of the kinetic molecular theory. *Journal of science Education and Technology*, 17, 305-315.
- Stockless, A. (2016). *Le processus d'adoption d'une innovation pédagogique avec les TIC par les enseignants*. Thèse inédite de doctorat. Université de Montréal
- Trigwell, K., Prosser, M., et Waterhouse, F. (2007). Relations between teachers' approaches to teaching and students' approaches to learning. *Higher education*, 37(1), 57-70.
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., et Hoy, W. K. (1998). Teacher efficacy : Its meaning and measure. *Review of educational research*, 68(2), 202-248.
- Vasquez, E., Nagendran, A., Welch, G. F., Marino, M. T., Hughes, D. E., Koch, A., et Delisio, L. (2015). Virtual Learning Environments for Students with Disabilities : A Review and Analysis of the Empirical Literature and Two Case Studies. *Rural Special Education Quarterly*, 34(3), 26-32. <https://doi.org/10.1177/875687051503400306>
- Venkatesh, V., et Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315.
- Wall, K. (2019). *Persévérance et représentation des femmes dans les programmes d'études en STGM*. Statistiques Canada.
- Walter, E. M., Henderson, C. R., Beach, A. L., et Williams, C. T. (2016). Introducing the Postsecondary Instructional Practices Survey (PIPS) : A Concise, Interdisciplinary, and Easy-to-Score Survey. *CBE—Life Sciences Education*, 15(4), ar53. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-09-0193>
- Wu, B., Yu, X., et Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance : A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6),

1991-2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>

Yu, Z. (2021). A meta-analysis of the effect of virtual reality technology use in education. *Interactive Learning Environments*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1989466>

Annexe 1 : Dictionnaire pour le questionnaire étudiants

Thème : Caractéristiques démographiques

Échelle	Énoncé
Identification	<p data-bbox="819 227 1965 267">Quel est votre prénom ?</p> <p data-bbox="819 267 1965 308">Quel est votre nom ?</p> <p data-bbox="819 308 1965 349">Quelle est votre adresse courriel ?</p> <p data-bbox="819 349 1965 389">Dans quel établissement d'enseignement êtes-vous inscrit?</p> <p data-bbox="819 389 1965 430">Quel est le nom de votre enseignant?</p> <p data-bbox="819 430 1965 527">Quel est le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire? Si vous utilisez la réponse "Autre", veuillez précisez le sigle et le nom du cours.</p> <p data-bbox="819 527 1965 568">À quel trimestre suivez-vous le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire?</p> <p data-bbox="819 568 1965 609">Quel est votre âge?</p> <p data-bbox="819 609 1965 649">Quel est votre genre?</p> <p data-bbox="819 649 1965 690">L'une des situations suivantes s'applique-t-elle à vous?</p> <p data-bbox="819 690 1965 805">Êtes-vous inscrit-e au service d'aide de votre établissement afin de recevoir des mesures d'aide ou d'accommodement en lien avec une situation de handicap?</p>

Thème : Acceptation de la technologie

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Anxiété envers les technologies		<i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i> Les technologies ne me font pas peur du tout. Les technologies me rendent anxieux/anxieuse. Travailler avec les technologies me rend nerveux-nerveuse. Les technologies me rendent inconfortable.
Perception de plaisir		J'ai du plaisir à utiliser la réalité virtuelle J'apprécie beaucoup l'utilisation de la réalité virtuelle Le processus même d'utilisation de la réalité virtuelle est plaisant.
Facilité d'utilisation		Je trouve la réalité virtuelle facile à utiliser Mes interactions avec la réalité virtuelle sont claires et compréhensibles. Je trouve qu'il est facile de faire ce que je veux avec la réalité virtuelle Interagir dans cet environnement de réalité virtuelle ne requiert pas un grand effort mental.
Pertinence pour la tâche	Venkatesh et Bala (2008)	L'utilisation de la réalité virtuelle est importante pour mon apprentissage. L'utilisation de la réalité virtuelle est pertinente pour mon apprentissage. L'utilisation de la réalité virtuelle est pertinente pour diverses tâches reliées à mon apprentissage
Perception d'utilité		Utiliser la réalité virtuelle améliore mon apprentissage Utiliser la réalité virtuelle améliore ma productivité pour l'apprentissage Utiliser la réalité virtuelle améliore mon efficacité dans les tâches d'apprentissage Utiliser la réalité virtuelle est utile pour mon apprentissage.
Intention comportementale		S'il m'est possible de le faire, j'ai l'intention d'utiliser d'autres simulations en RV dans ce cours ou dans d'autres cours à venir

Thème : Engagement

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Engagement affectif		<p data-bbox="831 240 1501 272"><i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i></p> <p data-bbox="831 280 1669 313">Je m'ennuie lorsque nous travaillons aux activités de réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 321 1516 354">Je n'ai aucun plaisir dans les activités de réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 362 1740 394">Je me sens intéressé quand je travaille dans les activités de réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 402 1839 435">J'ai du plaisir à apprendre de nouvelles choses avec les activités de réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 443 1686 475">Je fais juste semblant de travailler lors des activités de réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 483 1755 516">Dans les activités de réalité virtuelle, je ne fais que ce qu'il faut pour passer.</p> <p data-bbox="831 524 1612 557">J'essaie fort de bien réussir dans ces activités de réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 565 1713 597">Pour les activités de réalité virtuelle, je travaille aussi fort que je le peux.</p> <p data-bbox="831 605 1791 638">J'ai participé aux différentes activités proposées en lien avec la réalité virtuelle.</p> <p data-bbox="831 703 1854 735">J'ai discuté avec d'autres étudiants de la matière vue dans cette séquence d'activités.</p> <p data-bbox="831 743 1556 776">J'ai donné des explications, de l'aide à d'autres étudiant(e)s.</p> <p data-bbox="831 833 1913 865">J'ai expliqué des éléments de la matière de cette séquence d'activités à un autre étudiant.</p> <p data-bbox="831 914 1913 946">J'ai demandé des explications au professeur au sujet de la matière vue dans ces activités.</p> <p data-bbox="831 954 1787 987">J'ai discuté brièvement avec le professeur au sujet du contenu de ces activités.</p> <p data-bbox="831 995 1902 1078">J'ai demandé au professeur de l'information au sujet des devoirs et travaux en lien avec ces activités.</p>

Thème : Flow

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Contrôle cognitif	Heutte et al. (2016)	<i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i> Je me sens capable de faire face aux exigences élevées de la situation. Je sens que je contrôle parfaitement mes actions. A chaque étape, je sais ce que je dois faire
Immersion et altération de la perception du		Je suis totalement absorbé•e par ce que je fais. Je suis profondément concentré•e sur ce que je fais
Absence de préoccupation à propos du soi		Je ne vois pas le temps passer. Je ne suis pas préoccupé•e par ce que les autres pourraient penser de moi. Je ne suis pas préoccupé•e par le jugement des autres. Je ne suis pas inquiet•e de ce que les autres peuvent penser de moi
Expérience autotélique et bien-être		J'ai le sentiment de vivre un moment enthousiasmant. Cette activité me procure beaucoup de bien-être. Quand j'évoque cette activité, je ressens une émotion que j'ai envie de partager.

Thème : Motivation - Valeur de la tâche

Échelle	Énoncé
Valeur affective	<i>Si je compare aux activités d'apprentissage réalisées habituellement dans ce cours ou dans ce type de cours, les activités réalisées en lien avec la simulation de réalité virtuelle sont...</i> ...motivantes. ...amusantes. ...engageantes. ...plaisantes. ...agréables. ...invitantes.
Valeurs utilitaire	...pertinentes. ...utiles. ...réalistes.

Thème : Motivation - Intérêt

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Intérêt situationnel déclenché	Hidi et Renninger (2006)	<i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i> J'ai trouvé les activités proposées divertissantes durant tout le temps consacré. Quand je réalise ces activités mon attention est totalement absorbée. La réalisation de ces activités d'apprentissage est vraiment excitante
Intérêt situationnel maintenu		Les choses que j'ai apprises dans ce cours/dans cette séquence d'activités sont importantes pour moi. Je trouve que tout ce que m'a/ont appris ce cours/ces activités peut être utile. J'ai appris des choses valables lors de la réalisation des/de ces activités de ce cours.
Intérêt personnel émergent		J'aime le thème de ce cours. Je suis en général excité à l'idée de pouvoir me plonger dans le thème de ce cours. Je suis toujours enchanté de travailler sur ce thème.

Thème : Motivation - Auto-efficacité

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Auto-efficacité envers la RV	Pintrich et al. (1991)	<i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i> Je suis convaincu que je peux comprendre les concepts de base enseignés dans ces activités. Je suis convaincu que je peux comprendre la matière la plus complexe présentée dans ces activités. Je m'attends à bien réussir dans cette partie du cours.
Auto-efficacité envers le cours		Je suis certain que je peux maîtriser les habiletés (savoir-faire) enseignées dans ces activités. Je suis convaincu que je peux comprendre les concepts de base enseignés dans ce cours. Je suis convaincu que je peux comprendre la matière la plus complexe présentée par l'enseignant dans ce cours. Je m'attends à bien réussir dans ce cours. Je suis certain que je peux maîtriser les habiletés (savoir-faire) enseignées dans ce cours.

Thème : Motivation - Orientation des buts

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Buts extrinsèques		<i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i> Le fait d'avoir une bonne note dans ce cours est ce qui m'intéresse le plus en ce moment. Ce qui est le plus important pour moi en ce moment est d'améliorer ma moyenne générale (ou ma cote R) et donc bien performer dans ce cours. Si j'en suis capable, je souhaite avoir de meilleurs résultats dans ce cours que la plupart des autres élèves.
Buts intrinsèques	Pintrich et al. (1991)	Je veux bien réussir dans ce cours parce que c'est important de démontrer mes capacités (à ma famille, mes amis, mon employeur ou d'autres personnes). Dans ce genre de cours, je préfère la matière qui m'offre véritablement des défis pour que je puisse apprendre de nouvelles choses. Dans ce genre de cours, je préfère la matière qui pique ma curiosité même si elle est difficile à apprendre. Quand l'occasion m'est offerte dans ce cours, je choisis les projets qui vont me permettre d'apprendre même s'ils ne garantissent pas l'obtention d'une bonne note.

Thème : Apprentissage

Échelle	Énoncé
Perception d'apprentissage	<i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i> J'ai beaucoup appris. J'ai développé mes connaissances dans le domaine du cours. J'ai appris ce qu'il y avait à apprendre dans cette séquence d'activités.

Thème : Approches d'étude

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Approches d'étude en surface		<p><i>Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les énoncés suivants?</i></p> <p>Je crois qu'il n'est pas utile d'étudier en profondeur pour ce cours, cela peut porter à confusion et faire perdre du temps, alors qu'il est suffisant de n'avoir qu'une idée générale du cours.</p> <p>Je ne trouve pas ce cours intéressant, donc je travaille au minimum.</p> <p>Je ne vois pas d'intérêt à apprendre la matière qui a peu de chance de se retrouver à l'examen du cours.</p>
Approches d'étude en profondeur	Biggs (1988)	<p>Je crois que l'enseignant-e ne doit pas s'attendre à ce que les apprenants du cours prennent beaucoup de temps à étudier les sujets qui ne font pas partie de l'évaluation finale.</p> <p>Il m'arrive de ressentir une profonde satisfaction à étudier ce cours.</p> <p>Je me teste moi-même sur les aspects importants du cours jusqu'à ce que je les comprenne complètement.</p> <p>Je passe beaucoup de mes temps libres à approfondir des sujets intéressants qui ont été traités dans le cours.</p>

Thème : Questions ouvertes

Dimension	Énoncé
Expérience utilisateur	<p>Dans quelle mesure votre expérience avec la RV a-t-elle été positive ou négative ? Svp justifiez votre réponse dans le champ commentaires.</p> <p>Quelles ont été vos premières impressions lorsque vous avez utilisé la simulation de réalité virtuelle?</p> <p>Quelles seraient vos suggestions pour améliorer les activités en lien avec les simulations de réalité virtuelle ?</p> <p>Avez-vous éprouvé des difficultés dans la réalisation des activités demandées ? Si oui, merci de les décrire dans le champ commentaire.</p>

Annexe 2 : Dictionnaire pour le questionnaire enseignants

Thème : Caractéristiques démographiques

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Identification		<p>SVP Identifiez-vous : Prénom</p> <p>SVP Identifiez-vous : Nom</p> <p>SVP Identifiez-vous : Courriel</p> <p>Quel est votre âge</p> <p>Quel est votre genre</p> <p>À quel niveau enseignez-vous?</p> <p>Dans quel établissement d'enseignement collégial enseignez-vous?</p> <p>Dans quel établissement d'enseignement universitaire enseignez-vous?</p> <p>Dans quel programme collégial le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire est-il donné? Si plusieurs programmes sont concernés, indiquez-les tous.</p> <p>Dans quel programme universitaire le cours pour lequel vous remplissez ce formulaire est-il donné? Si plusieurs programmes sont concernés, indiquez-les tous.</p> <p>Quel est le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire? Si plusieurs cours sont concernés, indiquez-les tous. Si vous utilisez la réponse "Autre", veuillez précisez le sigle et le nom du cours.</p> <p>Quel est votre département?</p> <p>Quel est votre département?</p> <p>Quel est le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire? Si plusieurs cours sont concernés, indiquez-les tous. Si vous utilisez la réponse "Autre", veuillez précisez le sigle et le nom du cours.</p> <p>Quel est le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire? Si plusieurs cours sont concernés, indiquez-les tous. Si vous utilisez la réponse "Autre", veuillez précisez le sigle et le nom du cours.</p> <p>Quel est le cours pour lequel vous remplissez ce questionnaire? Si plusieurs cours sont concernés, indiquez-les tous. Si vous utilisez la réponse "Autre", veuillez précisez le sigle et le nom du cours.</p> <p>Quel est le cours (nom et sigle) pour lequel vous remplissez ce questionnaire? Si plusieurs cours sont concernés, indiquez-les tous.</p>

Thème : Expérience et formation

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Expérience		<p>Combien d'années d'expérience d'enseignement avez-vous ? (toutes disciplines et tous établissements confondus)</p> <p>Combien d'années d'expérience avez-vous dans la discipline enseignée ? (tous établissements confondus)</p> <p>Combien d'années d'expérience avez-vous dans votre établissement actuel ? (toutes disciplines confondues)</p>
Formation		<p>Parmi les types de formation suivants, cochez ceux que vous avez déjà suivis.</p> <p>Nommez le ou les programmes crédités dans le domaine de l'éducation que vous avez suivis et complétés.</p> <p>Nommez le ou les programmes crédités dans le domaine de l'éducation que vous n'avez pas complétés et indiquez, en commentaire, le nombre de crédits que vous y avez obtenus.</p> <p>À l'intérieur des programmes indiqués aux deux questions précédentes, avez-vous suivi ou effectué des projets reliés à l'utilisation des technologies en éducation?</p> <p>Nommez le ou les cours ou projets reliés à l'utilisation des technologies en éducation auxquels vous avez pris part.</p> <p>Indiquez, pour les types de formation suivants, le nombre d'heures de formation ponctuelle ou d'auto-formation que vous estimez avoir effectuées.</p> <p>Combien d'heures de formation ou d'auto-formation estimez-vous avoir reçu sur des technologies liées à la réalité virtuelle? ?</p>

Thème : Auto-efficacité en enseignement

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Pédagogie		<p>Décrire les avantages de diverses méthodes d'enseignement.</p> <p>Choisir des méthodes d'enseignement adaptées à différents types d'apprentissage ou à différents niveaux de performance et connaissances.</p> <p>Planifier une stratégie pédagogique misant sur diverses méthodes d'enseignement.</p> <p>Adapter mes stratégies pédagogiques aux caractéristiques de la clientèle, du cours et du programme.</p>
Pédagogie active		<p>Décrire les fondements de l'apprentissage coopératif.</p> <p>Concevoir et d'utiliser efficacement un scénario d'approche par projet.</p> <p>Concevoir et d'utiliser efficacement un scénario d'approche par problèmes.</p>
Communication et collaboration	Tschannen-Moran et al. (1998)	<p>Planifier l'utilisation et l'animation d'outils de communication asynchrones (forum de discussion, blogue, wiki, etc.).</p>
Technopédagogie disciplinaire		<p>Planifier l'utilisation et l'animation d'outils de communication synchrones (messagerie instantanée, Skype, visioconférence) pour répondre aux questions des étudiants.</p> <p>Faire travailler les étudiants sur des documents collaboratifs (ex: Google docs).</p> <p>Organiser un travail collaboratif des étudiants sur un réseau de concepts.</p> <p>Utiliser les bases de données spécialisées pertinentes pour ma discipline.</p> <p>Exploiter avec les étudiants certains des logiciels les plus utiles dans ma discipline.</p> <p>Identifier les logiciels spécialisés les plus utiles dans ma discipline.</p>

Thème : Pratiques d'enseignement

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Approches magistrocentrées		<p>Dans ce cours, je me concentre sur la transmission d'information qui pourrait être accessible dans des textes importants.</p> <p>Dans ce cours, je pense qu'une raison importante de réaliser des séances d'enseignement est de donner aux étudiants l'occasion de prendre de bonnes notes de cours.</p> <p>Dans ce cours, mon enseignement est axé sur une bonne présentation d'information aux étudiants.</p> <p>Mon enseignement dans ce cours est axé sur la transmission de mes connaissances aux étudiants.</p> <p>Je guide les étudiants à travers les grands sujets pendant qu'ils m'écoutent et prennent des notes.</p>
Approches pédocentrées	Walter et al. (2016)	<p>Je structure mon cours avec comme hypothèse que la majorité de mes étudiants ont peu de connaissances sur les sujets traités.</p> <p>Je réserve du temps dans ce cours pour que les étudiants discutent entre eux de concepts clés et d'idées en lien avec la matière.</p> <p>J'offre des occasions aux étudiants de discuter de l'évolution de leur compréhension du cours.</p> <p>Je structure mon cours de manière à encourager les étudiants à explorer ou discuter de leur compréhension des nouveaux concepts avant l'enseignement formel.</p> <p>Mes cours sont organisés de manière à ce que les étudiants soient en mesure de critiquer mutuellement leurs idées de manière constructive.</p> <p>Je conçois des activités qui permettent aux étudiants d'établir des liens entre le contenu du cours, leur vie actuelle et leur travail futur.</p> <p>Je laisse du temps à mes étudiants pour qu'ils puissent réfléchir aux processus qu'ils utilisent pour résoudre les problèmes.</p>

Thème : Acceptation des technologies

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Anxiété face aux technologies	Venkatesh et Bala (2008)	Les technologies ne me font pas peur du tout. Les technologies me rendent anxieux/anxieuse. Travailler avec les technologies me rend nerveux/nerveuse. Les technologies me rendent inconfortable.

Thème : Questions ouvertes

Échelle	Inspiré de	Énoncé
Potentiel des simulations		Lorsque vous avez essayé ou exploré les simulations en réalité virtuelle sur ordinateur, quelles sont actions potentiellement utiles pour vos étudiants ces simulations offrent-elles ?
Choix des simulations		Est-ce vous ou quelqu'un d'autres qui a choisi les simulations en réalité virtuelle sur ordinateur que vous avez explorées?
Évaluation des simulations		Quels sont les éléments importants qui vous ont guidé dans l'évaluation et le choix des simulations en réalité virtuelle sur ordinateur que vous avez identifiées comme potentiellement intéressantes pour vos cours ?
Caractéristiques des simulations		Quels sont les éléments importants des simulations en réalité virtuelle sur ordinateur qui vous ont été proposées qui vous ont amené à les considérer comme potentiellement intéressantes pour vos cours ?
Utilité des simulations		Lorsque vous avez essayé les ou exploré les simulations en réalité virtuelle sur ordinateur, comment celles-ci vous ont-elles semblé utiles pour votre enseignement?
Facilité d'utilisation		Dans quelle mesure avez-vous trouvé les simulations en réalité virtuelle sur ordinateur faciles à utiliser pour votre enseignement? Quels sont les aspects qui vous ont semblé plus difficiles?

Annexe 3 : Grilles d'entrevue

Entrevue initiale disciplinaire enseignants (groupe)

Titre de la recherche : Intégration de scénarios de réalité virtuelle en sciences au postsecondaire

Chercheurs : Bruno Poellhuber (Université de Montréal)
Christine Marquis (Cégep de Saint-Jérôme)

Collaborateur : Sébastien Wall-Lacelle (Cégep de Saint-Jérôme)

Votre participation à cette recherche consiste, entre autres, à participer à une entrevue de groupe disciplinaire qui portera sur l'exploration des simulations de réalité virtuelle sur ordinateur que vous avez faite. Cette participation devrait vous demander environ 45 minutes.

Je vous demande votre autorisation pour enregistrer cette entrevue. Je vous demande de répondre aux questions au meilleur de votre connaissance. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Je vous rappelle que tous les renseignements que vous fournirez demeureront entièrement confidentiels.

Pour la première question, vous êtes invités à répondre à tour de rôle.

1. Qu'est-ce qui vous a amené à souhaiter explorer les simulations en réalité virtuelle ?
(Développement professionnel)

Pour les questions suivantes, vous invitons à prendre la parole lorsque vous le désirez en favorisant les interactions de groupe. Ne soyez pas gênés d'émettre vos opinions même si elles sont différentes des autres. Vous pouvez utiliser le clavardage.

L'expérience d'une simulation de réalité virtuelle sur ordinateur

(expérience utilisateur - qualités fonctionnelles : capacités à atteindre un but : utilité, utilisabilité, non-fonctionnelles : autres caract. aspects esthétiques, symboliques et motivationnels et réactions émotionnelles)

2. Prenez un moment pour réfléchir à la première simulation Labster que vous avez exploré... Pouvez-vous me donner par écrit dans le clavardage les quelques mots-clés qui résument le mieux votre **expérience** ? (animation de la discussion à partir de ces 3 mots-clés - qu'ont été vos premières impressions générales par rapport à cette première expérience et avec les simulation(s) que vous avez explorée(s) par la suite) ?
Pour alimenter la discussion si nécessaire : *Utilité (en lien avec les buts), utilisabilité, efficacité, aspects esthétiques, aspects motivationnels, réactions émotionnelles...*
3. Était-ce la **première fois** que vous utilisiez ces simulations ? Des simulations en RV ?

Les possibilités pédagogiques offertes par les simulations en réalité virtuelle

(Concepts : *utilité, genèse instrumentale, schèmes d'utilisation*)

1. En quelques mots-clé dans le clavardage, svp résumez moi de ce que vous pensez du **potentiel pédagogique** des simulations labster pour votre ou vos cours ?
 - a. animation de la discussion à partir de ces 3 mots-clés *Utilité*
 - b. *Parlez-moi davantage de l'utilité des simulations dans vos cours? (TAM) Dans quelle mesure sont-elles utiles ? En quoi précisément ?*
 - c. Croyez-vous que la ou les simulation(s) choisie(s) peuvent prendre en compte (ou résoudre) certaines **difficultés** connues vécues par les étudiants? Si oui, lesquelles et comment?
 - d. Dans quelle mesure les **formes de représentations** utilisées sont-elles appropriées pour votre ou vos cours ?
 - e. *Pour alimenter la discussion si nécessaire : qu'est ce que cela permet aux étudiants de faire, intérêt, motivation, apprentissage, compréhension, difficultés adressées ...*
2. Autres **avantages** ? Dans le clavardage, indiquez les mots-clé
3. **Désavantages ou obstacles** en quelques mots-clé (2 à 4)

Les facteurs qui influencent l'intention d'adopter la technologie

(Concepts : *TAM, facilité d'utilisation perçue, utilité perçue, autres facteurs influençant l'adoption ? (TAM2 et 3)*)

1. Dans quelle mesure trouvez-vous les simulations faciles ou difficiles à utiliser pour vos étudiants? (*TAM*)
 - Sur le volet technologique ?
 - Dans quelle mesure le niveau de difficulté des simulations est-il approprié pour votre ou vos cours ?

Questions individuelles de clôture (*adoption*)

1. Qu'est-ce qui a guidé dans le **choix des simulations** que vous avez retenues dans votre cours?
2. Comment pensez-vous **utiliser** (ou avez-vous utilisé) la (ou les) simulation(s) choisie(s) dans votre cours?

Entrevue de suivi enseignants (individuelle)

À la suite de votre participation au projet de recherche cette session, nous vous rencontrons aujourd'hui afin de faire un retour sur votre expérience. Cette entrevue se déroulera en quatre parties. Dans un premier temps, nous discuterons de votre scénario pédagogique et nous vous poserons quelques questions à son sujet. Par la suite, nous regarderons ensemble les résultats du questionnaire que vos étudiants ont rempli. Nous discuterons ensuite de pistes d'améliorations pour finalement recueillir vos perceptions sur votre expérience.

Introduction

0. Parlez-moi du contexte dans lequel s'inscrivait votre expérimentation avec la réalité virtuelle (programme, cours, étudiants, ...).

Première partie - Perceptions sur l'activité

1. 2^e participation : Pourquoi avez-vous décidé de continuer à utiliser les simulations labster ?

2. Pouvez-vous nous décrire pas à pas le déroulement de votre scénario pédagogique (avant, pendant et après la simulation, vous pouvez le faire en nous partageant les documents utilisés pour la préparation de votre scénario ou votre environnement numérique d'apprentissage) ?

Accepteriez-vous de nous partager, si vous l'avez rempli, le gabarit que vous avez utilisé pour concevoir ce scénario, acceptez-vous de le partager avec les autres participants au projet de recherche, ou plus largement encore?)

Avez-vous présenté l'utilisation de la simulation d'une quelconque façon ?

Qu'avez-vous préparé comment matériel complémentaire à la simulation et comment l'avez-vous conçu?

Y avait-il des évaluations formatives/sommatives rattachées à votre scénario d'apprentissage ?

Est-ce que les objectifs des activités ont été présentés aux étudiants ?

3. 2^e participation : Quels sont les changements que vous avez apportés à vos scénarios d'utilisation depuis le dernier trimestre ?

4. Quels moyens avez-vous pris pour vous préparer à l'élaboration de votre scénario? Avez-vous collaboré avec des collègues lors de la conception et de l'utilisation de votre scénario pédagogique ?

5. Selon vous, comment vos étudiants ont-ils apprécié l'expérience?

6. À quel point pensez-vous que votre scénario pédagogique (intégrant la RV) a eu des effets sur la motivation, l'engagement ou l'apprentissage des étudiants?

Avez-vous posé des actions pour tenter de stimuler la participation des étudiants ?
Lesquelles?

7. Selon vous, quels étaient les principaux points forts de votre scénario pédagogique ? (par CP)
8. Quels seraient les principaux aspects à améliorer si vous aviez à le présenter à nouveau ? (par CP)

Deuxième partie - Analyse des réponses étudiantes

Discussion avec l'enseignant et le conseiller pédagogique sur les résultats des questionnaires étudiant.

9. Comment vous situez-vous par rapport à l'utilisation de simulation de réalité virtuelle ?

Avez-vous l'intention de refaire l'utilisation d'une simulation ?

On arrête ici si l'intention est de ne pas continuer. On investigate les raisons pour lesquelles la personne décide de ne plus utiliser la RV.

Troisième partie - pistes d'amélioration

10. Suite à notre discussion, après avoir pris connaissance des résultats des questionnaires et entrevues, quels éléments de votre scénario pédagogique souhaiteriez-vous améliorer si c'était à refaire ?

Quatrième partie - Perceptions sur cette approche pédagogique

11. Dans quelle mesure vous êtes-vous senti à l'aise avec le scénario impliquant la simulation ?

Qu'est-ce que vous avez le plus apprécié et qu'avez-vous le moins apprécié ?

12. À quel point votre expérimentation avec la réalité virtuelle vous a conduit à modifier vos pratiques d'enseignement? Qu'est-ce qui a motivé ces changements ?

13. Avez-vous des choses à apprendre pour mieux utiliser les simulations en RV (en maximiser les bénéfices pédagogiques) ? Si oui, quoi et comment ?

Entrevue de groupe avec les étudiants

Je vous remercie tout d'abord d'avoir accepté de participer à cette entrevue de groupe qui portera la simulation en réalité virtuelle sur ordinateur que vous avez faite dans votre cours. Cette participation devrait vous demander environ 45 minutes.

Je vous demande votre autorisation pour enregistrer cette entrevue. Je vous demande de répondre aux questions au meilleur de votre connaissance. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Je vous rappelle que tous les renseignements que vous fournirez demeureront entièrement confidentiels.

Formulaire de consentement - consentement

Dans une entrevue de groupe telle que celle-ci, vous êtes invités à prendre la parole lorsque vous le désirez en favorisant les interactions de groupe. Ne soyez pas gênés d'émettre vos opinions même si elles sont différentes des autres. Vous pouvez utiliser le clavardage pour manifester votre approbation face aux idées émises par d'autres personnes, ou encore votre désaccord.

Thème : Expérience utilisateur

Avant de débiter, j'aimerais que vous preniez un moment pour tenter de vous rappeler le cours où vous avez utilisé la simulation, ce que vous avez fait, comment vous vous êtes sentis.

1. Pouvez-vous écrire, dans le clavardage, quelques mots clé qui résument le mieux votre expérience en général lors de votre première expérience avec une simulation Labster ?

Animer en fonction des réponses dans le clavardage.

Questions optionnelles :

Qu'est-ce que vous retenez de votre expérience ?

Qu'est-ce que vous avez apprécié le plus ?

Comment les activités entourant la simulation ont-elles contribué ?

2. Pouvez-vous décrire comment s'est déroulé étape par étape, les activités d'apprentissage du cours où vous avez réalisé la dernière simulation que vous avez faite, en incluant les activités en lien avec celle-ci ayant eu lieu avant ou après. Suggestions afin d'améliorer le scénario pédagogique du prof

Thèmes : Valeur, utilité et auto-efficacité

3. Reprenons à nouveau la formule des mots clé. Pouvez-vous maintenant me résumer en quelques mots clé ce que vous pensez de la manière dont la simulation vous proposait d'aborder la matière, les contenus à apprendre (Vos impressions par rapport à la manière dont matière présentée dans la simulation et quels en sont les effets sur vous, sur vos apprentissages)

Animer en fonction des réponses dans le clavardage, faire des liens avec la question précédente si pertinent.

Questions optionnelles :

Quels aspects du cours avec la simulation vous ont le plus contribué selon vous à votre apprentissage ?

Croyez-vous que la simulation a permis de vous intéresser davantage à la matière qu'un cours normal ? D'être plus engagé(e) ? D'être plus motivé ? (À utiliser pour rephraser les propos, si la discussion va dans ce sens). Selon vous, quels aspects de la simulation ou des activités

4. Si vous comparez l'utilisation de la simulation à un cours plus habituel, que voyez-vous comme avantages au cours que vous avez suivi avec la simulation ?

Questions optionnelles :

Si vous aviez à passer un examen sur la matière vue pendant la simulation, seriez-vous confiant de bien performer ?

5. Y a-t-il des aspects que vous avez moins aimé dans la simulation ou les activités s'y rattachant ? Indiquez-les en mots clé dans le clavardage.

Animer en fonction des réponses.

Questions optionnelles :

Voyez-vous des moyens qu'un enseignant pourrait prendre pour améliorer ces aspects ?

Thèmes : Facilité d'utilisation

6. Dans quelle mesure avez-vous trouvé la simulation facile ou difficile à utiliser ?

Sur le volet technologique ?

Le niveau de la matière qui était présentée vous semblait-il approprié ?

Annexe 4 : Outils d'accompagnement

Grille d'évaluation des simulations en RV (feuille Excel) :

<https://monurl.ca/grillevasimul>



Gabarit de scénarisation pédagogique (feuille Excel)

<https://monurl.ca/grilleplanscenrv>



Description des phases d'un scénario

Description des phases composant le scénario pédagogique intégrant la simulation en réalité virtuelle

Prebriefing (facultatif)	
Activité(s) préparatoire(s)	Donner une idée générale aux étudiants de l'activité qui suivra et de l'intention associée à cette activité. Par exemple : vidéo à visionner, lecture préparatoire, activité d'activation des connaissances. Ce pourrait être aussi un test diagnostique fait par l'outil quiz sur Moodle. Les activités préparatoires peuvent être réalisées individuellement ou en équipes.
Briefing : Vise à donner les informations afin d'optimiser le déroulement du scénario	
Familiarisation des apprenant avec l'équipement, le matériel	Faire faire le parcours d'initiation de Labster, l'expliquer ou utiliser la capsule vidéo préparée par l'équipe de recherche (hyperlien). Si vous utilisez la réalité virtuelle immersive (avec casques), il faut prévoir une initiation plus longue et vous assurer de bien donner les consignes de sécurité (cf document intitulé RV17NoticeCasquesRV). Les apprenants devront alors se familiariser avec l'environnement 360 du casque et la manipulation de la télécommande. Si vous utilisez la réalité augmentée, cette partie est aussi très importante.
Présentation des objectifs	En lien avec la leçon, voir les objectifs proposés par Labster. Ces objectifs sont intégrés au module importé de Labster. Vous pouvez les traduire si souhaité ou encore rédiger vos propres objectifs d'apprentissage.
Présentation du déroulement de la séance	Donner les informations en lien avec le scénario pédagogique et la simulation. Présenter les activités étape par étape. Si vous voulez attirer l'attention des étudiants sur un aspect particulier durant la simulation, c'est le moment.
Mise en place d'un climat de confiance (place pour l'erreur, par exemple) afin de créer un climat propice à l'apprentissage	Expliquer aux étudiants que le but est d'explorer, d'essayer et de faire de son mieux. Leur expliquer qu'il est normal (et bénéfique pour l'apprentissage) de faire des erreurs et laisser une place à la créativité et au tâtonnement.
Simulation	
Déroulement de la simulation	
Travail d'équipe selon le cas	Penser à la possibilité d'un pairing des étudiants pour du travail d'équipe ou à l'option de partage d'écran (notamment pour la RV immersive).
Encadrement des étudiants (adaptation du scénario si nécessaire)	Réfléchir à la façon dont les étudiants seront encadrés dans les différentes étapes du scénario.
Debriefing : Vise une réflexion guidée à propos de la simulation réalisée qui aidera l'étudiant dans ses apprentissages	
Phase descriptive : 1) Impressions, émotions ressenties, perceptions des élèves 2) Questions visant à ce que les apprenants verbalisent ce qui s'est passé	Poser des questions en favorisant la participation du maximum d'étudiants. Demeurer très large dans les questions soumises pour permettre l'expression des émotions. Par exemple : Comment la simulation s'est-elle passée? Comment vous sentiez-vous? Ne pas porter de jugement. Chercher à faire ressortir l'expérience que les étudiants ont vécu.

<p>Phase d'analyse : Analyse des raisons derrière les actions correctes et des erreurs commises</p>	<p>En lien avec les objectifs, poser des questions ouvertes. Par exemple, pourquoi avez-vous fait ce choix à ce moment de la simulation? Pourquoi avez-vous fait cette erreur?</p>
<p>Phase de synthèse : Les étudiants font une synthèse de ce qu'ils ont appris et le facilitateur donne feedback</p>	<p>Par exemple, faire écrire un résumé, noté ou non. Dans une classe plus petite, vous pourriez séparer la classe en sous-groupes pour qu'ils réalisent un résumé collaboratif à partir de leurs résumés individuels. Une phase supplémentaire pourrait être la révision du résumé par le professeur.</p> <p>La synthèse pourrait aussi se faire par le biais d'une discussion en sous-groupes et d'une discussion en grand groupe. Des traces écrites seraient idéalement conservées.</p> <p>L'utilisation d'un logiciel de réseau de concepts pourrait être intéressante à cette étape-ci (par exemple C-MAP tools ou MIRO)</p>

Présentation du modèle de Jeffries

Intégration de scénarios de réalité virtuelle en sciences au postsecondaire

Rencontre avec les conseillers pédagogiques
16 octobre 2020

Bruno Poellhuber
Christine Marquis
Sébastien Wall-Lacelle

1

Plan de la rencontre

1. Appropriation du projet

2. Implication des CP

3. Scénarios pédagogiques

4. Calendrier et suites

5. Varia

2

3. Scénarios pédagogiques

3

Un modèle pour la simulation clinique

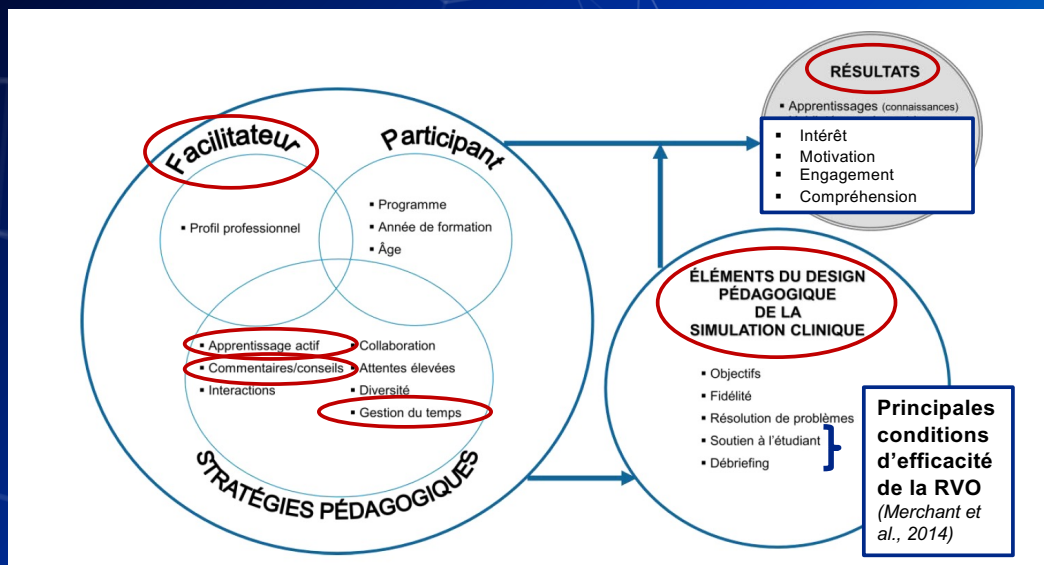


Figure 1 : Le modèle de simulation NLN/Jeffries (2012, adaptation en langue française du NLN-JSF, tirée de Simoneau et Paquette, 2014, p. 16).

4

Le scénario pédagogique



Figure 2 : Les étapes d'une séance de simulation (HAS, 2012)

5

Le briefing et la simulation

- ⊙ L'encadrement par l'enseignant lors d'une simulation est le facteur ayant le plus d'impact sur son succès
 - **Simulation ≠ Leçon. (Merchant et al. 2014)**
 - Balance **entre encadrement et liberté** (Ploetner et al. 2009)
 - Introduction des variables (Lazonder et al. 2009)
 - En sciences, viser **plusieurs types de représentation** (Goldstone et Son, 2005)
 - Susciter les **interactions sociales**
 - Encadrement et support → **Minimiser les difficultés d'utilisation**
 - Principal frein à l'efficacité de la RA (Radu, 2014)
 - Diminuer la surcharge cognitive (Mayer et Moreno, 2003)
 - **Importance d'une pratique initiale en RA et en RVI**

6

Gabarit de scénarisation pédagogique simplifié

Thème: _____	Moment de la séance: _____
Nom/signet du cours: _____	Objectifs de l'activité: _____
Norm simulation: _____	
URL simulation: _____	
Type: _____	

Planification d'un scénario pédagogique						
Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré briefing						
Briefing						
Simulation						
Débriefing Description						
Débriefing Analyse						
Débriefing Synthèse						

Annexe 5 : Scénario pédagogique en biologie

Scénario pédagogique pour la simulation Labster *L'évolution : les théories et les principes fondateurs*
(Lemieux, Benoit, 2021)

Ce scénario est publié sous la licence suivante:



Attribution 4.0 International

Voir le détail de la licence ici : <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Thème: Théorie synthétique de l'évolution

Moment de la séance: 19 et 20 avril 2021 (durée de la leçon : 160 minutes)

Nom/signé du cours: Évolution et diversité du vivant (101-NYA-05)

Objectifs de l'activité: Apprentissage des concepts

Nom simulation: Evolution: Founding theories and principles

URL simulation: https://www.labster.com/faculty_resources/evolution-founding-theories-and-principles/

Type: _____

Planification d'un scénario pédagogique						
Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré briefing	Lecture des objectifs d'apprentissage de la leçon / Visionner 2 capsules sur la théorie synthétique de l'évolution; prendre des notes pendant le visionnement		Individuel	À distance asynchrone	65 min	
Briefing		Accueil des étudiant.e.s; présentation du déroulement de la leçon; RAPPEL du projet Présentation des objectifs de la leçon Introduction : liens avec la simulation	Groupe classe	À distance synchrone	20 min	
Simulation	Réaliser la simulation		Individuel	À distance synchrone	60 min	Formative
Débriefing Description						
Débriefing Analyse						
Débriefing Synthèse	Questionnaire sur OneNote. Chaque équipe répond à quelques questions d'un sous-ensemble qui reviennent sur les éléments clés de la simulation Répondre au questionnaire de recherche	Retour sur les réponses du questionnaire et sur les notions Résumé des principes de la théorie de l'évolution : animation (Campbell)	Équipe	À distance synchrone	30 min	Formative
					45 min 15 min 10 min	

Exercice – Évolution d'une population de canidés primitifs

Dans la simulation Labster « Évolution : théorie et principes fondamentaux » (*Evolution : Founding theories and principles*), vous avez suivi l'évolution d'une population (colonie) fictive de canidés primitifs de 1 750 000 ans avant le présent (AP) jusqu'à aujourd'hui. Bien que 6 canidés étaient visibles sur la table holographique, on peut supposer qu'il s'agit ici de la modélisation d'une population plus nombreuse. Cette population a été soumise à des processus génétiques et à des changements dans l'environnement qui constituent des éléments de la **théorie synthétique de l'évolution**.



Figure 1 Représentation d'une population fictive de canidés primitifs sur la table holographique dans une simulation Labster

À partir de vos connaissances en génétique, en génétique des populations et en évolution, répondez aux questions suivantes de façon à **expliquer en détail** les phénomènes mis en lumière dans la simulation.

Questions à répondre :

1. Malgré leur ressemblance apparente, tous les canidés de la population ancestrale d'il y a 1 750 000 ans sont génétiquement différents. La variété des allèles observés pour le gène 3 sur la figure 2 ci-contre témoigne de cette diversité.

Décrivez en détail les phénomènes à l'origine de cette diversité génétique et expliquez comment ceux-ci entraînent cette diversité au sein de la population de canidés.

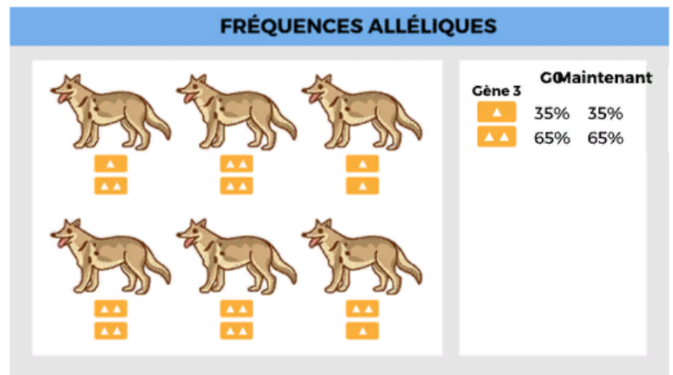


Figure 2 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques du gène 3 dans une population fictive de canidés

2. Un nouvel allèle du gène 5 (■ sur la figure 3) est apparu dans la population fictive de canidés il y a 1 250 000 ans. Dans la simulation, on qualifie ce changement de « neutre ».

Expliquez comment cet allèle est apparu et comment il s'est propagé jusqu'à avoir une fréquence de 1 % dans la population de canidés.

Proposez une hypothèse expliquant pourquoi ce changement chez quelques canidés soit « neutre ».

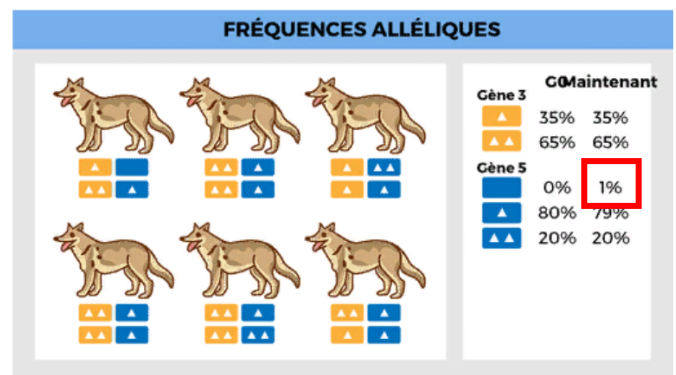


Figure 3 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3 et 5 dans une population fictive de canidés

3. Entre 1 250 000 ans et 750 000 ans avant le présent, le nouvel allèle du gène 5 (■) est disparu du patrimoine génétique de la population de canidés.

Expliquez comment cet allèle est disparu de la population (sa fréquence allélique a diminué à 0 %).

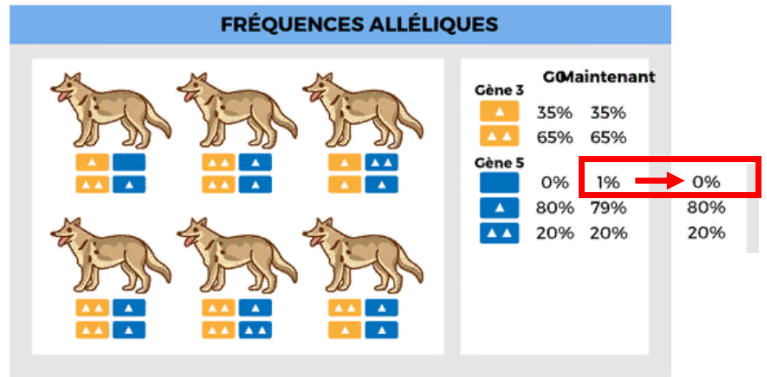


Figure 4 Variation de la fréquence des allèles du gène 5 entre 1 250 000 ans et 750 000 ans avant le présent

4. Un nouvel allèle du gène 9 (■ sur la figure 5) est apparu dans la population fictive de canidés il y a 750 000 ans.

Expliquez comment cet allèle est apparu et comment il s'est propagé jusqu'à avoir une fréquence de 10 % dans la population de canidés.

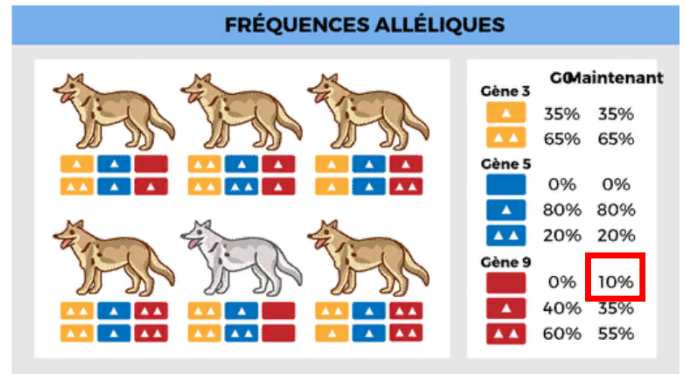


Figure 5 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3, 5 et 9 dans une population fictive de canidés

5. 750 000 ans avant le présent, les canidés gris, homozygotes pour le nouvel allèle du gène 9 (■), sont disparus de la population originale. Par ailleurs, on a retrouvé des canidés gris sur un nouveau territoire.

Expliquez comment ces loups gris homozygotes sont disparus, ce qui a fait baisser la fréquence du nouvel allèle du gène 9 dans la population originale de canidés.

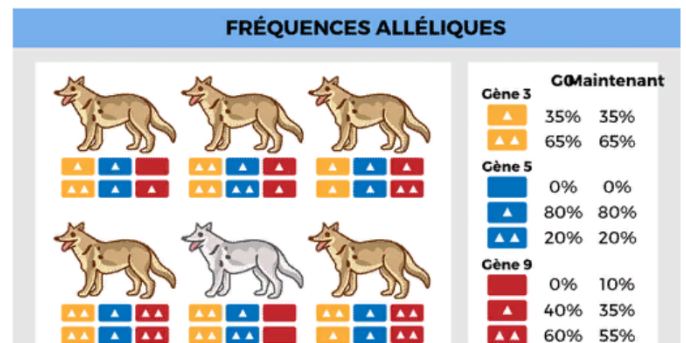


Figure 6 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3, 5 et 9 dans une population fictive de canidés

6. 16 000 ans avant le présent, on remarque que la fréquence du nouvel allèle du gène 9 (■) a drastiquement augmenté dans la population de canidés ayant colonisé un nouveau territoire enneigé.

Comment expliquez-vous ce changement ?

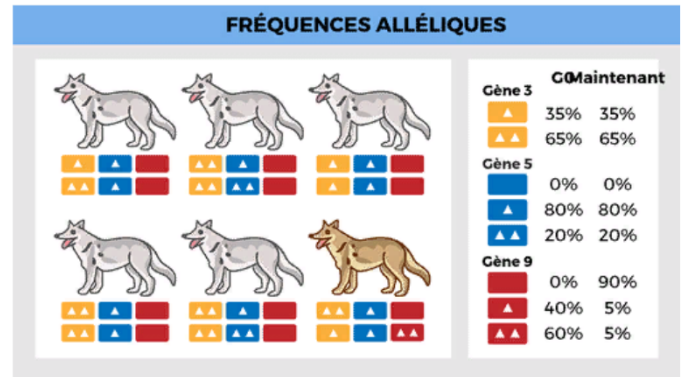


Figure 7 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3, 5 et 9 dans une population fictive de canidés

7. Quel facteur de déviation des fréquences alléliques n'est pas mis en relief dans cette simulation ? En quoi consiste ce facteur ?

Exercice – Évolution d'une population de canidés primitifs **CORRIGÉ**

Dans la simulation Labster « Évolution : théorie et principes fondamentaux » (*Evolution : Founding theories and principles*), vous avez suivi l'évolution d'une population (colonie) fictive de canidés primitifs de 1 750 000 ans avant le présent (AP) jusqu'à aujourd'hui. Bien que 6 canidés étaient visibles sur la table holographique, on peut supposer qu'il s'agit ici de la modélisation d'une population plus nombreuse. Cette population a été soumise à des processus génétiques et à des changements dans l'environnement qui constituent des éléments de la **théorie synthétique de l'évolution**.



Figure 8 Représentation d'une population fictive de canidés primitifs sur la table holographique dans une simulation Labster

À partir de vos connaissances en génétique, en génétique des populations et en évolution, répondez aux questions suivantes de façon à **expliquer en détail** les phénomènes mis en lumière dans la simulation.

Questions à répondre :

8. Malgré leur ressemblance apparente, tous les canidés de la population ancestrale d'il y a 1 750 000 ans sont génétiquement différents. La variété des allèles observés pour le gène 3 sur la figure 2 ci-contre témoigne de cette diversité.

Décrivez en détail les phénomènes à l'origine de cette diversité génétique et expliquez comment ceux-ci entraînent cette diversité au sein de la population de canidés.

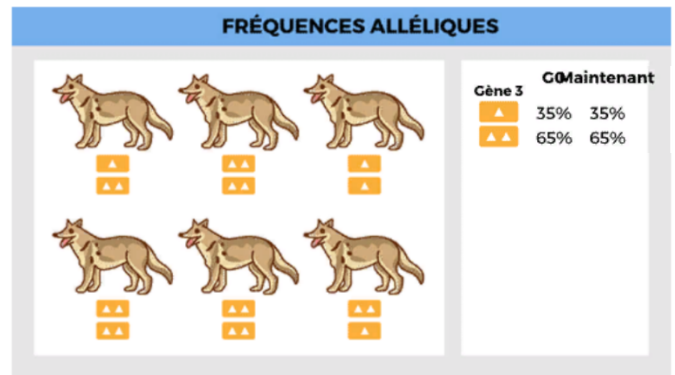


Figure 9 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques du gène 3 dans une population fictive de canidés

Au cours du processus de **méiose** a lieu l'**enjambement** des chromosomes homologues. Il s'agit d'un échange de fragments d'ADN (et des allèles portés par ces fragments) entre les chromatides non-sœurs de chromosomes homologues entraînant un « brassage » (recombinaison) des allèles portés par un chromosome.

Au cours du processus de **méiose** a aussi lieu un **assortiment indépendant** des chromosomes homologues (et des allèles portés par ces chromosomes). Il s'agit d'une répartition au hasard des homologues de chaque paire de chromosomes entre les gamètes produits par méiose.

⇒ Ces deux processus entraînent une **diversité génétique des gamètes** produits au cours de la méiose : en théorie tous les gamètes produits sont génétiquement différents.

De plus, la **reproduction sexuée** implique la **fécondation aléatoire** entre ces divers gamètes mâles et femelles

⇒ Ce processus entraîne une énorme **diversité des génotypes et des phénotypes des organismes** résultant de cette fécondation aléatoire et faisant partie d'une population.

9. Un nouvel allèle du gène 5 (■ sur la figure 3) est apparu dans la population fictive de canidés il y a 1 250 000 ans. Dans la simulation, on qualifie ce changement de « neutre ».

Expliquez comment cet allèle est apparu et comment il s'est propagé jusqu'à avoir une fréquence de 1% dans la population de canidés.

Proposez une hypothèse expliquant pourquoi ce changement chez quelques canidés soit « neutre ».

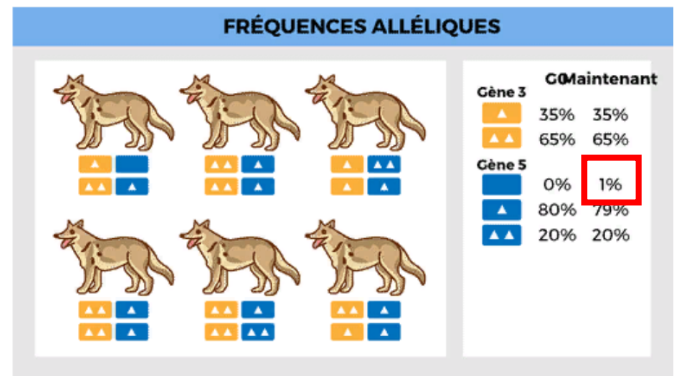


Figure 10 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3 et 5 dans une population fictive de canidés

- L'apparition de ce nouvel allèle provient d'une **mutation** qui a changé la **séquence des nucléotides** d'ADN du **gène 5**. Il s'agit d'un événement rare qui n'a affecté au départ qu'un seul individu de la population de canidés.

Plusieurs phénomènes peuvent expliquer que la mutation soit « neutre » : aucun changement dans le phénotype des canidés n'est observable malgré la mutation. Par exemple :

- *Le nouvel allèle créé par la mutation du gène 5 entraîne l'apparition d'un nouveau phénotype qui n'est pas observable à l'œil nu ou « de l'extérieur ».*
- *La mutation génétique a eu lieu dans un intron du gène 5 et n'affecte donc pas la séquence de l'ARNm ni la séquence d'acides aminés de la protéine. La protéine a la même forme 3D et la même fonction.*
- *La mutation génétique est silencieuse : elle « code » pour le même acide aminé et n'affecte donc pas la séquence d'acides aminés de la protéine. La protéine a la même forme 3D et la même fonction.*

- De plus, comme la fréquence du nouvel allèle est de 1% dans la population de canidés, on peut supposer que la mutation génétique a eu lieu dans une **cellule germinale**. Par le processus de la **méiose**, les **chromosomes** qui portent cette mutation ont été intégrés de manière aléatoire dans des **gamètes** variés. Ainsi, ce trait a pu être transmis dans la population de canidés par l'entremise de la **fécondation** et de la **reproduction sexuée**.

10. Entre 1 250 000 ans et 750 000 ans avant le présent, le nouvel allèle du gène 5 (■) est disparu du patrimoine génétique de la population de canidés.

Expliquez comment cet allèle est disparu de la population (sa fréquence allélique a diminué à 0 %).

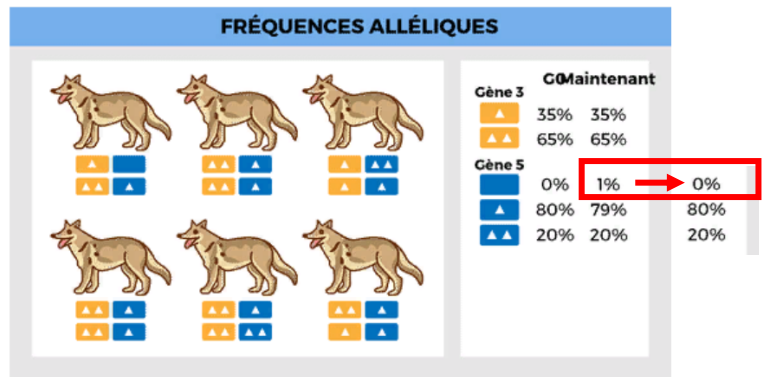


Figure 11 Variation de la fréquence des allèles du gène 5 entre 1 250 000 ans et 750 000 ans avant le présent

La mutation entraînant l'apparition du nouvel allèle du gène 5 s'est produite dans une **petite population** de canidés. L'effet du hasard étant plus présent dans une petite population, il s'est produit une **dérive génétique** : par hasard, les quelques individus portant le nouvel allèle n'ont pas survécu ou ne se sont pas reproduits et n'ont pas transmis cet allèle à leur descendance. En quelques générations, l'allèle a pu disparaître de la population.

11. Un nouvel allèle du gène 9 (■ sur la figure 5) est apparu dans la population fictive de canidés il y a 750 000 ans. Expliquez comment cet allèle est apparu et comment il s'est propagé jusqu'à avoir une fréquence de 10 % dans la population de canidés.

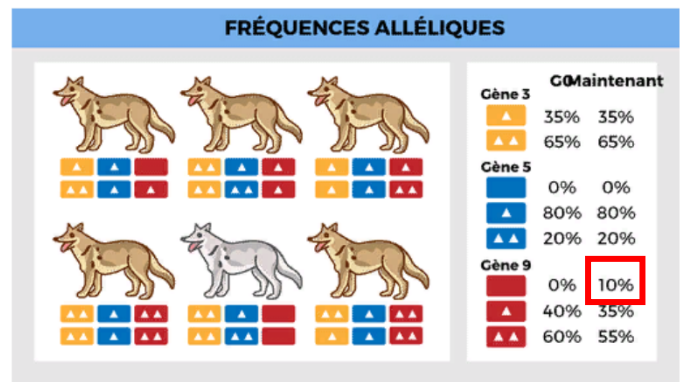


Figure 12 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3, 5 et 9 dans une population fictive de canidés

- L'apparition de ce nouvel allèle provient d'une **mutation** qui a changé la **séquence des nucléotides** d'ADN du **gène 9**. Il s'agit d'un événement rare qui n'a affecté au départ qu'un seul individu de la population de canidés.

Cette mutation est manifestement survenue dans un **exon** d'un gène, ce qui a entraîné la modification de la séquence de l'ARNm transcrit et mûri et un changement de la séquence d'acides aminés de la protéine traduite. La **protéine ayant une forme 3D différente** de la protéine originale, elle était non fonctionnelle, ce qui s'est manifesté par une couleur grise du pelage de certains canidés.

- De plus, comme la fréquence du nouvel allèle est de 10 % dans la population de canidés, on peut supposer que la mutation génétique a eu lieu dans une **cellule germinale**. Par le processus de la **méiose**, les **chromosomes** qui portent cette mutation ont été intégrés de manière aléatoire dans des **gamètes** variés. Ainsi, ce trait a pu être transmis dans la population de canidés par l'entremise de la **fécondation** et de la **reproduction sexuée**.

12. 750 000 ans avant le présent, les canidés gris, homozygotes pour le nouvel allèle du gène 9 (■), sont disparus de la population originale. Par ailleurs, on a retrouvé des canidés gris sur un nouveau territoire.

Expliquez comment ces loups gris homozygotes sont disparus, ce qui a fait baisser la fréquence du nouvel allèle du gène 9 dans la population originale de canidés.

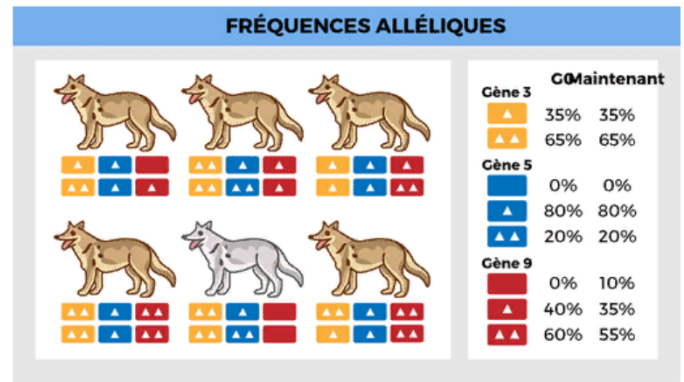


Figure 13 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3, 5 et 9 dans une population fictive de canidés

La mutation entraînant l'apparition du nouvel allèle du gène 9 s'est produite dans une **petite population** de canidés. L'effet du hasard étant plus présent dans une petite population, il s'est produit une **dérive génétique** : par hasard, les quelques individus gris homozygotes pour le nouvel allèle récessif ont quitté la population originale vers un nouveau territoire.

En contrepartie, les quelques canidés gris font partie du contingent qui a fondé une nouvelle population sur un territoire enneigé. Il s'agit d'**effet fondateur** : quelques individus issus d'une population originale forment une nouvelle population. Par hasard, le nouvel allèle du gène 9 conférant le phénotype « fourrure grise » est plus fréquent dans la nouvelle population.

13. 16 000 ans avant le présent, on remarque que la fréquence du nouvel allèle du gène 9 (■) a drastiquement augmenté dans la population de canidés ayant colonisé un nouveau territoire enneigé.

Comment expliquez-vous ce changement ?

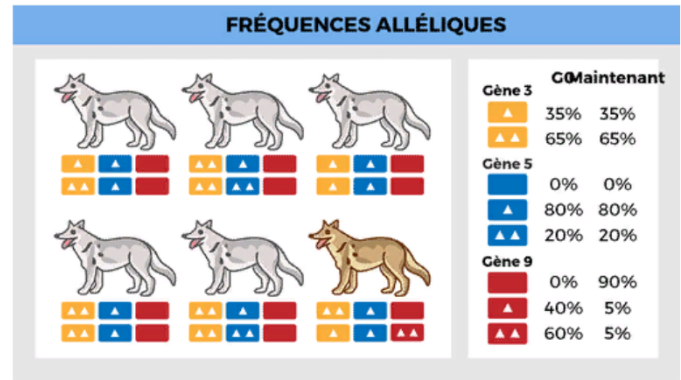


Figure 14 Phénotypes, génotypes et fréquences alléliques des gènes 3, 5 et 9 dans une population fictive de canidés

- La **sélection naturelle** explique ce phénomène. Sur le nouveau territoire enneigé, les canidés gris ont plus de facilité à se camoufler, ce qui augmente l'efficacité avec laquelle ils chassent et se dissimulent de leurs proies.
- Les individus ayant cet allèle ont un avantage au niveau de l'alimentation et de l'obtention de l'énergie puisqu'ils chassent de façon plus efficace. Ainsi, les individus possédant le phénotype « fourrure grise » **survivent plus longtemps**. Ils ont par conséquent, **plus de chance de se reproduire** que d'autres individus de la même population (ou se reproduisent en plus grand nombre). Cet allèle étant **transmis de manière héréditaire**, d'une génération à l'autre, la **fréquence de l'allèle donnant le caractère « fourrure grise » a augmenté dans cette population de canidés**. Ainsi la proportion d'individus ayant ce phénotype a augmenté d'une génération à l'autre. On se retrouve ainsi avec la situation où l'allèle « gris » du gène 9 compte pour 90 % des allèles de ce gène dans le patrimoine génétique de canidés de cette population.

14. Quel facteur de déviation des fréquences alléliques n'est pas mis en relief dans cette simulation ? En quoi consiste ce facteur ?

Le **flux génétique** : échange d'individus (et de leurs allèles) entre des populations existantes, ce qui fait varier les fréquences alléliques des population impliquées.

Annexe 6 : Scénario pédagogique en chimie

Scénario pédagogique pour la simulation Labster *Valence, hybridation et angles de liaison du carbone*
(Dufresne, Stéphane ; Charbonneau, Mathieu, 2022)

Ce scénario est publié sous la licence suivante:



Attribution 4.0 International

Voir le détail de la licence ici : <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Thème: Hybridation	Moment de la séance: Cours de laboratoire, novembre 2022
Nom/signé du cours: Chimie générale: la matière 202-NYA-05	Objectifs de l'activité: Introduction des concepts
Nom simulation: Carbon valence, hybridization and angles	
URL simulation:	
Type:	

Planification d'un scénario pédagogique

Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré briefing	Apporter écouteurs et ordinateur		Groupe classe			
Briefing	Visionner la vidéo de la recherche Se connecter à la simulation	Énoncer le concept d'hybridation Expliquer les difficultés et la rédaction de la feuille de route	Groupe classe	En présentiel	5 min	
Simulation	Les étudiants font la simulation Les étudiants dessinent les orbitales des molécules (feuille de route)	Aider pour la navigation et déboguer Aider les étudiants qui ont plus de difficultés	Équipe	En présentiel	50 min	Formative
Débriefing Description		Recueillir les perceptions des étudiants	Groupe classe	En présentiel	10 min	
Débriefing Analyse						
Débriefing Synthèse	Analyse complète de molécules : identifier angles, hybridation Questionnaire de recherche	Faire le retour sur l'analyse de la molécule et établir les liens avec les autres notions	Équipe	En présentiel	10 min 20 min	Formative

Plan d'activité (pour le professeur)

Pré-briefing

- Énoncer le concept d'hybridation (voiture, vélo, marijuana...)
- Visualiser rapidement les cases quantiques et orbitales d'une molécule simple (ex. BeH_2)
- Prévenir d'une activité spéciale sur ordinateur
- Demander d'amener des ordinateurs portables si possible
- Demander d'amener des écouteurs BOUTON si possible (ou écouteurs + Y-splitter)

Briefing

- Explication rapide de la simulation et du sujet hybridation
- Visionner la vidéo de Bruno tous ensemble
- Explication des difficultés et du moment propice à la rédaction du document
- Se rendre à la simulation tous ensemble

Simulation

- Aider à la navigation et à déboguer, ne pas donner de réponse/explication théorique, c'est une activité « découverte ».
- Remplir la feuille de route, donner quelques indices à ceux qui ont de la difficulté

Débriefing

- Exercice molécule complexe
- Sondage individuel (sur PC ou téléphone)
- En groupe le cours suivant : Retour et correction du document.

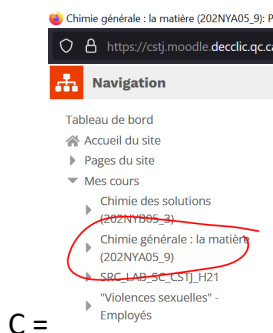
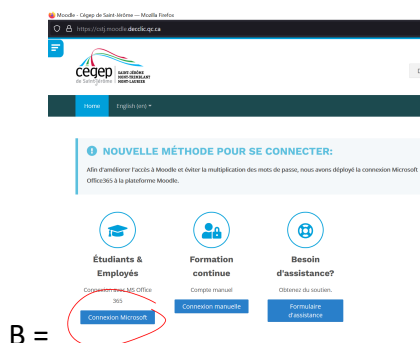
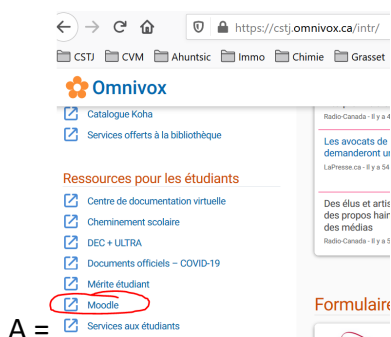
Plan de la séance (à projeter pendant)

Objectif : Découvrir le concept d'hybridation du carbone (sp^3 , sp^2 , sp) avec une simulation Labster
AVANT LA SIMULATION :

1. Allumer l'ordinateur et se rendre sur Omnivox

Vidéo à visionner ensemble (1:31) :

2. Explications en classe
3. La simulation est en anglais, c'est notre seule option pour avoir du contenu intéressant.
4. Accéder à la simulation tous ensemble



D =



5. La simulation devrait démarrer en 2 minutes environ avec un long arrêt à 24%.

PENDANT LA SIMULATION :

6. Explorer et apprendre tout en remplissant le document.
7. Les molécules éthane, propène et propyne arrivent vers 50% de complétion.
8. Tourner les molécules avec les flèches pour bien placer les atomes.

APRÈS :

9. Compléter le sondage immédiatement après pour que ce soit frais dans votre mémoire :

- NB. Je ne peux pas vous obliger à consentir à quoi que ce soit, mais répondre au sondage de façon anonyme ne vous engage en rien.

10. En groupe le cours suivant : Retour et correction du document.

Simulation Labster sur l'hybridation

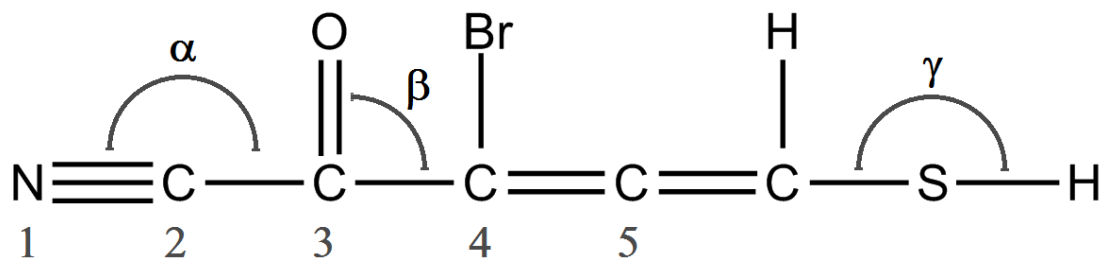
Remplir le tableau suivant au cours de la simulation :

Molécule	C ₂ H ₆ (éthane)	CH ₂ CHCH ₃ (propène)	CHCCH ₃ (propyne)
Structure de Lewis			
RPEV pour le premier carbone (Dessinez et nommez la structure)			
Angles de liaison du premier carbone			
Hybridation du premier carbone			

<p>Cases quantiques du premier carbone à l'état fondamental, excité et hybridé (le 2^e C est identique)</p>			
<p>Représentation 3D avec orbitales hybridées pour les deux premiers carbones</p>			

Exercice après la simulation

Ajoutez les doublets libres sur la molécule suivante pour que la règle de l'octet soit respectée et répondez aux questions suivantes par la suite:



- Donner le type d'hybridation de N #1 : _____
- Donner le type d'hybridation de C #3 : _____
- Donner le type d'hybridation de C #4 : _____
- Donner le type d'hybridation de Br : _____
- Donner le type d'hybridation de C #5 : _____

- Donner la valeur de l'angle α : _____
- Donner la valeur de l'angle β : _____
- Donner la valeur de l'angle γ : _____

- Donner le nombre de liaisons σ au total : _____
- Donner le nombre de liaisons π au total : _____

Annexe 7 : Scénario pédagogique en chimie

Scénario pédagogique pour la simulation Labster *Initiation à la réactivité organique*

(Viens, Frédérick, 2021)

Ce scénario est publié sous la licence suivante:



Attribution 4.0 International

Voir le détail de la licence ici : <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Thème: Introduction à la réactivité chimique

Moment de la séance: Décembre 2021

Nom/signet du cours: Chimie organique 1 (202-GNF)

Objectifs de l'activité: Apprentissage des concepts

Nom simulation: Organic Chemistry Reactivity Rules : Time to react!

URL simulation:

Type:

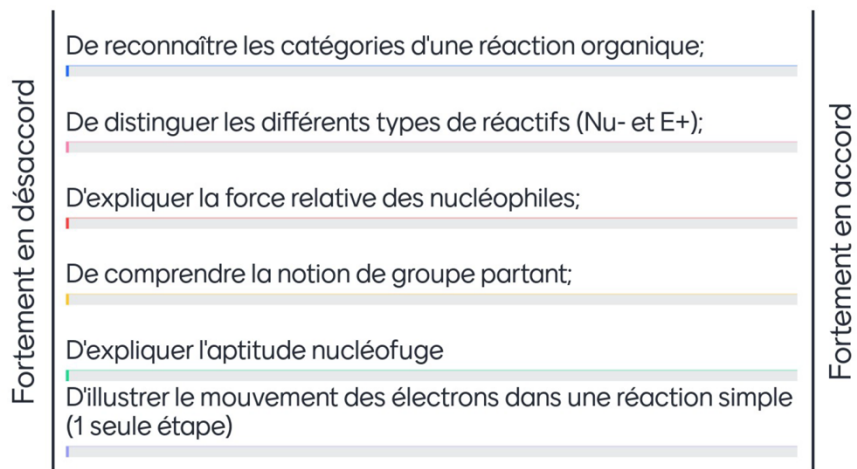
Planification d'un scénario pédagogique

Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré briefing	Lecture préparatoire et vidéo à visionner sur les connaissances (section 4,1, 4,2, 4,5 et 4,6)		Individuellement	À distance asynchrone		
Briefing	Formulaire menti à compléter	Retour sur les objectifs de (présentés dans le Sway) et faire un lien avec les étapes de la mission.	Groupe classe	En présentiel	5 min	
Simulation	Réalisent la simulation Répondent aux questions supplémentaires dans leur cahier de notes	Réponse aux questions	Individuellement Équipe	En présentiel	5 - 10 min 40 min	Formative
Débriefing Description	Formulaire menti à compléter	Administrer le menti	Individuel	En présentiel	5- 10 min	
Débriefing Analyse	Noter les réponses aux questions supplémentaires et noter les informations manquantes	Retour sur les réponses obtenues/conclusion Discussion sur les notions (Nu, E+, GP, Flèche, Types de réactions) Faire lien avec sim.	Groupe classe	En présentiel	20 min	
Débriefing Synthèse	Exercices questionnaire Forms	Répondre aux questions (au besoin)	Individuel	En présentiel	15 min	Formative

Questionnaire Menti sur les perceptions – avant la simulation

Avant la simulation, je pense être en mesure...

Mentimeter



Questions supplémentaires sur la simulation et sur la première partie - chapitre 4 Introduction à la réactivité organique

Veillez répondre aux questions directement dans votre cahier de notes.

1. Classez en ordre croissant les liaisons suivantes selon leur polarité.
C-O, C-H, C-N, O-H, N-H
2. Dans une carte de potentiel électrostatique (illustration d'un nuage électronique) que signifie une zone rouge? Que signifie une zone bleue?
3. Que signifient les termes nucléophiles et électrophiles?
4. Quels sont les facteurs (3) qui augmentent la nucléophilie d'une espèce? Expliquez-en une dans le détail. (**Laissez environ 4 lignes entre la question 4 et la question 5**).
5. Quel est le facteur à considérer pour expliquer la force d'un groupe partant? Quel est le moyen rapide à utiliser pour évaluer sa force?
6. Comment peut-on trouver le site électrophile sur un composé? Comment peut-on trouver le site nucléophile sur un composé?
7. Pourquoi faut-il briser un lien lorsqu'une liaison se forme sur un atome de carbone hybridé sp^3 ?
8. Associez les définitions suivantes avec le bon type de réaction.

Type de réaction : Substitution, Élimination, Addition et Réarrangement.

Définition :

- a. Ajout d'atome(s) sur le site réactif d'un substrat.
- b. Perte d'atome(s) sur le site réactif d'un substrat.
- c. Remplacement d'un atome ou d'un groupe d'atomes par un nouvel atome ou groupe d'atomes sur le site réactif du substrat.
- d. Modification des liens et des atomes dans le substrat sans qu'il y ait de perte ou de gain en atome.

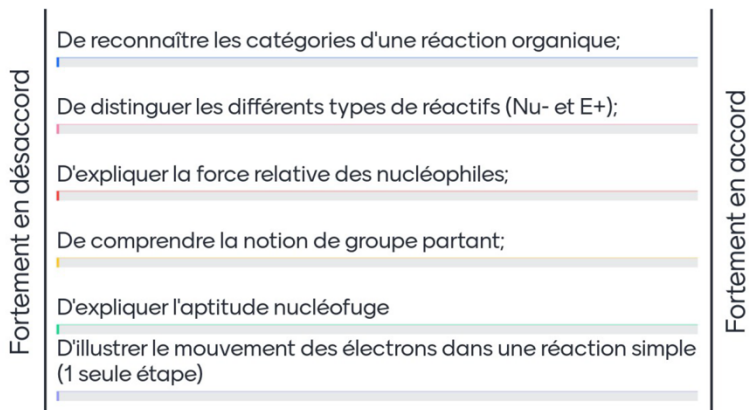
Questions supplémentaires sur le chapitre 4

9. Classez les réactions d'oxydation et de réduction parmi les 4 grands types de réactions en chimie organique (voir question 8).
10. Comparer les termes nucléophile et base. Quelles sont les similitudes et les différences entre ces deux termes?
11. Comment fait-on pour reconnaître un nucléophile et un électrophile?

Questionnaire Menti sur les perceptions – après la simulation

Après la simulation, je suis maintenant en mesure...

Mentimeter



Annexe 8 : Scénario pédagogique en physique

La conservation de l'énergie (Wall-Lacelle, Sébastien; Morissette, Éric et Lafrance, Noémie, 2022)

Ce scénario est publié sous la licence suivante:



Attribution 4.0 International

Voir le détail de la licence ici : <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Simulation d'introduction à la conservation de l'énergie

Structure du scénario pédagogique

Étape 1 : Activation des connaissances antérieures et pré-test (5 minutes)

Dans cette étape, l'enseignant demande aux étudiants de prendre 5 minutes pour répondre à la question suivante. Il est important de mentionner aux étudiants que leur réponse à cette question n'est pas évaluée dans le cadre du cours, et qu'ils sont invités à y aller au meilleur de leur connaissance.

Considérons que vous tenez une balle dans votre main, à une certaine hauteur par rapport au sol. Tracez un graphique qui représente le plus précisément possible, sans valeur numérique, l'évolution de l'énergie potentielle, de l'énergie cinétique et de l'énergie mécanique de la balle entre le moment où elle est lâchée et le moment tout juste avant de toucher le sol. Puis, expliquez votre graphique en quelques phrases dans un court paragraphe à côté de celui-ci.

Les étudiants sont invités à numériser leur réponse et à déposer celle-ci en version électronique dans une zone de remise sur Léa. En aucun temps l'enseignant doit-il dire aux étudiants qu'ils auront à répéter cette tâche après la simulation.

Étape 2 : Présentation de la simulation et des consignes (10 minutes)

Lors de cette étape, l'enseignant présente les consignes pour la simulation au groupe. Étant donné que les étudiants ont déjà travaillé avec Labster au cours de la session, cette partie peut être relativement courte et l'enseignant peut inviter les étudiants à sauter le tutoriel au début de la simulation afin de gagner du temps.

L'enseignant présente aussi le document que les étudiants auront à remplir. Il les invite à être conscients des endroits où arrêter de progresser dans la simulation afin de répondre aux questions dans le document. Il les invite aussi à gérer efficacement leur temps, en étant clair sur le temps dont ils disposent. Il explique le fonctionnement par équipe, où un seul document collaboratif est rempli pour chaque équipe. Il peut être intéressant que la personne qui « projette » la simulation sur Teams soit aussi celle qui remplit le document, afin de minimiser la perte de temps entre les partages d'écran. L'enseignant invite aussi les étudiants à garder en tête la question à laquelle ils ont répondu au début de l'activité pendant qu'ils font la simulation. L'enseignant sépare ensuite les étudiants en « break-out rooms » de 3 à 5 étudiants.

Étape 3 : Simulation (35 minutes)

Les étudiants effectuent la simulation en répondant aux questions pour chaque partie. Le document est partagé à travers une plateforme infonuagique (OneDrive, Google Drive...) pour laquelle l'enseignant fournit l'accès à l'équipe. Ainsi, l'enseignant peut facilement avoir accès à la progression des étudiants afin de gérer le temps et intervenir si nécessaire. Le document est présenté aux pages suivantes. À la fin du temps ou lorsque toutes les équipes ont terminé, l'enseignant ramène l'ensemble des étudiants dans la salle principale.

Étape 4 : Debriefing 1 (10 minutes)

Lorsque les étudiants ne sont plus en « break-out rooms » l'enseignant leur demande à nouveau de répondre à la question posée à l'étape 1 et ce, sur une nouvelle feuille. Il les invite notamment à repenser à ce qu'ils ont appris lors de la simulation et à tenter d'utiliser le bon vocabulaire dans leur justification. Les étudiants numérisent à nouveau leur réponse et déposent celles-ci dans une zone de remise distincte de la première.

Étape 5 : Debriefing 2 (10 minutes)

L'enseignant interroge finalement les étudiants sur la question posée à l'étape 4 et en présente la solution, en justifiant celle-ci. Il invite aussi étudiants à partager leurs réponses à certaines des questions qui étaient à remplir dans le document collaboratif selon ce qu'il juge pertinent.

Étape 6 : Questionnaire (20 minutes incluant la pause)

L'enseignant ou un chercheur invité à prendre la parole explique rapidement la recherche et ce qu'implique la participation des étudiants (ou projette le court vidéo) et les invite à remplir le questionnaire pendant une pause de 15 minutes.

Lien à partager aux étudiants pour le questionnaire : <http://ls.sondages.umontreal.ca/797983?lang=fr>

Document de consignes et de travail collaboratif

Accueil de la simulation

Étant donné que nous avons déjà travaillé avec Labster plus tôt cette session, vous pouvez sauter le tutoriel proposé à la deuxième étape.

Début de la simulation – comptoir du manège

Afin de pouvoir avancer dans la simulation, vous devez prendre la pièce de monnaie qui vous est tendue par l'enfant et lui remettre un paquet de billets. Non, ce ne sera pas à l'examen 😊

À partir de ce moment, et à tout point pendant la simulation, vous pouvez consulter la section « Theory » du Labpad afin de mieux comprendre les termes utilisés.

Table d'étude des unités (Progrès = 28%)

Notez dans l'espace ci-dessous les unités obtenues pour les deux énergies à cette table. Sachant qu'on peut écrire $1 N = 1 kg \cdot m/s^2$, exprimez ci-dessous les unités que vous avez obtenues, qui correspondent à 1 Joule (J), de façon simplifiée à l'aide des Newton. A-t-on déjà vu une quantité qui a ces unités?

Inscrivez votre réponse ici

Montage de montagnes russes (Progrès = ~30%)

Notez que dans cette section, vous ne pouvez avoir qu'un seul chariot sur les rails. Si vous souhaitez utiliser un chariot différent, vous devez préalablement retirer celui que vous utilisiez.

À 35%, lorsque vous serez appelés à effectuer un calcul, vous pouvez passer le curseur de la souris sur le début du rail afin d'avoir sa hauteur et la masse du chariot.

À 44%, vous aurez vu un premier exemple de conservation de l'énergie. Dans l'espace ci-dessous, écrivez algébriquement l'égalité entre les équations représentant les deux types d'énergie. Retenez cette équation, elle vous sera utile plus tard.

Inscrivez votre réponse ici

À 46%, après avoir observé plusieurs combinaisons de hauteur et de masse de chariot, une question qui contient une subtilité vous sera posée.

En observant l'équation que vous avez obtenue à la question précédente, il y a-t-il une variable qui se simplifie dans cette équation? Laquelle?

Inscrivez votre réponse ici

Sachant cela, de quelle variable unique la vitesse au bas du rail dépend-elle? Inscrivez votre réponse ici

Continuez la simulation jusqu'à 58%.

À 58%, un nouveau terme est introduit, l'énergie mécanique. Selon l'équation qui vous est présentée, à quoi cette énergie correspond-elle?

Inscrivez votre réponse ici

À 69% de progrès, une question nécessite une manipulation algébrique vous sera posée. Sans avoir à présenter vos calculs dans ce document, prenez un instant pour effectuer le calcul sur une feuille de papier avant de répondre à la question.

Aux alentours de 70%, vous mesurerez une vitesse sur le rail. Celle-ci devrait être différente de ce que vous avez calculé précédemment. Pouvez-vous expliquer d'où vient cette différence? Notez que vous pouvez passer votre souris sur le rail pour obtenir des valeurs numériques.

Inscrivez votre réponse ici

À partir d'ici, il ne vous reste qu'à terminer la simulation!

Annexe 9 : Présentation AQPC 2023 et communication ISLS

Présentation AQPC 2023/Numérique2022

Réalité virtuelle en sciences: engagement étudiant et développement professionnel enseignant

Présenté par:

Sébastien Wall-Lacelle, Cégep de Saint-Jérôme, Canada
Bruno Poellhuber, Université de Montréal, Canada
Christine Marquis, Cégep de Saint-Jérôme, Canada

Normand Roy, Université de Montréal, Canada
Audrey Groleau, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

Projet financé par le programme Actions concertées sur le numérique en éducation du FRQSC
(Fonds de recherche québécois Société et culture)

Colloque 2023 de l'AQPC, 7 juin 2023



1

01

Problématiques dans l'enseignement:

2

Les problématiques en sciences

Malgré l'**importance capitale** de l'enseignement des sciences, l'intérêt, la motivation et l'engagement des étudiants à leur sujet semble **diminuer de façon marquée**. (Potvin et Hasni, 2014)

Au niveau académique, deux constats sont évoqués pour expliquer ce phénomène:

- 1) Les concepts sont de plus en plus **abstraits**, sans être **contextualisés**. (Barmby et al., 2008)
- 2) Les méthodes d'enseignements demeurent largement **magistrocentrées**. (Rosenfield et al., 2005)

Les simulations en réalité virtuelle possèdent le **potentiel** de remédier à ces constats, mais leur efficacité est tributaire du **scénario pédagogique** les entourant. (Merchant et al., 2014)

3



Objectif principal de la recherche

Explorer le **potentiel pédagogique et didactique de scénarios intégrant des simulations en réalité virtuelle** pour l'apprentissage des sciences au postsecondaire

Réalité virtuelle sur ordinateur
(RVO)



Réalité virtuelle immersive
(RVI)



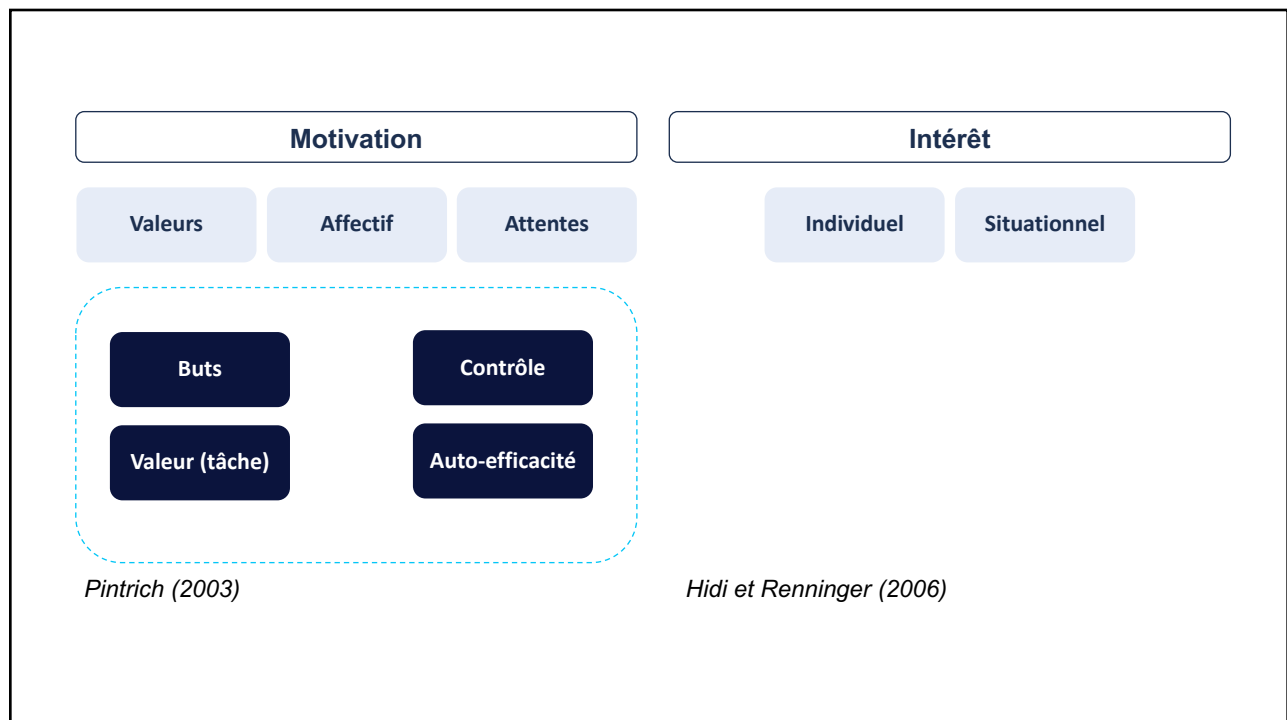
Niveau d'immersion

4

02

Cadres conceptuels

5



6

L'engagement



Cognitif



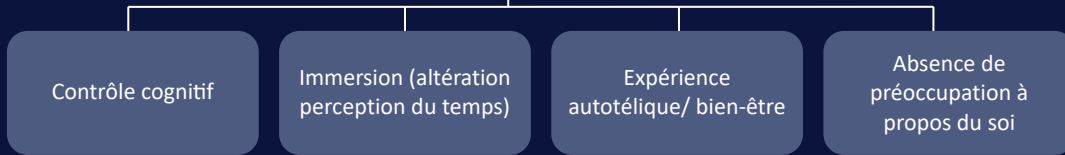
Comportemental



Affectif

Fredricks et al. (2004)

État de flow (Eduflow)

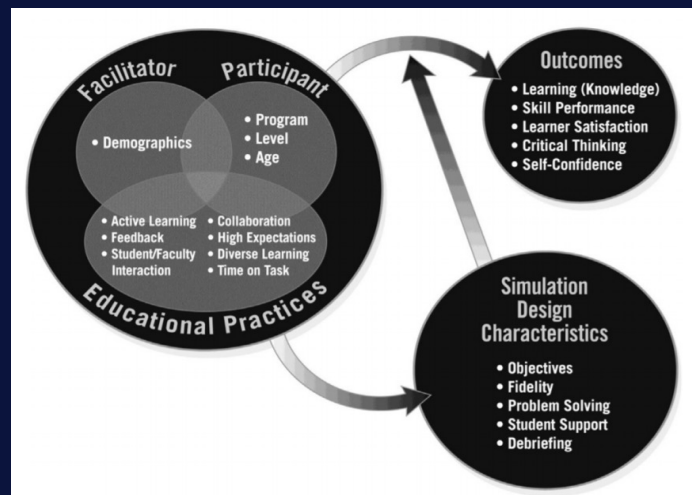


Heutte et al. (2016)

7

Le scénario pédagogique

Le **scénario pédagogique**, défini comme « l'orchestration d'un ensemble d'activités d'apprentissage auxquelles s'ajoutent, d'une part, la description des ressources utiles à leur réalisation et, d'autre part, les productions de l'apprenant qui en découlent » (Hotte, 2007, p. 7), est le principal déterminant de l'efficacité d'une simulation en réalité virtuelle.



Le modèle de simulation NLN/Jeffries (2012)

8

Thème: _____	Moment de la séance: _____
Nom/sigle du cours: _____	Objectifs de l'activité: _____
Nom simulation: _____	
URL simulation: _____	
Type: _____	

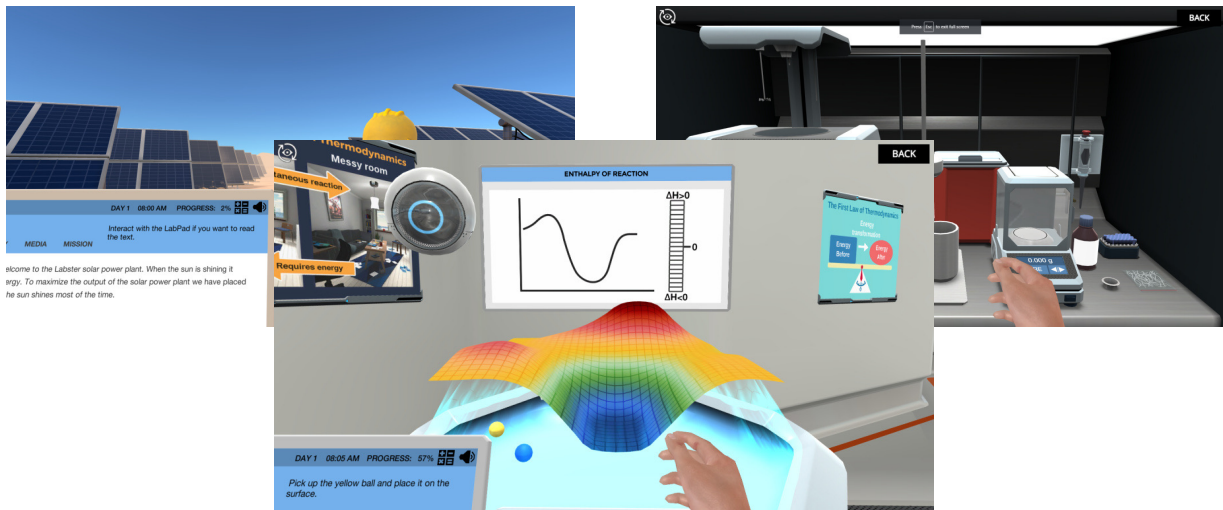
Planification d'un scénario pédagogique						
Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré briefing						
Briefing						
Simulation						
Débriefing Description						
Débriefing Analyse						
Débriefing Synthèse						

9

03 Méthodologie

10

Les simulations en réalité virtuelle sur ordinateur de Labster



Simulations contextualisées et ludiques de la compagnie Labster en biologie, chimie et physique.

11

Exploration et choix des simulations suivie d'une **entrevue de groupe disciplinaire**

Accompagnement des enseignants pour l'élaboration des scénarios

Élaboration d'un scénario pédagogique

Expérimentation en classe ou groupe réduit

Analyse et présentation des données

Collecte de données auprès des enseignants et des étudiants

Entrevue de suivi



Questionnaire étudiants

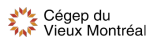
Entrevue de groupe étudiants

Design-based research

12

Participants et collecte de données

Étudiants 		
Questionnaires		
Itération 1: 1041	Itération 2: 841	Itération 3: 919
Individual and group interviews (one interview / class)		
Itération 1 : 17	Itération 2: 7	Itération 3: 1
Enseignants 		
Entrevues individuelles		
Itération 1: 26	Itération 2: 23	Itération 3: 13



13

Analyse des données



Étudiants

Questionnaires : 22 échelles, statistiques descriptives, ANOVA, régression multiniveau
 Entrevues : Analyse de contenu, accord inter-juge > 75%



Enseignants

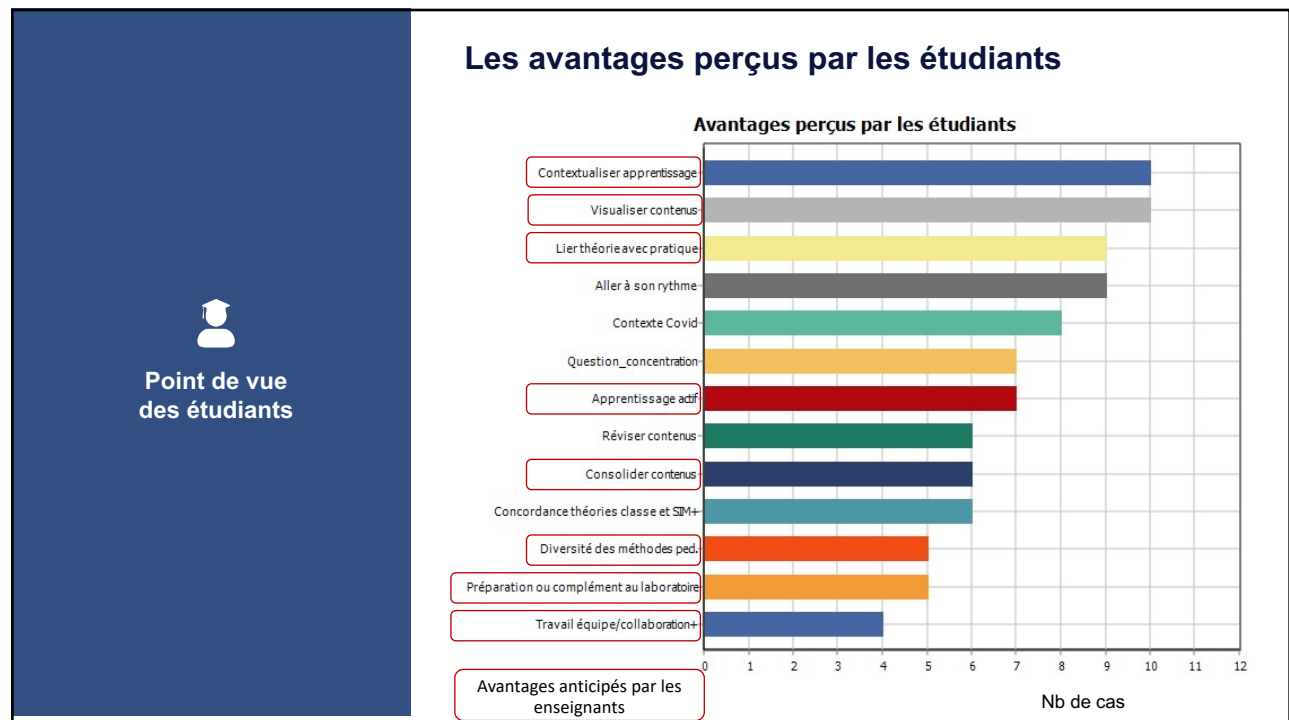
Questionnaires : Statistiques descriptives, analyse typologique + ANOVA
 Entrevues de groupe: Analyse de contenu, accord inter-juge > 75%
 Entrevues de suivi: Scénarios pédagogiques analysés sur 11 points

14

Résultats clés – expérience vécue

Alors que l'expérience des enseignants est surtout marquée par les avantages pédagogiques observés (utilité), celle des étudiants est surtout marquée par des aspects affectifs (plaisant, engageant, motivant, ludique) ainsi que l'aide à l'apprentissage.

17



18

Avantages pédagogiques perçus par les étudiants

Contextualiser l'apprentissage

Étudiant de Johanne

C'est vraiment ça, c'est que ça permet de **vraiment faire un lien entre avec la vie** [...] moi ça m'a permis de vraiment faire un **lien avec la matière** et de **comprendre mieux** certains termes et certaines choses.

Visualiser les contenus

Étudiant de Samuel

On avait fait une simulation pour les formes 3D des molécules. Ça c'est apprendre à **quoi ressemble quelque chose qu'on peut pas voir à part se l'imaginer**. [...] Et dans cette simulation-là, on pouvait directement **interagir** avec aussi. Ça, ça rentre directement avec intuitif. C'est **beaucoup plus intuitif** que de dessiner sur papier de quoi ça a l'air quand on n'a pas tous des talents de dessin en 3D.

19

Avantages pédagogiques perçus par les étudiants

Lier théorie avec pratique

Étudiant d'Éric

Normalement quand on fait des laboratoires en physique justement, sur le moment on est plus focussé à faire la tâche puis à rentrer les données puis à vraiment comme... c'est vraiment comme au niveau pratique. Puis là, **on pouvait plus focaliser sur le niveau théorique et la compréhension**.

Aller à son rythme (et apprentissage actif)

Étudiant de Justine

C'est **plaisant parce tu fais toi-même**... c'est toi même qui fait les choses, **qui va à ton rythme**, qui fait les manipulations, qui apprend la matière. Puis t'as du contrôle sur la simulation au lieu de **juste suivre le rythme du prof**.

20

Résultats clés – avantages pédagogiques perçus

Pour les étudiants, les avantages les plus importants sont la contextualisation des apprentissages, la visualisation des contenus, les liens entre théorie et pratique, et assez loin derrière, la diversification des méthodes pédagogiques.

Pour les enseignants, les principaux avantages perçus sont la diversification des méthodes pédagogiques et la facilitation de l'apprentissage actif suivis de la visualisation et la consolidation.

21

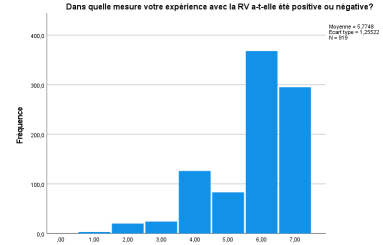
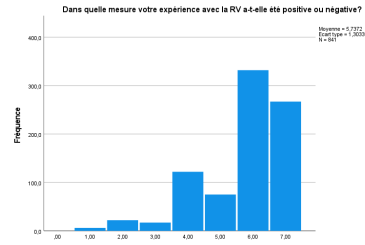
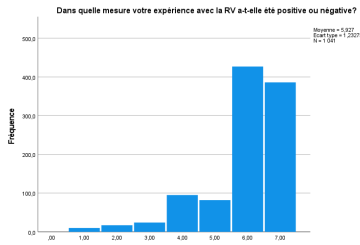
04.2 Résultats – Effets sur les étudiants

22

Les simulations en RV : Une pratique appréciée des étudiants

Dans quelle mesure votre expérience avec la réalité virtuelle a-t-elle été négative (1) ou positive (7) ?

Dimension	Itération 1		Itération 2		Itération 3		Max. Éch.
	N	Moyenne Écart-type	N	Moyenne Écart-type	N	Moyenne Écart-type	
Perception positive ou négative	1041	5,93 1,233	841	5,74 1,303	919	5,77 1,255	7



23

Des résultats positifs, tant sur le plan affectif que sur le plan de l'utilité

Dimension	Itération			
	1	2	3	
Flow - Contrôle cognitif	5,34	5,24	5,31	} Flow
Flow - Absence de préoccupation	4,78	5,49	5,68	
Flow - Immersion et altération temps	4,92	4,82	4,68	
Flow - Bien-être et exp. autotélique	4,53	4,34	4,25	
Intérêt situationnel déclenché	4,98	4,88	4,73	} Échelles affectives
Intérêt situationnel maintenu	5,55	5,37	5,37	
Engagement affectif	5,26	5,04	4,94	
Valeur affective (sur 5)	3,68	3,74	3,63	
Perception de plaisir	5,44	5,23	5,10	
Perception d'apprentissage	5,45	5,29	5,35	} Échelles utilitaires
Perception d'utilité et de pertinence	5,07	4,88	4,88	
Valeur utilitaire (sur 5)	3,40	3,51	3,51	
Engagement comportemental	4,61	4,67	4,47	

24

Les simulations en RV : Des effets souhaitables sur l'intérêt

Les simulations en RV semblent effacer les différences d'intérêt entre les disciplines...

Dimension	Biologie			Chimie			Physique		
	N	Moyenne	Écart-type	N	Moyenne	Écart-type	N	Moyenne	Écart-type
Intérêt personnel	1489	5,33***	1,298	623	4,67	1,425	277	4,70	1,396
Intérêt situationnel déclenché	1572	4,82	1,382	672	4,96	1,392	284	4,88	1,370

*** p < 0,001

...et susciter un intérêt supérieur chez les étudiants.

Dimension	Biologie			Chimie			Physique		
	N	Moyenne	Écart-type	N	Moyenne	Écart-type	N	Moyenne	Écart-type
Intérêt personnel	1473	5,34	1,296	612	4,68	1,417	272	4,68	1,399
Intérêt situationnel maintenu	1473	5,56***	1,113	612	5,28***	1,270	272	5,33***	1,058

*** p < 0,001

25

Deux ordres d'enseignement

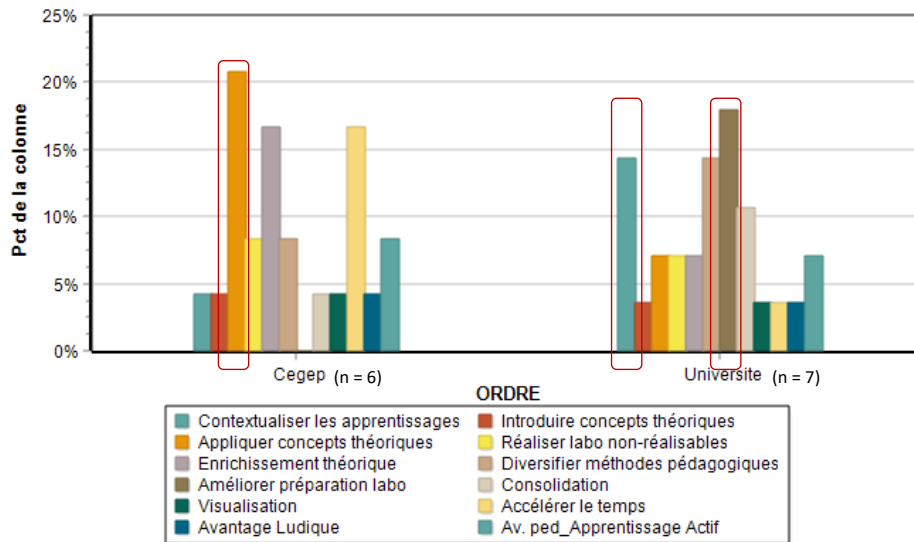
Deux réalités différentes

Dimension	Itération 1		Itération 2	
	Université	Cégep	Université	Cégep
Flow - Absence préoccupation	5,92***	5,62***	5,77***	5,36***
Auto-efficacité - RV	5,45	5,52	5,33	5,44
Flow - Contrôle cognitif	5,29	5,42	5,14	5,3
Perception d'apprentissage	5,47	5,42	5,24	5,32
Intérêt situationnel déclenché	4,78***	5,22***	4,49***	5,09***
Intérêt situationnel maintenu	5,58	5,53	5,27	5,43
Engagement affectif	5,11***	5,46***	4,76***	5,18***
Valeur affective (échelle /5)	3,49***	3,91***	3,44***	3,90***
Perception de plaisir	5,31***	5,63***	4,91***	5,40***
Utilité et pertinence	5,05	5,11	4,82	4,92
Valeur utilitaire (échelle /5)	3,28***	3,54***	3,37**	3,58**
Engagement comportemental	4,37***	4,90***	4,09***	4,96***

* p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

26

En biologie, des enseignants provenant de deux ordres différents



27

Résultats clés – Effets sur les étudiants

Les enseignants peuvent mobiliser le potentiel de contextualisation des apprentissages et de visualisation des phénomènes des simulations existantes en RVO afin de susciter un intérêt accru.

Les occasions sont rares en sciences d'engager les étudiants sur le plan affectif et d'accroître leur intérêt, même si celui-ci est élevé. Les enseignants peuvent utiliser la RVO pour cela

Les enseignants peuvent mobiliser le potentiel de la RV pour intéresser les étudiants et les engager sur le plan affectif tout en leur offrant une expérience d'apprentissage ludique

La RVO favorise l'engagement des étudiants, en agissant particulièrement sur l'intérêt situationnel, ainsi que sur d'autres variables affectives (engagement affectif, plaisir, intérêt)

28

04.3

Résultats – Scénarisation pédagogique

29



Activité de scénarisation
pédagogique

À votre tour!

Thème de la simulation (fictive) : **Sensibilisation aux enjeux climatiques**

Étapes principales :

- L'étudiant est plongé dans un **centre de surveillance des feux de forêts** où il constate leur **augmentation d'année en année**.
- Étant chargé d'étudier les causes de cette augmentation, il est amené avec les **concepts scientifiques en jeu** : effet de serre, changements climatiques, impact sur la biodiversité, etc...
- À travers la simulation, il est appelé à **interagir** avec des **représentations** des concepts en jeu et à répondre à des **questions** sur ceux-ci.

Consignes :

- En équipe, créez un scénario pédagogique autour de la simulation en **utilisant le gabarit de scénarisation**
- Contexte : groupe de collégial de **25 à 35 étudiants**.
- Niveau de la simulation de base : le but est **d'introduire de nouveaux concepts**.
- L'activité en classe peut être d'une durée **d'une à deux heures**.

30



Analyse des scénarios pédagogiques

Phases du scénario pédagogique

Prébriefing

- Phase ayant lieu dans les jours ou heures précédant la simulation.
- Vise une introduction à la simulation : vidéo à visionner sur le thème ou sur l'utilisation de la simulation, activité d'activation des connaissances, etc.

Briefing

- Phase ayant lieu immédiatement avant la simulation
- Vise principalement à orienter l'étudiant.e dans la simulation : instructions techniques, présentation des objectifs pédagogiques, mise en place d'un climat de confiance.

Débriefing (description)

- Phase ayant lieu après la simulation.
- Vise à recueillir et à permettre à l'étudiant.e d'exprimer ses perceptions par rapport à la simulation, tant pédagogiques qu'affectives.

Débriefing (analyse et synthèse)

- Analyse des actions effectuées (correctes ou erronées) dans la simulation
- Synthèse des contenus de la simulations et rétroaction par l'enseignant.e.

31

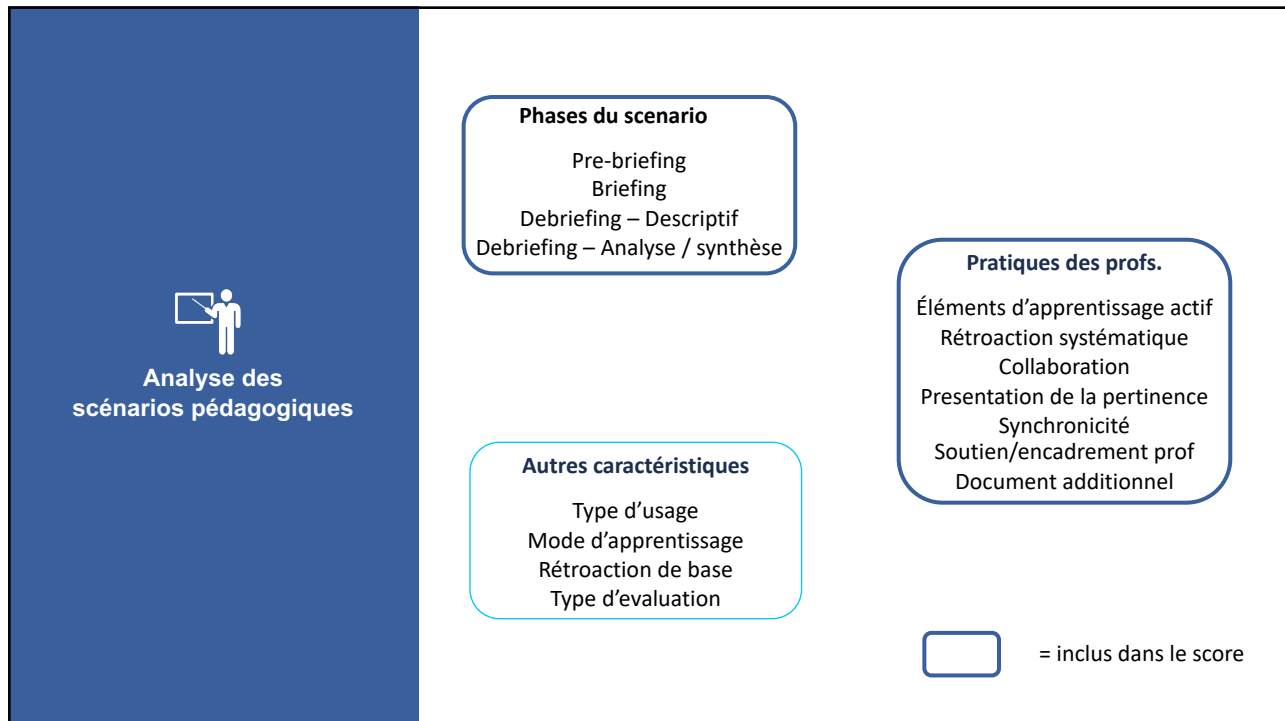


Analyse des scénarios pédagogiques

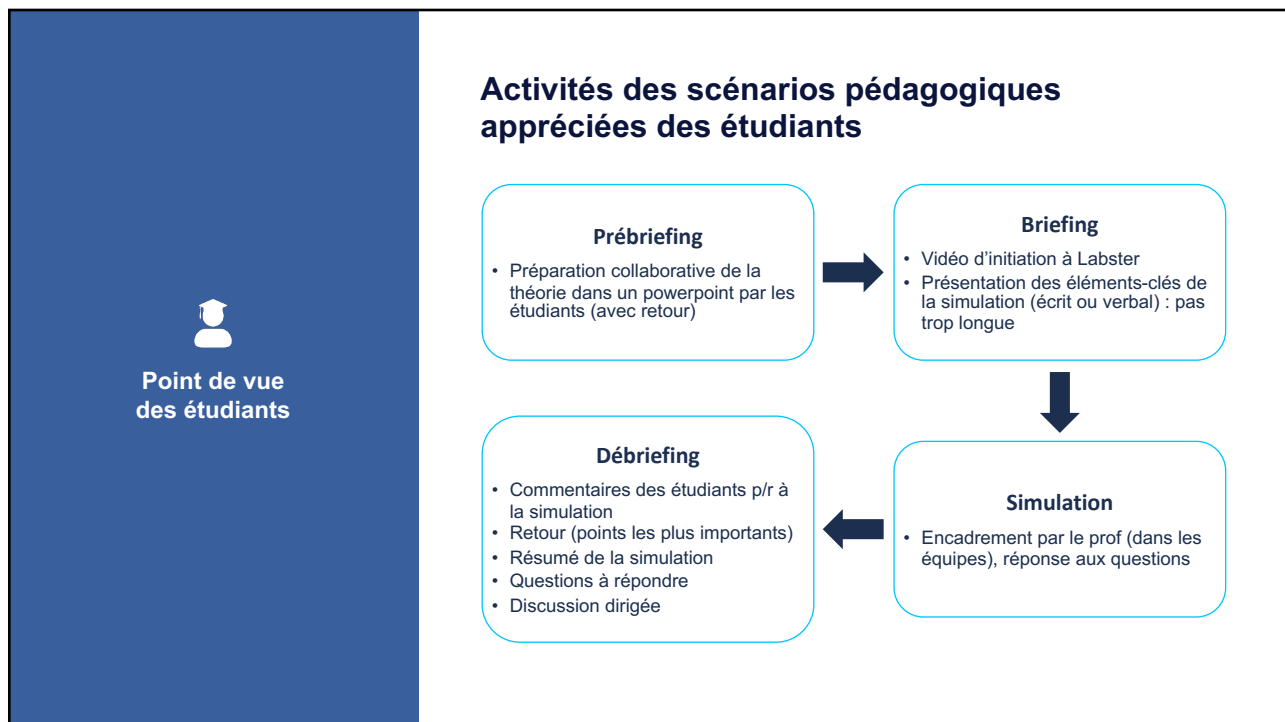
Pratiques enseignantes

- Éléments d'apprentissage actif
- Rétroaction systématique
- Collaboration entre les étudiants
- Présentation de la pertinence de la simulation
- Synchronicité
- Soutient et encadrement de la part de l'enseignant.e
- Documentation supplémentaire

32



33



34



Point de vue des étudiants

Activités des scénarios pédagogiques moins appréciées des étudiants

Avant la simulation

- Manque d'instructions préalables
- Mieux donner les instructions préalables (courtes et claires)
- Manque d'activité préalable

Durant la simulation

- Manque d'encadrement
- Peu d'interactions et certains étudiants passifs à distance

Après la simulation

- Débriefing à améliorer
- Pas de retour sur la simulation ou retour léger
- Écriture des résumés (arrêts dans la sim te sortent de l'immersion)

35

04.1

Résultats – Scénarios pédagogiques – Perceptions des étudiants

36

Point de vue des étudiants

Activités des scénarios pédagogiques appréciées des étudiants

Prébriefing

- Préparation collaborative de la théorie dans un powerpoint par les étudiants (avec retour)

37

Point de vue des étudiants

Activités des scénarios pédagogiques appréciées des étudiants

Prébriefing

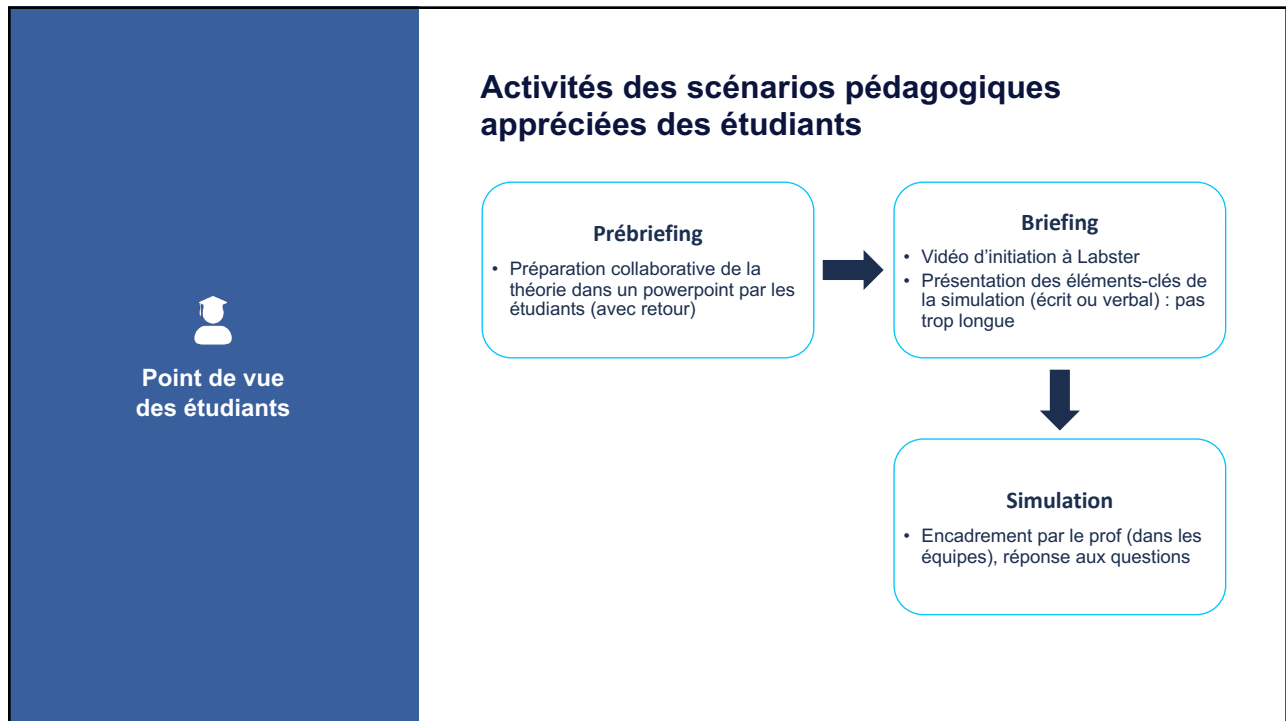
- Préparation collaborative de la théorie dans un powerpoint par les étudiants (avec retour)

➔

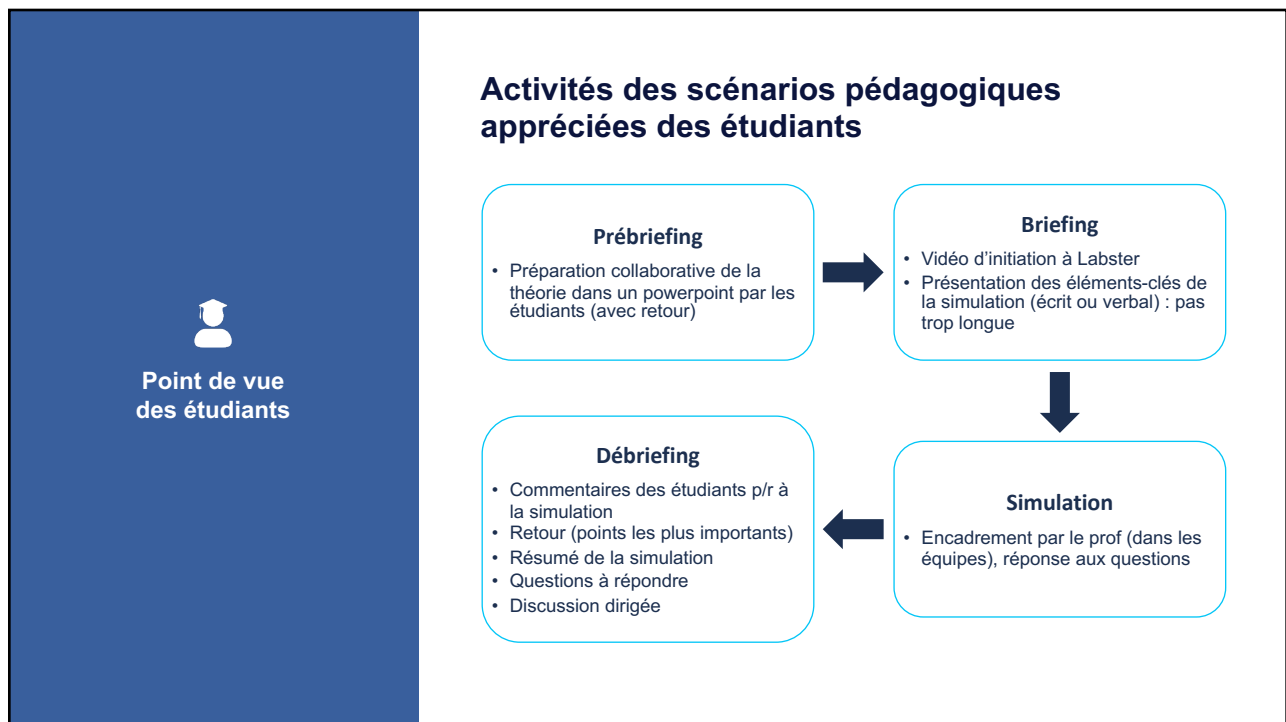
Briefing

- Vidéo d'initiation à Labster
- Présentation des éléments-clés de la simulation (écrit ou verbal) : pas trop longue

38



39



40



Point de vue
des étudiants

Activités des scénarios pédagogiques moins appréciées des étudiants

Avant la simulation

- Manque d'instructions préalables
- Mieux donner les instructions préalables (courtes et claires)
- Manque d'activité préalable

41



Point de vue
des étudiants

Activités des scénarios pédagogiques moins appréciées des étudiants

Avant la simulation

- Manque d'instructions préalables
- Mieux donner les instructions préalables (courtes et claires)
- Manque d'activité préalable

Durant la simulation

- Manque d'encadrement
- Peu d'interactions et certains étudiants passifs à distance

42



Point de vue des étudiants

Activités des scénarios pédagogiques moins appréciées des étudiants

Avant la simulation

- Manque d'instructions préalables
- Mieux donner les instructions préalables (courtes et claires)
- Manque d'activité préalable

Durant la simulation

- Manque d'encadrement
- Peu d'interactions et certains étudiants passifs à distance

Après la simulation

- Débriefing à améliorer
- Pas de retour sur la simulation ou retour léger
- Écriture des résumés (arrêts dans la sim te sortent de l'immersion)

43

Améliorations à apporter aux scénarios pédagogiques selon les étudiants

(Étudiant de Annie)

C'est sûr que ça aurait vraiment été bien si, par exemple, on aurait pu poser des questions à notre enseignante qui était vraiment plus à l'aise avec ça. Donc je pense que c'est pertinent si on peut vraiment avoir des réponses à nos questions.

44

Améliorations à apporter aux scénarios pédagogiques selon les étudiants

(Étudiant de Patrice)

Je pense que ça serait le fun qu'il y ait un travail après pour être sûr qu'on a bien visualisé, bien compris vraiment le principe.

45

Améliorations à apporter aux scénarios pédagogiques selon les étudiants

(Étudiant de Samuel)

C'est sûr que le travail d'équipe... moi, j'avais l'écran puis je partageais mon écran sauf que je savais pas si les autres avaient eu le temps de lire ce qui était marqué ou s'il fallait qu'on attende.

46

Un lien clair entre le scénario pédagogique et l'engagement comportemental



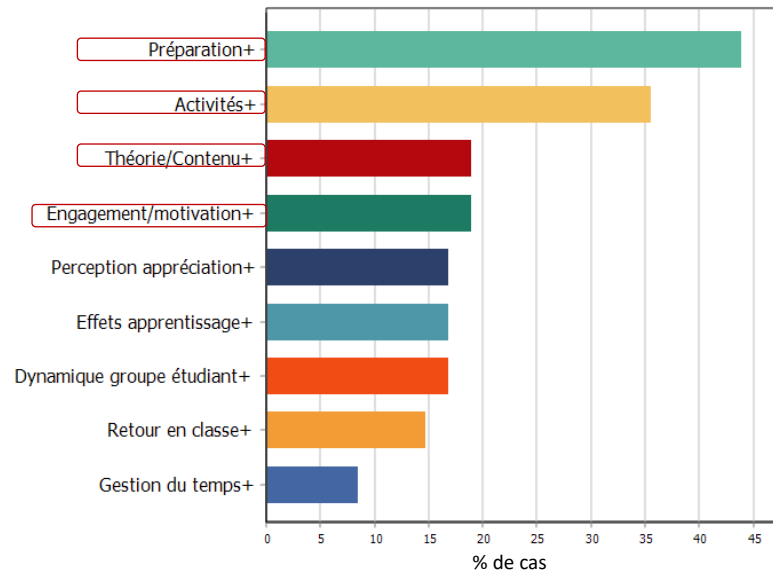
47

04.2

Résultats – Scénarios pédagogiques – Perceptions des enseignants

48

Les forces des scénarios pédagogiques selon les enseignants



49

Les forces des scénarios pédagogiques selon les enseignants

Préparation +

La préparation. Les préparations et directives claires. Ils savaient où est-ce qu'ils s'en allaient. Ils savaient que j'allais être là s'ils avaient besoin d'aide. Mais ils ne se lançaient pas dans l'inconnu. (Justine)

Activité +

Je pense que le pré-test/post-test que j'ai fait [...] C'est la première fois en fait, je pense, que je faisais ça dans mes cours et j'ai vraiment apprécié.[...] Je pense que ça leur permettait un petit peu de voir, et puis même moi, en tant que prof, bien ça me permettait un petit peu de comparer le niveau de mes étudiants quand ils arrivent dans le cours [...] puis de voir qu'est-ce que la simulation a permis de leur apporter. (Samuel)

50

Les forces des scénarios pédagogiques selon les enseignants

Théorie / contenus +

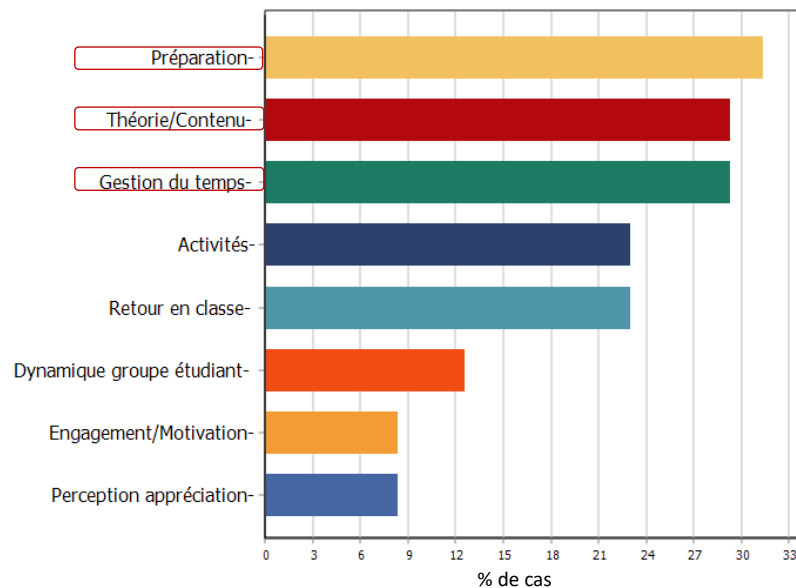
C'était des choses qu'on avait vues ensemble pendant la théorie aussi, donc c'était tous des concepts théoriques qui étaient utilisés puis mis ensemble, donc c'était pas séparé. Je pense que ça aussi c'était bien. » (Annie)

Engagement / motivation +

Je vais être bien honnête, je pense que j'ai réussi à les convaincre, de la façon dont j'ai abordé les choses, de participer. Ils ont participé activement, ce qui n'est pas facile en virtuel avec des étudiants que je ne connais pas, que je n'ai jamais vu en vrai, je n'ai jamais établi un lien avec eux. Je n'avais pas eu la chance de leur enseigner avant dans leur parcours, donc c'est tous des inconnus pour moi. J'ai quand même réussi à aller en chercher une gang, à les motiver de se présenter et de le faire de façon sérieuse et active. (Marie-Ève)

51

Les améliorations à apporter aux scénarios pédagogiques selon les enseignants



52

Les améliorations des scénarios pédagogiques selon les enseignants

Préparation -

Cet hiver tu sais ça été fait en 10 000e vitesse. Mieux introduire les capsules, mieux expliquer aux étudiants qu'est-ce qu'il y a dans la capsule, qu'est-ce qu'ils vont avoir à faire. Les aspects peut-être où faut porter plus attention ou parties les plus importantes sur lesquelles on va revenir plus tard. (Johanne, itération 1)

Théorie / contenus -

Moi qui ai toute l'information, c'est bon, je la trouve claire. Mais pour mes étudiants, la deuxième partie était un petit peu plus loin de ce que nous on faisait, c'était un peu mélangeant pour eux, puis ça amenait pas autant d'avantages que la première partie. Donc si on peut séparer ça en mini simulations, ça va être idéal. (Annie, itération 1)

53

Les améliorations des scénarios pédagogiques selon les enseignants

Gestion du temps -

Je me dis que si c'était à refaire, je ferais des pauses encore plus souvent dans la simulation, pas juste une pause, mais cibler plusieurs moments de pauses où il y aurait quelque chose à faire, quitte à étendre le temps de la simulation que ça va prendre en classe, mais que les activités collatérales soient plus bénéfiques pour eux finalement. » (Mathilde, itération 2)

54



Activité de scénarisation pédagogique

À votre tour (v2)!

Thème de la simulation (fictive) : **Sensibilisation aux enjeux climatiques**

Consignes :

- **À la lumière de ces résultats, comment pourriez-vous améliorer votre scénario pédagogique?**
- En équipe, créez un scénario pédagogique autour de la simulation en **utilisant le gabarit de scénarisation**
- Contexte : groupe de collégial de **25 à 35 étudiants**.
- Niveau de la simulation de base : le but est **d'introduire de nouveaux concepts**.
- L'activité en classe peut être d'une durée **d'une à deux heures**.

Planification d'un scénario pédagogique						
Étape	Activités des étudiants	Activités de l'enseignant	Regroupement	Mode	Durée	Évaluation
Pré-briefing						
Briefing						
Simulation						
Débriefing Description						
Débriefing Analyse						
Débriefing Synthèse						

55

Analyse des scénarios pédagogiques

Étape 1 : Description du scénario en entrevue



Étape 2 : Analyse de contenu initiale des phases du scénario



Étape 4 : Modélisation par régression multiniveau



Étape 3 : Second registre d'analyse en fonction du cadre conceptuel

56

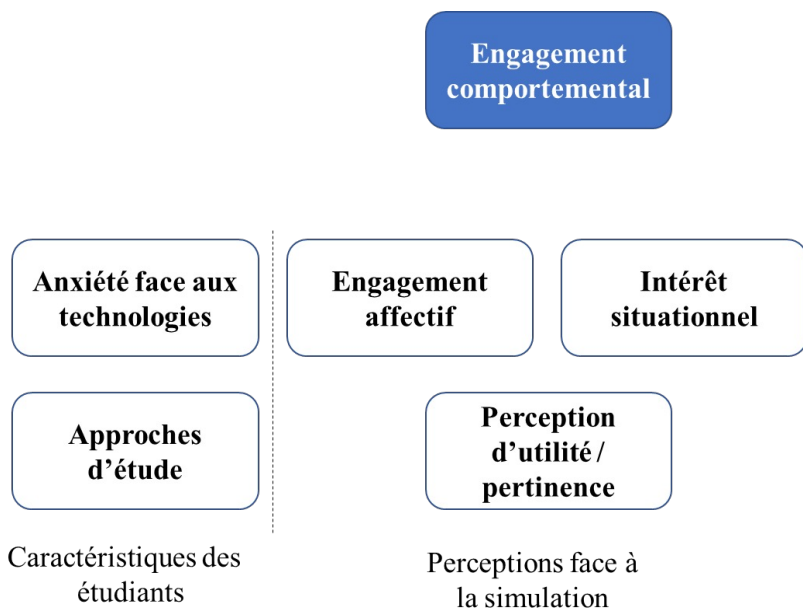
Modélisation multiniveau – Engagement comportemental

	Modèle nul		Modèle 1	
	Estimé	SE	Estimé	SE
Effets fixes				
<i>Variables des étudiants - Caractéristiques</i>				
Intercept	4,755***	0,059	4,984***	0,138
Genre (p.r. à masculin)			0,034	0,037
Avoir fait une simulation précédente			0,007	0,068
Situation de handicap déclaré			0,018	0,045
Anxiété face aux technologies			0,053***	0,016
Approches d'étude en profondeur			0,200***	0,023
Approches d'étude en surface			-0,085***	0,021
Auto-efficacité			0,027	0,025
Orientation extrinsèque des buts			0,033	0,019
Orientation intrinsèque des buts			0,016	0,018
Intérêt personnel			NS	NS
<i>Variables des étudiants - Simulation</i>				
Engagement affectif			0,070***	0,021
Intérêt situationnel déclenché			0,115***	0,026
Intérêt situationnel maintenu			0,075**	0,026
Valeur comparative affective			-0,001	0,037
Perception d'utilité et de pertinence			0,112**	0,038
<i>Variables des groupes</i>				
Ordre d'enseignement (p.r. à cégep)			-0,423*	0,197
Score du scénario			0,084**	0,025
Chimie (p.r. à biologie)			-0,253	0,141
Physique (p.r. à biologie)			-0,289	0,155
Composantes de la variance				
Étudiant	0,978	0,989	0,666	0,816
Groupe	0,179	0,423	0,068	0,262

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

57

Les facteurs influençant l'engagement comportemental



58

Les facteurs influençant l'engagement comportemental

Engagement
comportemental

Score du
scénario

Ordre
d'enseignement

Caractéristiques
du groupe

59

Quelques problèmes

Problème de langue (français)! En voie de résolution

Problèmes techniques occasionnels (équipements non performants)

Erreurs conceptuelles occasionnelles

PEU de liberté dans les simulations

60

Résultats clés – Scénarisation pédagogique

Le scénario pédagogique est un facteur clé de l'efficacité d'une simulation en RV et est un prédicteur significatif de l'engagement comportemental des étudiants.

Les suggestions d'améliorations des scénarios pédagogiques émises par les étudiants avaient en commun un manque de support avant, pendant ou après la simulation.

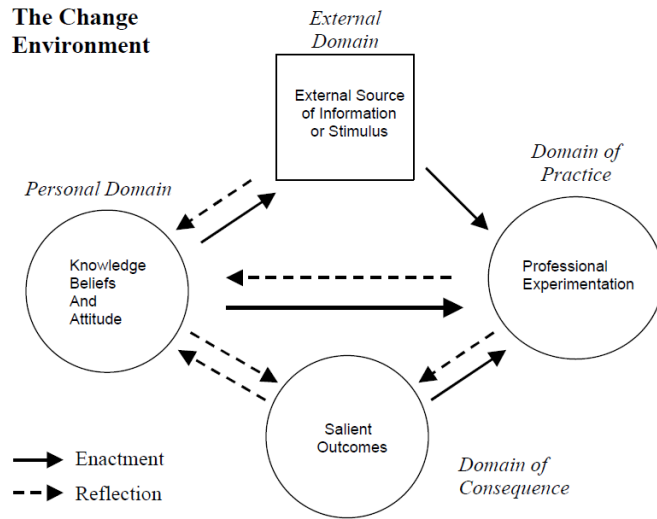
Les principales différences entre les scénarios pédagogiques se situent au niveau des phases du briefing et du debriefings

61

04.4 Résultats – Développement professionnel

62

Développement professionnel – Cadre théorique



Clarke & Hollingsworth, 2002

63

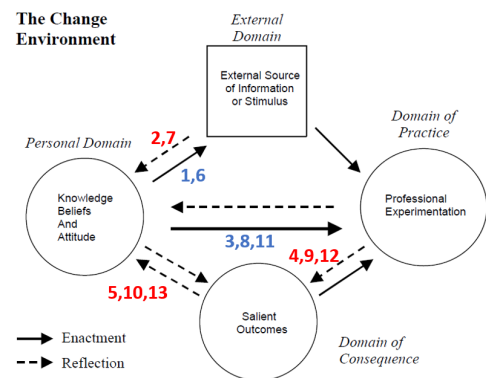
Développement professionnel – Le cas de Maxime

Avant le projet

- Enseignement axé sur l'efficacité. Peu d'importance envers les aspects affectifs.
- Intéressé par les technologies, mais très sceptique face aux simulations. Participe pour aider sa collègue.

Première session

- Atelier de scénarisation : perçu initialement comme inutile, mais conceptualise des pratiques (1-2)
- Premier scénario en classe, score bas (2/11) (3)
- Réactions positives des étudiants et scores élevés dans les questionnaires. Surpris par l'importance des échelles affectives. Toujours sceptique, mais décide de participer à la deuxième itération. (4-5)



64

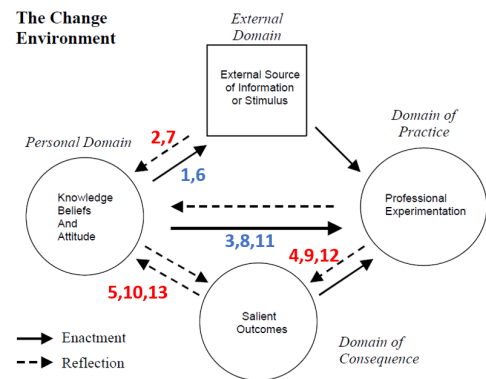
Développement professionnel – Le cas de Maxime

Sessions 2 et 3

- Amélioration marquée des scénarios à la lumière des commentaires reçus des étudiants et de collaboration avec ses collègues. (6-7-8-11)
- Les commentaires des étudiants et les résultats aux questionnaires continuent à susciter une réflexion à propos de l'apprentissage actif et des aspects affectifs de l'apprentissage. (9-10-12-13)

Suite au projet

- Changement de perceptions face à l'apprentissage actif et aux aspects affectifs de l'apprentissage.
- Manifeste l'intention de transférer les connaissances acquises en scénarisation au reste de son enseignement.
- Souhaite continuer à utiliser les simulations.



65

Résultats clés – Développement professionnel

La participation au projet a amené plusieurs enseignants à adopter la scénarisation pédagogique de manière plus large.

La participation au projet a amené un désir chez certains enseignants d'intégrer la pédagogie active à leur pratique.

66

Implications (pour la RV, les TIC ... et autres ?)

Porter une attention spéciale à la préparation du scénario pédagogique si vous planifiez utiliser des simulations existantes en RVO ou prévoyez une utilisation des TIC

Planifier soigneusement les étapes de pré-briefing (activation des connaissances antérieures) et du debriefing en synthétisant et en visant le transfert

Prévoir des moments de travail individuel, de travail collaboratif et de retours en grand groupe et encadrer le travail des étudiants

Accompagner les enseignants qui veulent utiliser des simulations existantes en RVO avec les outils et activités développées pour la scénarisation

67

Équipe de recherche



Bruno Poellhuber
Chercheur principal
Professeur – Psychopédagogie
Université de Montréal



Normand Roy
Co-chercheur
Professeur – Psychopédagogie
Université de Montréal



Audrey Groleau
Co-chercheure
Professeure – Didactique des sciences
Université du Québec à Trois-Rivières



Sébastien Wall-Lacelle
Co-chercheur
Étudiant au doctorat
Professeur – Physique
Cégep de Saint-Jérôme



Christine Marquis
Co-chercheure
Chercheure au collégial
Professeure – Chimie
Cégep de Saint-Jérôme

68

Collaborateurs



Philippe Soucy
Sirléia Rosa
Cégep de Saint-Laurent



Edouard Morissette
Cégep de Saint-Jérôme



Ugo Foisy
Cégep de Saint-Laurent



Martin Pelletier
Madona Moukhachen
Collège de Ahuntsic



Marc Heitz
Cégep du Vieux-Montréal



Monique Mainella
Collégial International
Sainte-Anne



François Charpentier Lemieux
Université de Montréal



Isabelle Charland
Cégep de Victoriaville

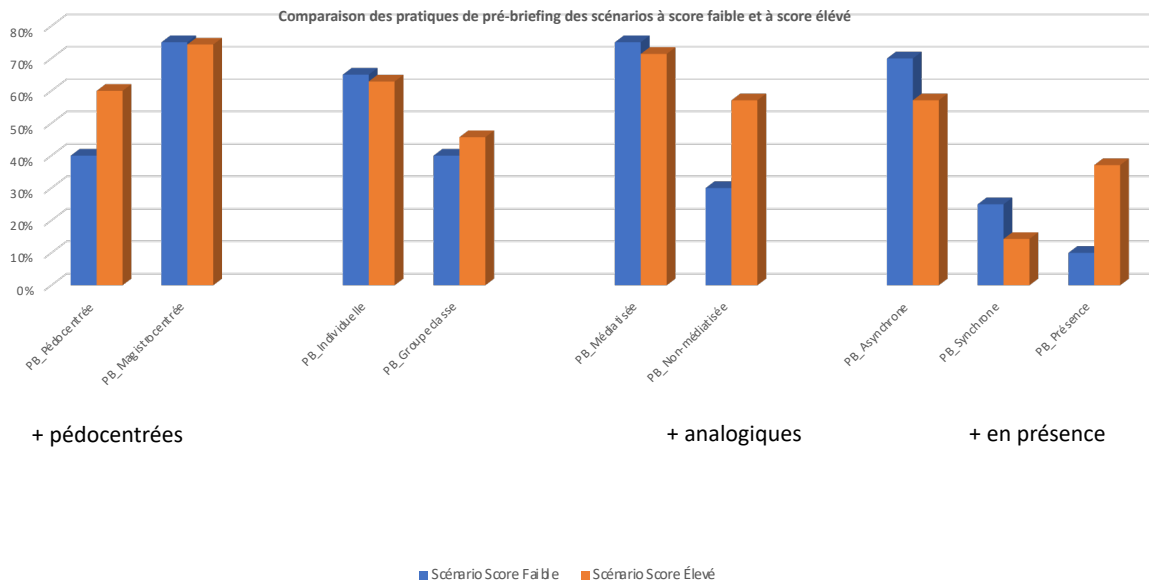
69

QUESTIONS DISCUSSION

70

Scénarios: scores faibles vs scores élevés: le pré-briefing

Un peu plus d'activités de pré-briefing

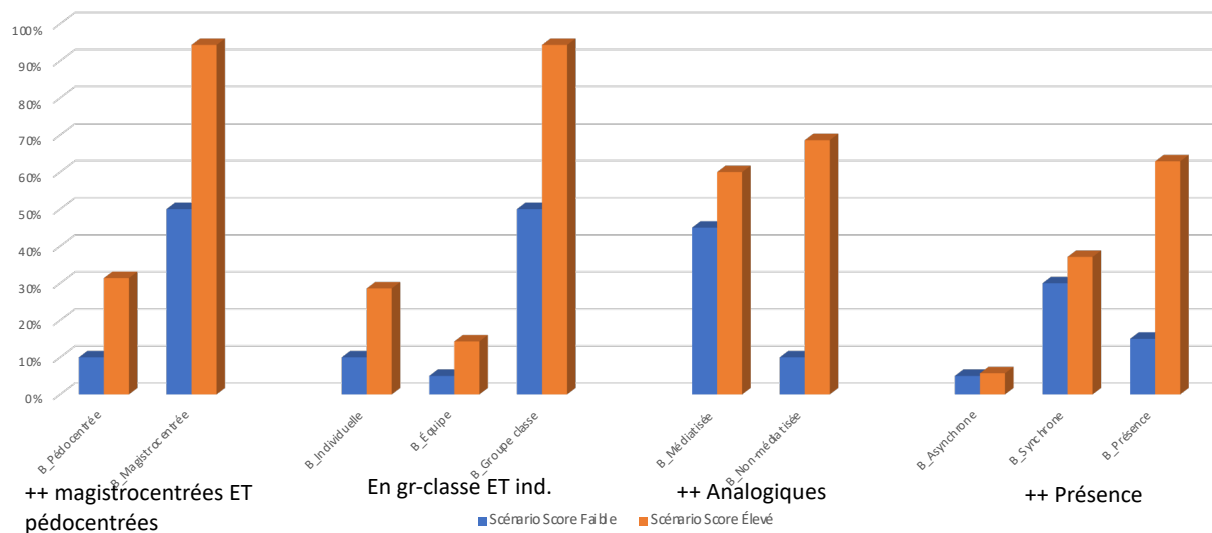


71

Scénarios: scores faibles vs scores élevés: le briefing

BEAUCOUP plus d'activités de briefing

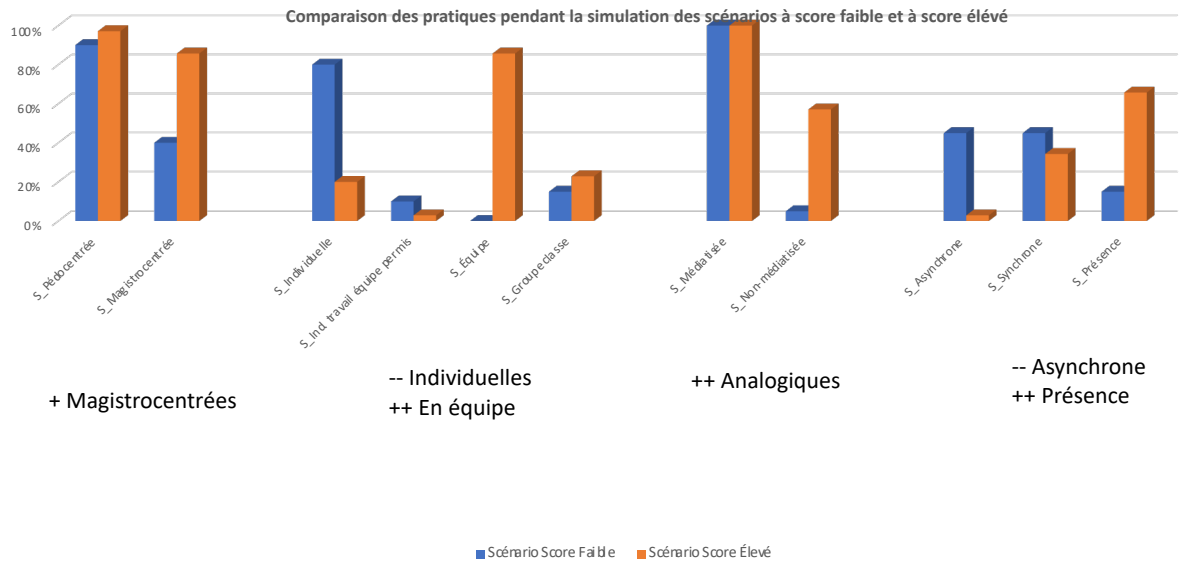
Comparaison des pratiques de briefing des scénarios à score faible et à score élevé



72

Scénarios: scores faibles vs scores élevés: le déroulement

Un peu plus d'activités durant la simulation

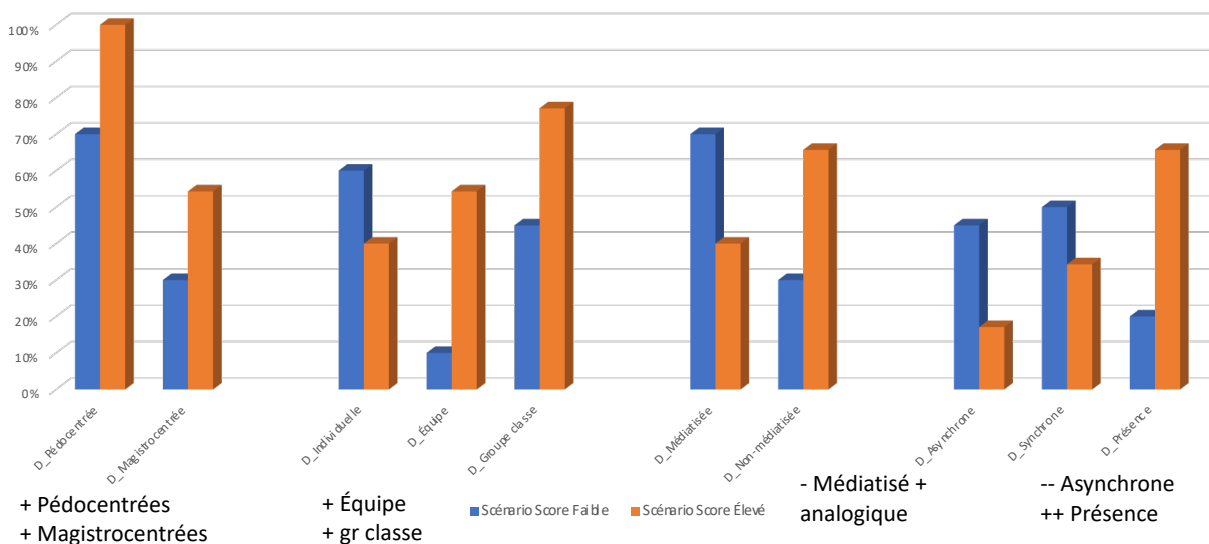


73

Scénarios: scores faibles vs scores élevés: le debriefing

BEAUCOUP plus d'activités de debriefing

Comparaison des pratiques de débriefing des scénarios à score faible et à score élevé



74

Ícônes



Target
Appike

<https://thenounproject.com/icon/target-4762301/>



Student
Sewon Park

<https://thenounproject.com/icon/student-1332034/>



Gear

Ainul muttaqin

<https://thenounproject.com/icon/gears-4536259/>



Science

Vectorstall

<https://thenounproject.com/icon/science-4753201/>



Education

icon54

<https://thenounproject.com/icon/education-693177/>



Book

Samsul Rizal

<https://thenounproject.com/icon/book-4739970/>



Heart

SUBAIDA

<https://thenounproject.com/icon/heart-4755890/>



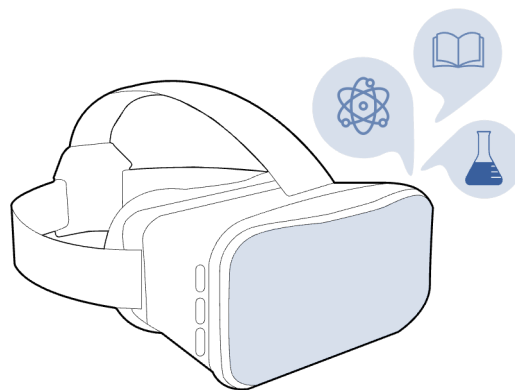
Erlenmeyer Flask

Amelia

<https://thenounproject.com/icon/erlenmeyer-flask-559295/>



75



76

Actes du colloque ISLS 2023



Pedagogical Practices Associated with Sophisticated Pedagogical Scenarios Using VR Simulations in Science Courses

Bruno Poellhuber, Université de Montréal, bruno.poellhuber@umontreal.ca
Christine Marquis, Cégep de Saint-Jérôme, cmarquis@cstj.qc.ca
Sébastien Wall-Lacelle, Université de Montréal, sebastien.wall-lacelle@umontreal.ca
Marie-Noëlle Fortin, Université de Montréal, marie-noelle.fortin@umontreal.ca
Normand Roy, Université de Montréal, normand.roy@umontreal.ca

Abstract: In the context of the documented decline of student interest in science, ascribed to a high level of concept abstraction, the sheer quantity of science concepts and teacher-centred teaching approaches, we tested the potential of desktop VR (DVR) simulations to engage students. The literature shows that the activities and support built around the simulations themselves are of utmost importance. In this design-based research involving 39 faculty and 5,780 students, the research team and the pedagogical team accompanied teachers in their development of pedagogical scenarios, with tools derived from the NRF/Jeffries (2022) model in nursing simulations. Scenarios were documented through individual teacher interviews. A multilevel regression analysis to predict the students' behavioural engagement showed that the scenario score, associated with high-quality scenarios, is the single and most important level-2 variable associated with the teachers. Pedagogical practices associated with high-scores scenarios were analysed and compared to those associated with low-scores for the prebriefing, briefing, simulation and debriefing phases. Sophisticated scenarios are characterized by more activities in the briefing and debriefing phases, as well as by collaborative activities.

Introduction and theoretical framework

Despite the increasing importance of science and technology and STEM programs in our society and in higher education, we are observing a slow but continuous decline in student interest in science and technology, starting in high school (Potvin & Hasni, 2014). The high level of abstraction of science concepts, the very wide scope of science content (in biology, for example) and teacher-centred approaches have been identified as possible explanatory factors. Active learning and student-centred teaching strategies have been identified as a promising solution (Freeman et al., 2014). VR simulations allow for errors and offer access to rare or inaccessible realities or specialized equipment, while improving the learning and understanding of both theoretical concepts and laboratory techniques and arousing interest (Martinez-Jimenez et al., 2003). In the domain of desktop virtual reality (DVR) simulations, the instructions, activities carried out before and after the simulations seem to be more important than the simulations themselves, particularly when coupled with gaming elements (Merchant et al., 2014). This led us aim at exploring the pedagogical and didactic potential of scenarios that involve virtual reality simulations for postsecondary science learning. In another portion of the project (Wall-Lacelle et al., to be submitted), a multilevel regression with the students' behavioural engagement as dependent variable led to the identification of the scenario's quality score as an important variable associated with the teachers level. This led us to identify practices associated with high-score scenarios, which is the focus of this article. The concept of a pedagogical scenario is present in instructional design literature, but it is also present in health sciences literature, where pedagogical scenarios are constructed to precisely describe the sequence of activities carried out by students before, during and after a simulation. We relied on an adaptation of Jeffries (2020) framework used for nursing simulations, that describes activities that can take place at different moments; pre-briefing and briefing (before the simulation) and debriefing (after the simulation). Because of its simplicity, we relied on Chamberland et al. (1998) typology to classify teaching methods and activities along three axes; 1) teacher-centred vs. student-centred; 2) mediatized or non-mediatized; 3) the group organization: individual, team or class, and coded them along their modality (face to face, remotely synchronous, remotely asynchronous). From the students' perspective, the research is grounded in Pintrich's (2003) expectation/value motivation model and Fredricks's (2004) view of engagement (questionnaire).

Methodology

This design-based research project (Brown, 1992) involved the participation of 39 teachers (8 university teachers and 31 college teachers) and 5,780 students from one university and six colleges in three distinct iterations corresponding to the following semesters: winter 2021, fall 2021 and winter 2022. Courses and labs in the winter 2021 semester in Quebec were taught almost totally remotely. A mixed methodology relying on both individual

questionnaires and individual interviews (teachers) was deployed. The participants were volunteer science teachers and their students. The teachers used Labster simulations that are contextualized in real-world problems and are somewhat gamified in some kind of mission. The team of researchers and educational developers assisted them through collaborative scenario design activities in each discipline (biology, chemistry, physics). After living one of these pedagogical scenarios, the students had to answer a motivation and engagement questionnaire. The pedagogical scenarios were analysed and rated based on 11 criteria derived from the NLN/Jeffries model (2020). Each pedagogical practice in the scenario was then classified and we classified scenarios in 3 categories.

Results

The pedagogical practices associated with the high-score scenarios were compared to those associated with low-score scenarios for each phase: prebriefing, briefing, simulation, debriefing. Regarding the prebriefing phase, the high-score scenarios rely more on student-centred activities, as well as on non-mediatised activities. These prebriefing activities are also more often carried out in person, while the low-score scenarios did them remotely, either asynchronously or synchronously. Overall, the high-score scenarios have far more briefing activities than the low-score scenarios, relying heavily on teacher-centred activities with the class. Teachers give logistical instructions, present the whole scenario and/or the learning objectives and the simulation itself and point out the most important aspects or key elements. During the simulation phase, the high-score scenarios also rely on teacher-centred activities aimed at providing student support (for ex., circulating around the class to answer the students' questions). While the low-score scenarios rely mainly on individual activities, the high-score scenarios rely mainly on collaborative activities, as well as on non-mediatised activities, in face-to-face settings. For example, many teachers had the students work in teams, with a roadmap containing questions to be answered, or had them work in teams using a whiteboard. Overall, the high-score scenarios have far more debriefing activities than the low-score scenarios, relying on student-centred activities, often along with teacher-centred activities with the whole class. They also rely on non-mediatised activities and in-person activities.

Discussion and conclusion

The results show that high-score scenarios differ from low-score scenarios in multiple ways. The former are richer and more complete, which is not surprising, and rely on far more activities in the briefing and debriefing phases. Furthermore, in the simulation phase, they rely on teamwork and analogue documents to be completed during the simulation by team members. The activities during the simulation in the low-score group tended to be individual and asynchronous, which likely means they were assigned to students as out-of-class assignments with little or no guidance or support. The activities in the high-score group tended to be face-to-face, in class, for all phases. This context offers teachers a better chance to give more complete instructions, to monitor the students' progress, to lead debriefing discussions or teamwork and/or to wrap up with a review of the most important things to remember. The evolution of the context from remote to face to face may also reflect some of the evolutions of the scenarios with courses gradually moving from remote in winter 2021 to face to face in winter 2022.

References

- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of Learning Sciences*, 2(2), 141–178.
- Chamberland, G., Lavoie, L., & Marquis, D. (1998). 20 Formules pédagogiques. Sainte-Foy, Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415.
- Jeffries, P. R. (2020). Simulation in Nursing Education: From Conceptualization to Evaluation. Lippincott Williams & Wilkins.
- Martinez-Jimenez, P., Pontes-Pedrajas, A., Polo, J., & Climent-Bellido, M. S. (2003). Learning in Chemistry with Virtual Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 346–352.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & 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>
- Pintrich, P. R. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667–686.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129.
- Wall-Lacelle, S., Poellhuber, B., et al. (to be submitted). A multilevel analysis of VR Simulations and Engagement.

Affiche présentée au colloque ISLS 2023

Annexe 10 : Proposition au colloque de l'AIPU 2024

Réalité virtuelle et développement professionnel

Sébastien Wall-Lacelle

Cégep de Saint-Jérôme, Saint-Jérôme, Canada swall@cstj.qc.ca

Bruno Poellhuber

Université de Montréal, Montréal, Canada bruno.poellhuber@umontreal.ca

Marie-Noëlle Fortin

Université de Montréal, Montréal, Canada marienoelle.fortin@gmail.com

Christine Marquis

Cégep de Saint-Jérôme, Saint-Jérôme, Canada cmarquis@cstj.qc.ca

Résumé

L'utilisation de simulations en réalité virtuelle sur ordinateur a le potentiel de favoriser la motivation, l'intérêt et l'engagement des étudiants en sciences. Or, l'efficacité d'un outil technologique, qui a le potentiel d'amener un enseignant vers des pratiques plus pédocentrées, est largement tributaire du scénario pédagogique l'entourant et du support offert à l'enseignant qui intègre cet outil. Cette recherche orientée par la conception étudie les trajectoires de développement professionnel de sept enseignants ayant participé aux trois itérations du projet en mobilisant le cadre conceptuel de Clarke et Hollingsworth (2002). L'analyse de 21 entrevues de suivi montre d'importants changements dans les pratiques et les croyances de ces enseignants, principalement amenés par la rétroaction des étudiants et la communauté pluri-statutaire s'étant créée dans le cadre de ce projet. Les résultats de cette recherche contribuent aux connaissances du domaine en illustrant le potentiel de changement lors de la participation à un projet de recherche et les caractéristiques d'un dispositif de développement professionnel qui sont favorables aux changements chez les enseignants.

Abstract

The use of desktop virtual reality simulations has the potential to enhance students' motivation, interest, and engagement in science. However, the effectiveness of such a technological tool, which has the potential to guide teachers towards more student-centered practices, heavily depends on the pedagogical scenario surrounding it and the support provided to the teacher integrating this technology to his practice. This design-based research explores the professional development trajectories of seven teachers who participated in all three iterations of the project, using Clarke and Hollingsworth's (2002) conceptual framework for teacher professional development. The analysis of 21 follow-up interviews reveals important changes in the practices and beliefs of these teachers, primarily driven by student feedback and the multi-status community formed within the project. The findings contribute to the field's knowledge by illustrating the potential for change through participation in a research project and highlighting the characteristics of a professional development initiative leading to teacher transformation.

Mots-clés

Développement professionnel, Accompagnement, Transitions, Collégial, Université

1. Introduction et problématique

Malgré l'importance de l'enseignement des sciences dans notre société, la littérature rapporte des niveaux considérablement bas d'intérêt, de motivation et d'engagement chez les étudiants (Potvin et Hasni, 2014) aux des études supérieures en sciences, où près de 40% des étudiants admis n'obtiennent pas de diplôme dans leur programme (Cyrenne et al., 2015). Parmi les facteurs pouvant expliquer ce constat figurent le niveau croissant d'abstraction des concepts, qui sont peu contextualisés et apparaissent déconnectés de la réalité, et la prédominance des approches magistrocentrées, qui favorisent l'apprentissage en surface (Rosenfield et al., 2005).

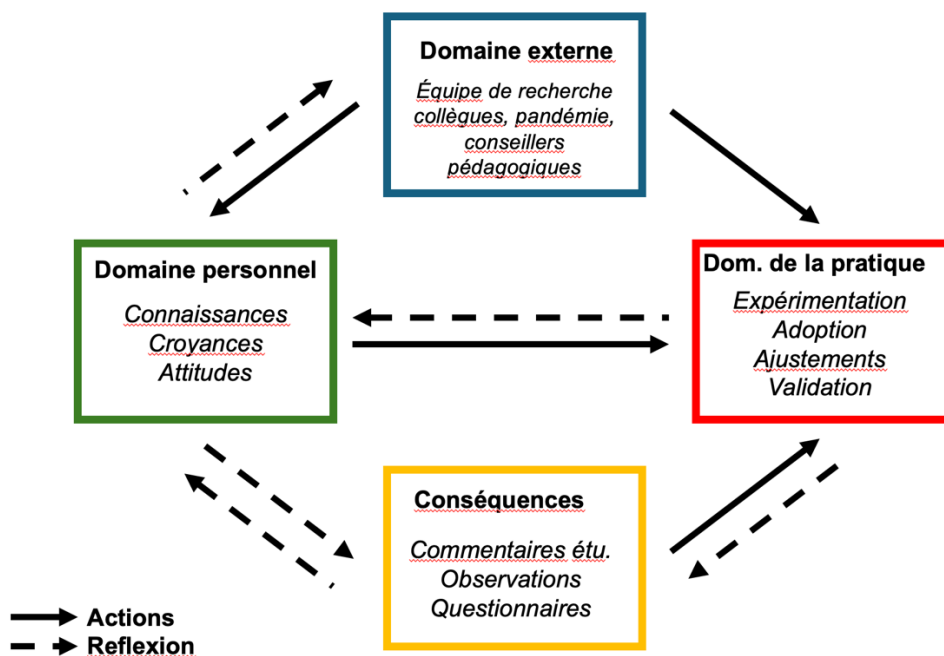
L'utilisation d'outils technologiques et l'apprentissage actif ont pu remédier à ces problématiques en favorisant l'intérêt et l'engagement des étudiants (Freeman et al., 2014). En permettant de voir et d'interagir avec des concepts invisibles ou inatteignables dans un contexte réaliste où l'étudiant peut expérimenter et apprendre de ses erreurs, les simulations en réalité virtuelle (RV) ont le potentiel de répondre à ces problématiques. Cette technologie a d'ailleurs montré des effets positifs sur la motivation ainsi que sur l'apprentissage (Martinez-Jimenez et al., 2003), particulièrement lorsqu'utilisées en conjonction avec des approches d'apprentissage actif, et a offert plusieurs possibilités durant la période pandémique, tant pour l'apprentissage théorique qu'en tant que remplacement de laboratoires.

Or, tel que montré par plusieurs études, il ne suffit pas de fournir un outil technologique aux étudiants pour que celui-ci leur soit bénéfique. Le scénario pédagogique, qui regroupe les instructions et activités faites avant, pendant et après les simulations, serait le facteur le plus déterminant de leur efficacité (Merchant et al., 2014). Par ailleurs, l'utilisation de tels outils technologiques a avantage à se faire à travers un processus où l'enseignant est supporté et peut aussi contribuer à orienter un enseignant vers des pratiques plus pédocentées, un changement ayant le potentiel de répondre aux problématiques évoquées plus haut (Matzen et Edmunds, 2007).

2. Cadre conceptuel

Cette recherche mobilise le modèle interconnecté de développement professionnel chez les enseignants de Clarke et Hollingsworth (2002) (figure 1). Ce modèle représente le développement professionnel comme une suite d'interactions entre quatre domaines, soit le domaine personnel (les connaissances et croyances de l'enseignant) le domaine de la pratique (la pratique et l'expérimentation professionnelle), le domaine externe (les sources d'informations disponibles) et le domaine des conséquences observées à la lumière de ses expérimentations. Ces interactions peuvent prendre la forme d'actions, à travers lesquelles l'enseignant altère une pratique ou articule une information, une connaissance ou une croyance, et de réflexions, à travers lesquelles l'enseignant prend en compte et réfléchit sur des événements, des informations ou sur ces connaissances et croyances.

Figure 1. Le modèle de développement professionnel de Clarke et Hollingsworth (2002)



3. Méthodologie

Cette recherche, rendue possible par le financement du programme Actions concertées du FRQSC, s'est déroulée selon un devis orienté par la conception, un type de recherche collaborative analogue à la recherche action visant aussi à dégager des savoirs théoriques (Anderson et Shattuck, 2012) et s'est déroulée dans six cégeps et une université sur trois itérations allant de l'hiver 2021 à l'hiver 2022 inclusivement. 39 enseignants de biologie, chimie ou physique ont élaboré au minimum un scénario pédagogique incluant une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur (RVO). Ces scénarios pédagogiques ont été présentés à 5579 étudiants inscrits dans les classes des enseignants participants, qui ont été invités à répondre à un questionnaire contenant une série d'échelles validées sur la motivation, l'intérêt et l'engagement ainsi qu'une série de questions ouvertes.

Au début de leur participation, chaque enseignant a pris part à une entrevue de groupe en compagnie d'un chercheur et de trois ou quatre enseignants où il a décrit les raisons l'ayant amené à participer au projet ainsi que ses premières impressions à la suite de l'exploration du catalogue de simulations. Plusieurs mesures d'accompagnement ont été mises en place afin d'épauler les enseignants dans l'élaboration de leurs scénarios pédagogiques, telles que des rencontres individuelles avec un chercheur et un conseiller pédagogique, des ateliers de scénarisation pédagogique et des rencontres de transfert de connaissances. Des outils de scénarisation ont été produits à partir d'une adaptation du cadre de scénarisation de Jeffries (2020) et présentés aux enseignants lors de ces activités. À la fin de chaque itération, chaque enseignant

a pris part à une entrevue de suivi individuelle en compagnie d'un chercheur et d'un conseiller pédagogique où ils ont été appelés à réagir à une présentation anonymisée des résultats des questionnaires des leurs étudiants et à discuter de leur cheminement à travers le projet. Ainsi, les résultats présentés sont le fruit de ces 21 entrevues de suivi.

Ces entrevues ont été soumises à une analyse de contenu. Un chercheur et une assistante de recherche ont élaboré de façon inductive et itérative une grille de codage sur six entrevues avec un accord interjuge moyen de 75 %. Une première analyse a mené au codage de l'ensemble des entrevues sur le logiciel QDA Miner. Un deuxième registre d'analyse a été effectué sur les entrevues des sept enseignants (deux enseignants à l'université, cinq au collégial; quatre en biologie, deux en chimie et un en physique) ayant pris part aux trois itérations du projet afin d'isoler chaque événement évoqué dans les entrevues afin de tracer la trajectoire de changement à l'aide du cadre conceptuel présenté plus haut.

4. Objectif de recherche

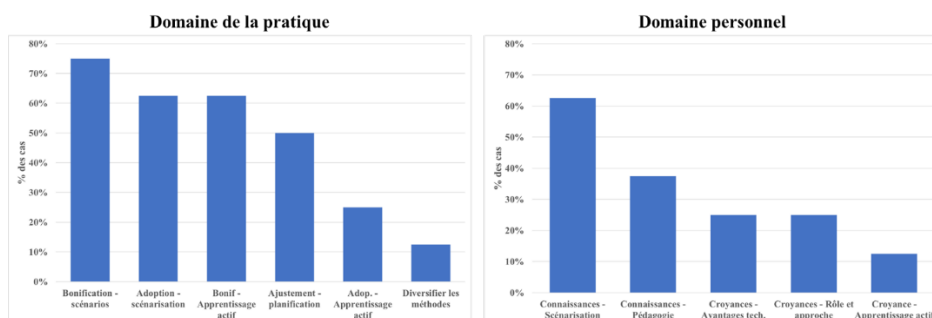
Cette recherche a pour objectif de décrire et comprendre le parcours de développement professionnel d'enseignants ayant élaboré des scénarios pédagogiques impliquant une simulation en RVO et ayant participé aux trois itérations de ce projet.

5. Résultats

Les propos des participants ont révélé deux facteurs principaux expliquant leur volonté de participer au projet. Pour quatre des sept participants, cette motivation est issue d'un facteur externe, soit le besoin de ressources facilitant l'enseignement à distance dans le cadre de la pandémie de COVID-19 pour trois et le désir d'aider une collègue agissant à titre de chercheuse dans le projet pour le quatrième. Cette même motivation est issue du domaine personnel pour les trois autres participants, notamment d'un désir de diversifier son enseignement et d'expérimenter avec de nouvelles approches.

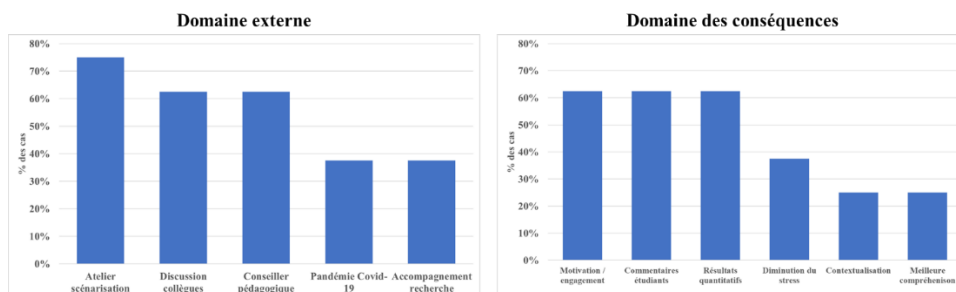
La figure 2 présente les thèmes les plus abordés dans le domaine personnel et le domaine de la pratique, dans lesquels la plupart des changements auront lieu. On y voit que non seulement les enseignants ont acquis des connaissances au niveau de la scénarisation pédagogique, mais qu'ils ont transféré cette pratique à des activités hors du cadre du projet, tel qu'illustré par cet extrait de Marc (nom fictif), enseignant de chimie au collégial : « Ah bien moi, c'est systématique, je ne peux pas donner une simulation puis ne pas avoir fait, ne pas avoir prévu d'avance, qu'est-ce qu'on va faire avant et après. [...] Mais dans un monde idéal, on devrait toujours scénariser le cours au complet ». Ces résultats montrent aussi une place prédominante de l'apprentissage actif dans les propos des participants, qui ont validé leur intention d'intégrer ce type d'enseignement à leur pratique ou qui l'ont découvert et adopté.

Figure 2. Thèmes abordés pour les domaines personnel et de la pratique



La figure 3 présente les thèmes les plus abordés dans les domaines des conséquences et externes, où les changements prennent souvent racine. Ces résultats illustrent l'importance de la communauté de recherche créée autour des participants au projet et les activités de d'accompagnement y ayant lieu (domaine externe) et l'importance des effets sur les étudiants (domaine des conséquences), tant au niveau des effets perçus par les enseignants sur leur motivation que ceux mesurés par les questionnaires. Les propos de Patrick (nom fictif), un autre enseignant de chimie au collégial, illustrent bien cette perception : « Sincèrement, tu sais je le vois pendant qu'ils font l'activité, ils sont vraiment dedans. [Ils] ne sont pas en train de discuter de leur fin de semaine, surtout que c'est lundi, ils sont vraiment dans l'activité, ils sont en train de la faire et ça avance ».

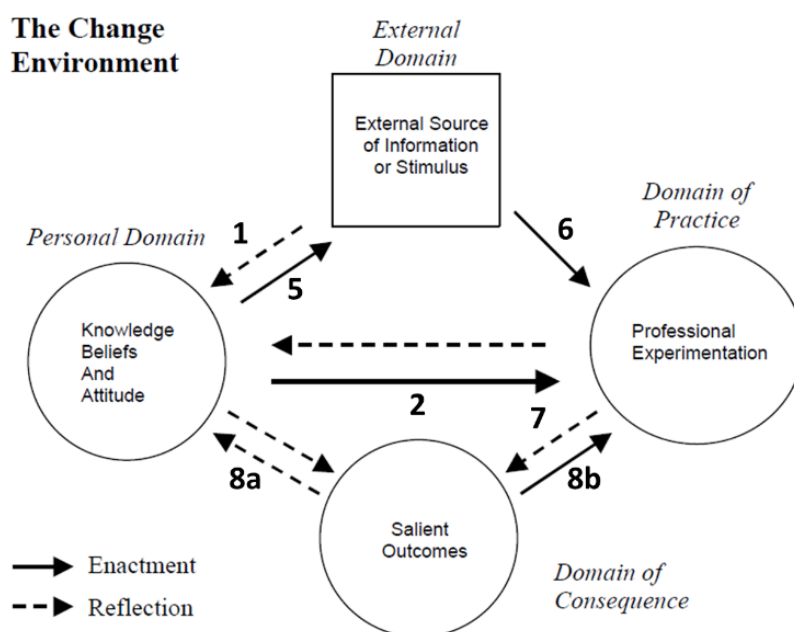
Figure 3. Thèmes abordés pour les domaines externe et des conséquences



Afin d'illustrer ces changements, nous présentons la trajectoire à travers le modèle de Clarke et Hollingsworth (2002) de Johanne, enseignante de biologie à l'université pour qui l'enseignement a dû être à distance lors des deux premières itérations du projet. Johanne s'est jointe au projet étant donné la nécessité d'offrir des laboratoires à distance durant la pandémie, ce que permettent les simulations. Elle est aussi en recherche de nouvelles approches lui permettant de bonifier la préparation de ses laboratoires. Elle intègre donc une série de simulations obligatoires optionnelles, anticipant que les étudiants seront en mesure de juger de la nécessité ou non de faire ces dernières (1). Elle intègre ainsi ces simulations à son cours, à distance, au sein de scénarios pédagogiques minimalistes (2). Les réactions positives des

étudiants, notamment au niveau de la réduction du stress en laboratoire (3), l'amènent à maintenir l'utilisation des simulations malgré le retour en laboratoire (4). Elle collabore ainsi avec un conseiller pédagogique qui l'amène à bonifier son scénario pédagogique, notamment en énonçant clairement les objectifs d'apprentissage et en offrant plus d'encadrement (5). L'utilisation en classe de ces scénarios (6) l'amène à constater de façon plus prononcée les effets positifs des simulations. Elle perçoit que l'utilisation des simulations s'arrime naturellement à ses pratiques antérieures et se dit beaucoup plus satisfaite de son scénario pédagogique (7). Elle décide de continuer l'utilisation des simulations à la troisième itération et pour les sessions suivantes et répand les pratiques de scénarisation qu'elle adoptées dans le projet à sa pratique en général (8).

Figure 4. La trajectoire de Johanne



6. Discussion et implications pour la pratique

Cette recherche a mis en évidence les bénéfices de la participation d'enseignants à un projet de recherche ainsi que les principaux facteurs menant à ces changements. Nos résultats suggèrent que les enseignants ont vécu des changements au niveau de leurs pratiques et de leurs croyances, tant sur des sujets directement abordés dans le projet, tels que la scénarisation et l'apprentissage, que sur des sujets touchant leur pratique générale, tels que leurs croyances sur leur rôle et leur approche. Les propos des enseignants suggèrent non seulement que le principal moteur de ces changements ait été la rétroaction de la part des étudiants, mais aussi que la communauté d'enseignants, chercheurs et conseillers pédagogique créée dans le cadre du projet ait catalysé ces changements.

Ces importants changements, allant jusqu'au transfert de la scénarisation hors du cadre du projet, suggèrent que l'environnement mis en place dans ce projet ait été favorable au développement professionnel des enseignants. Ce constat résonne avec plusieurs travaux sur l'efficacité des dispositifs de développement professionnel. En effet, la littérature suggère une série de caractéristiques favorisant l'efficacité d'un développement professionnel qui ont été centrales dans ce projet (Desimone, 2009). D'une part, il s'inscrit dans une durée prolongée, soit trois sessions et touche directement des sujets enseignés par les enseignants. Les activités de soutien ont mis l'accent sur la collaboration entre les participants dans une approche d'apprentissage actif. Finalement, les entrevues de suivi tenues à chaque session ont créé un espace de réflexion où une place de choix est accordée à la rétroaction de la part des étudiants. Bien que l'étendue de cette recherche ne permette pas de généralisation, nos résultats montrent de façon éloquente l'importance d'un accompagnement continu et approprié lors de la mise en place d'un nouvel outil technologique ainsi que le potentiel de développement au terme d'une telle démarche.

Références bibliographiques

- Clarke, D., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and teacher education*, 18(8), 947-967.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development : Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199.
- Jeffries, P. R. (2020). *Simulation in Nursing Education : From Conceptualization to Evaluation*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Matzen, N. J., & Edmunds, J. A. (2007). Technology as a Catalyst for Change. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(4), 417-430.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels : A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129.

Annexe 11 : Article expérience RV RITPU (pré-publication)

Titre courant : La réalité virtuelle comme moteur pour générer des émotions positives dans
l'expérience d'enseignement et d'apprentissage des sciences

La réalité virtuelle comme moteur pour générer des émotions positives dans l'expérience
d'enseignement et d'apprentissage des sciences

Christine Marquis, cmarquis@cstj.qc.ca, Cégep de Saint-Jérôme

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

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

Marie-Noëlle Fortin, marienoelle.fortin@gmail.com, Université de Montréal

13 décembre 2023

Résumé

Cet article vise à analyser l'expérience d'étudiants et d'enseignants ayant expérimenté un scénario pédagogique intégrant des applications en réalité virtuelle sur ordinateur (RVO) ou en réalité virtuelle immersive (RVI) avec casques. Une approche mixte de recherche orientée par la conception a été déployée dans six collèges et une université. En mobilisant les cadres de l'expérience utilisateur, la théorie des attentes et de la valeur et la théorie de l'engagement, des entrevues de groupe ont été menées et des questionnaires ont été administrés à un grand nombre d'enseignants et d'étudiants. Pour la RVO, l'expérience des enseignants est marquée par une les avantages pédagogiques qu'ils perçoivent. Les étudiants, eux, mettent de l'avant les aspects affectifs de leur expérience, tels que le plaisir et l'engagement affectif, ainsi que l'aide à l'apprentissage et la visualisation. Pour la RV immersive, l'aspect novateur et ludique de l'expérience est mis en avant, renforçant la motivation des étudiants. Les données des questionnaires ont confirmé ces tendances, montrant des scores élevés pour l'engagement affectif et la valeur affective, aussi bien pour la RVO que pour la RVI. En conclusion, la RV est un outil prometteur pour rejoindre les étudiants en sciences et les amener à s'engager affectivement.

Mots-clés

Réalité virtuelle, expérience, apprentissage des sciences, émotions, recherche orientée par la conception, motivation, engagement, valeur

Abstract

[Insérez la version anglaise du résumé (maximum 100 mots); style : Résumé]

Keywords

Virtual reality, experience, science learning, emotions, design-based research, motivation, engagement, value

La réalité virtuelle comme moteur pour générer des émotions positives dans l'expérience d'enseignement et d'apprentissage des sciences

Problématique

Les sciences et les technologies sont omniprésentes dans notre société contemporaine (Conseil de la science et de la technologie, 2004; OCDE, 2014), ce qui fait de l'enseignement des sciences et des technologies un enjeu de société important. Il importe, en effet, de développer une culture scientifique de base pour tout citoyen (OCDE, 2014). Malgré cela, les chercheurs s'entendent sur le fait que l'intérêt des étudiants pour les sciences et la technologie à l'école est en déclin, et ce, au partout à travers le monde (Potvin & Hasni, 2014a). Cet intérêt pour les sciences diminuerait au fur et à mesure que les élèves progresseraient dans le système scolaire (Christidou, 2011; Potvin et Hasni, 2014a).

Plusieurs facteurs peuvent être évoqués pour expliquer la baisse d'intérêt des étudiants inscrits dans les programmes scientifiques. D'une part, la science apparaît souvent difficile à apprendre pour les étudiants à cause, entre autres, de l'abstraction des concepts qui y sont présentés (Johnstone, 1991). De plus, le manque de contextualisation des concepts présentés ferait en sorte que les étudiants voient les contenus enseignés dans les cours de sciences comme étant abstraits et déconnectés des problèmes de la vie de tous les jours (Barmby et al., 2008; Örnek et al., 2008). Les difficultés vécues dans l'apprentissage des sciences seraient aussi dues aux méthodes habituellement utilisées pour leur enseignement (Duit, 1991; Johnstone, 1991). L'approche « traditionnelle » reposant essentiellement sur l'enseignement magistral serait utilisée de façon prédominante pour l'enseignement des sciences, les avantages de l'apprentissage actif y ayant été démontrés (Freeman et al., 2014; Johnstone, 1991; Rosenfield et al., 2005).

Dans ce contexte, l'utilisation des technologies telles que la réalité virtuelle, combinée à des approches d'apprentissage actif, semble une voie prometteuse pour l'éducation.

Freina et Ott (2015) définissent la réalité virtuelle comme étant « une simulation générée par un ordinateur d'une image ou d'un environnement tridimensionnel avec lequel il est possible d'interagir d'une manière qui semble réelle » (traduction libre). Elle est aussi définie comme « ce qui permet à un utilisateur d'être immergé dans un environnement numérique généré par un système informatique, en donnant une impression de réalité, de présence spatiale et d'engagement sous une forme à la première personne » (traduction libre, Pellas et ses collaborateurs, 2020, p.1). Enfin, Sherman et Craig (2018) la définissent comme « un support composé de simulations informatiques interactives qui détectent la position et les actions du participant et remplacent ou augmentent la rétroaction à un ou plusieurs sens, donnant le sentiment d'être mentalement immergé ou présent dans la simulation » (p.16). Bien qu'il existe plusieurs définitions pour la réalité virtuelle, les concepts d'immersion, de présence et d'interactivité ressortent de ces définitions.

L'interactivité décrit à quel point un utilisateur peut influencer la forme ou le contenu d'un environnement virtuel (Steuer, 1992). Un environnement virtuel interactif ne permettra pas seulement à l'utilisateur de naviguer et d'explorer, mais fera en sorte que le monde virtuel s'adapte à ses réponses (Ryan, 1999). Selon Witmer & Singer (1998), la présence se définit par l'expérience subjective d'être à un certain endroit même si vous vous trouvez physiquement dans un autre endroit. Selon eux, les attributs d'immersion et d'implication de l'environnement virtuel favoriseront ce sentiment de présence. Après une revue de la littérature existante portant sur le concept, Lee (2004) définit la présence « un état psychologique dans lequel les objets virtuels sont vécus comme des objets réels de manière sensorielle ou non. » L'immersion est ce qui permet l'introduction de la croyance, chez la personne qui expérimente la réalité virtuelle, qu'elle a quitté le monde réel et qu'elle est maintenant « présente » dans l'environnement virtuel (Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, s. d.). L'immersion peut être considérée de différentes façons. Du point de vue psychologique, on considère l'immersion comme un état psychologique caractérisé par la perception d'être enveloppé par, inclus dans et d'interagir avec un environnement qui fournit un

flux de stimuli et d'expériences (Witmer & Singer, 1998). D'autres voient l'immersion comme un attribut technologique des systèmes de réalité virtuelle pouvant fournir une illusion de réalité inclusive, vaste, environnante et vive (Slater & Wilbur, 1997). L'immersion dépendrait ainsi de la technologie utilisée pour générer l'environnement virtuel. Celui-ci sera donc plus immersif si la technologie permet de couper la personne du réel (inclusive), si elle offre plusieurs stimuli sensoriels (vaste), si elle permet d'offrir un champ de vision panoramique (environnante) et si elle offre un réalisme graphique (vivacité). On peut alors établir différents niveaux d'immersion dans le continuum réalité-virtualité d'après les caractéristiques des outils utilisés pour faire de la réalité virtuelle (figure 1).

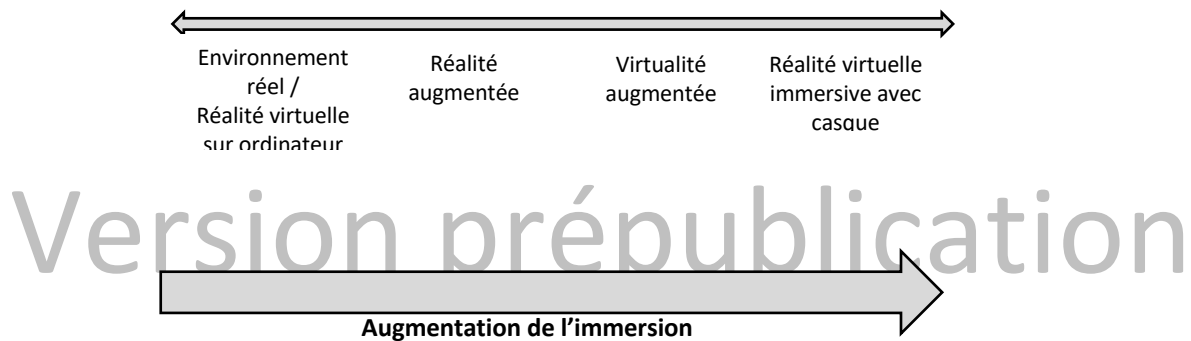


Figure 1

Représentation simplifiée du continuum réalité-virtualité en lien avec l'immersion. Inspiré de P. Milgram et F. Kishino, 1994

Considérant ces caractéristiques, la réalité virtuelle offre plusieurs avantages pour l'éducation et plusieurs auteurs se sont penchés sur ceux-ci (Lewis et al., 2021). Dalgarno et Lee (2010) résumant ces avantages en cinq affordances pour l'apprentissage.

- *Représentation spatiale des connaissances.* Les environnements virtuels d'apprentissage (EVA) peuvent être utilisés pour organiser des activités d'apprentissage qui favorisent les connaissances spatiales d'un certain domaine. La possibilité de se déplacer librement dans l'EVA en 3D, de l'observer depuis n'importe quelle position et

l'interaction avec les objets à l'intérieur de celui-ci peut contribuer au développement de ces connaissances.

- *Apprentissages expérientiels.* Les EVA en 3D peuvent être utilisés pour faciliter les tâches d'apprentissage par l'expérience qui seraient difficiles ou impossibles à entreprendre dans le monde réel (par exemple, parce que dispendieuses, dangereuses ou risquées). Les EVA peuvent aussi être utiles pour l'apprentissage de concepts abstraits qui n'ont souvent pas d'existence propre dans la réalité et qui sont souvent imperceptibles par les sens.
- *Motivation et engagement.* Les tâches d'apprentissage dans les environnements virtuels d'apprentissage en 3D peuvent favoriser la motivation intrinsèque et l'engagement pour la matière à apprendre. Ceci peut s'expliquer notamment par la possibilité de faire des choix pour atteindre des objectifs ainsi que par des approches basées sur le jeu et la narration retrouvées dans les environnements virtuels.
- *Apprentissage en contexte.* Les EVA peuvent être utilisés pour organiser des activités d'apprentissage qui favorisent le transfert des apprentissages et des habiletés dans des situations de la vie réelle par la contextualisation des apprentissages. L'application des connaissances et des compétences nouvellement acquises sera plus efficace si l'environnement d'apprentissage est calqué sur le contexte dans lequel les connaissances sont censées être appliquées dans le monde réel. Comme les technologies 3D peuvent offrir des niveaux de réalisme et d'interactivité compatibles avec le monde réel, les connaissances apprises dans un environnement virtuel 3D devraient être plus facilement transférables dans l'environnement réel.
- *Apprentissage collaboratif.* Les environnements virtuels d'apprentissage immersifs peuvent maintenant fournir des environnements collaboratifs dans lesquels l'apprentissage peut se faire en équipe en recourant à l'apprentissage social.

Les avantages offerts par la réalité virtuelle ont été fortement documentés depuis ce temps, notamment, dans diverses méta-analyse, méta-synthèses et revues de la littérature (Coban et al., 2022; Freina & Ott, 2015; Lewis et al., 2021; Maroukias et al., 2023; Pellas et al., 2020) dont

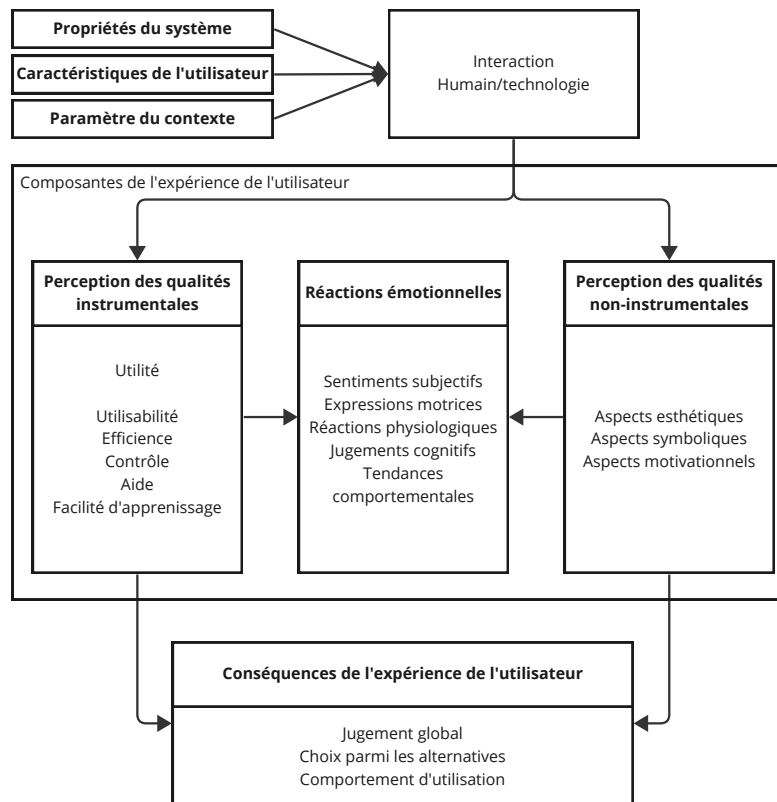
- Une amélioration des résultats d'apprentissage;
- Une augmentation de la motivation et de l'engagement des étudiants;
- Une amélioration de la compréhension des concepts abstraits;
- Une possibilité d'offrir des expériences d'apprentissage authentiques.

Cadre conceptuel

L'expérience-utilisateur

Dans l'objectif de décrire l'expérience des enseignants et des étudiants suite à l'expérimentation de la réalité virtuelle sous diverses modalités, nous nous sommes tournés vers un modèle théorique de l'expérience utilisateur.

Par opposition aux modèles classiques d'utilisabilité, les approches théoriques contemporaines de l'expérience utilisateur ne se limitent plus aux qualités instrumentales des produits et considèrent d'autres caractéristiques liées à l'apparence, l'esthétique, le plaisir, les émotions, etc. (Barcenilla & Bastien, 2009). Le modèle élaboré par Mahlke (2008) présenté à la figure 2 s'inspire de modèles issus de travaux antérieurs portant sur l'expérience utilisateur (Forlizzi & Ford, 2000; Hassenzahl & Tractinsky, 2006).

**Figure 2**

Modèle de l'expérience utilisateur par Mahlke (2008). Figure adaptée de Barcenilla et Bastien (2009)

Ce modèle comporte trois composantes déterminent l'expérience utilisateur et ses conséquences. Les qualités instrumentales font référence aux perceptions en lien avec l'utilité et la facilité d'apprentissage, en s'inspirant notamment de travaux passés sur l'utilisabilité (Kirakowski, 1996; Nielsen, 1994). Les qualités non instrumentales, qui présentent un intérêt particulier dans le cadre de ce projet, réfèrent aux aspects qui dépassent l'utilité, mais ont un impact sur l'expérience d'un individu, soit les aspects esthétiques (visuels, auditifs et haptiques), les aspects symboliques, qui interagissent avec les valeurs de l'utilisateur, ainsi que les aspects motivationnels, en lien avec la motivation et l'engagement qui seront décrits plus loin. La perception qu'a l'utilisateur de ces deux qualités détermine la troisième composante son expérience, soit ses réactions émotionnelles (Scherer, 1984, 2001). Ces trois composantes détermineront à leur tour les réactions de l'utilisateur face à son expérience, notamment son jugement de l'outil technologique en question ainsi que son intention d'en continuer l'utilisation.

Les émotions ressenties avec la réalité virtuelle, un lien avec la motivation et l'engagement

Il est possible d'établir un lien entre plusieurs éléments du modèle de Mahlke et des dimensions liées à l'engagement et à la motivation, qui comportent des dimensions affectives

importantes. Certains travaux de recherche indiquent que la réalité virtuelle offre une expérience d'apprentissage favorisant la génération d'émotions positives (telles que l'intérêt, l'amusement, la surprise et l'exaltation) (Allcoat et al., 2021; Allcoat & Mühlénen, 2018; Ślószarz et al., 2022).

L'approche sociocognitive de la motivation de (Bandura, 1986), qui accorde une place centrale au sentiment d'efficacité personnelle, est fréquemment utilisée pour l'étude de la motivation et de l'engagement scolaire (Molinari et al., 2016). Les travaux de Bandura ont engendré différentes théories motivationnelles, qui postulent une interaction entre les caractéristiques de l'environnement d'apprentissage, de l'apprenant et ses comportements. Plus précisément, on y voit la motivation comme un phénomène à la fois cognitif et affectif, dynamique et changeant, relié aux perceptions, aux interprétations et aux anticipations d'une personne apprenante en lien avec son environnement (Pintrich, 2003).

Les théories dites des attentes et de la valeur (Eccles & Wigfield, 2002; Pintrich, 2003) distinguent les attentes de succès ou les anticipations (croyances de contrôle et sentiment d'efficacité personnelle), d'une part, et la valeur accordée à une tâche ou à une formation (importance, utilité, intérêt, type de buts), d'autre part. Le modèle de Pintrich (2003) intègre la valeur affective comme une composante spécifique dans son modèle, à laquelle il considère que l'on n'a pas suffisamment porté attention. Ces différentes composantes motivationnelles déterminent le degré d'engagement dans une activité ou une tâche.

Fredricks et al., (2004) définissent trois types d'engagement, soit l'engagement comportemental, l'engagement cognitif et l'engagement affectif. L'engagement comportemental est lié à la participation aux activités scolaires, sociales ou extrascolaires (Fredricks et al., 2004) et aux comportements souhaités dans ces activités. L'engagement cognitif fait référence à l'investissement et aux efforts mentaux fournis pour la compréhension de notions difficiles et l'acquisition de compétences complexes. Cet engagement dépend de la quantité des stratégies cognitives déployées, mais aussi à leur qualité. L'engagement affectif réfère, pour sa part, aux émotions (par exemple,

l'intérêt, la joie, l'ennui, la tristesse ou l'anxiété) ressenties à l'égard de l'école, des enseignants, des pairs, du contenu à apprendre ou de l'apprentissage (Fredricks et al., 2004; Molinari et al., 2016).

Objectif

L'objectif de cet article est de décrire l'expérience des enseignants et des étudiants quant à l'intégration dans des cours de sciences au postsecondaire de scénarios pédagogiques intégrant des simulations ou jeux sérieux en réalité virtuelle (non immersive et immersive).

Méthodologie

Type de recherche

Les résultats présentés dans cet article s'intègrent dans une recherche plus vaste visant à explorer le potentiel pédagogique et didactique de scénarios intégrant des simulations en réalité virtuelle pour l'apprentissage des sciences au postsecondaire. L'étude s'inscrit dans le cadre d'une recherche-action-formation et d'une approche de recherche orientée par la conception (*design-based research*), reposant sur une méthodologie mixte.

Étapes du projet

La figure 3 illustre les différentes phases de l'étude. Pour des raisons techniques en lien avec la pandémie de COVID-19 qui prévalait à ce moment, nous avons amorcé l'étude avec l'implantation de la réalité virtuelle sur ordinateur durant les trois itérations allant de l'automne 2020 à l'automne 2021. Par la suite, le volet réalité virtuelle immersive a été déployé d'abord de façon exploratoire dans un premier temps avec un nombre limité de participants et avec une implantation plus large dans les classes dans un deuxième temps.

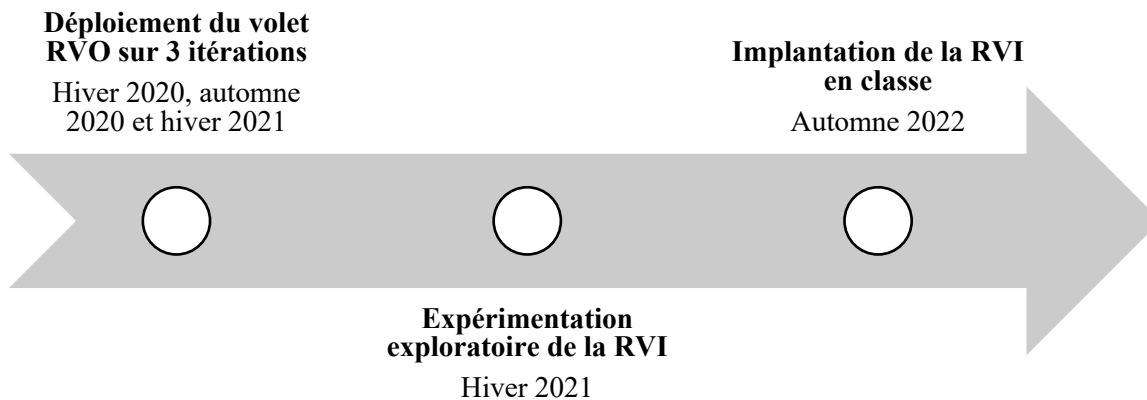


Figure 3

Calendrier du déploiement des différents volets de l'étude

Participants et outils de collecte

Déploiement du volet de la Réalité virtuelle sur ordinateur (RVO)

Des entrevues de groupe disciplinaires ont été réalisées auprès de 29 enseignants issus de six établissements d'enseignement collégial après que ceux-ci aient expérimenté une simulation Labster. Ces simulations de RVO se présentent un peu comme missions dans lesquels les étudiants auront à effectuer certains choix et certaines analyses. Elles sont très contextualisées et comportent des éléments tirés de l'univers des jeux. Des questionnaires ont ensuite été répondus par 1461 de leurs étudiants après que ceux-ci aient expérimenté un scénario pédagogique intégrant une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur (RVO). Les simulations Labster ont été intégrées dans un scénario pédagogique élaboré par chaque enseignant participant avec l'aide d'un conseiller pédagogique et des membres de l'équipe de recherche. 26 étudiants ont participé à des entrevues de groupes.

Déploiement du volet réalité virtuelle immersive (RVI)

Première expérimentation exploratoire de la réalité virtuelle immersive (RVI)

Pour la réalité virtuelle immersive (avec casque de réalité virtuelle), nous avons fait une première expérimentation avec 7 enseignants et 6 étudiants donnant ou suivant des cours de chimie ou de biologie au cégep. Ceux-ci ont été invités à expérimenter l'application Sharecare YOU anatomy VR ou l'application Abelana's Atom Maker dans un casque de réalité virtuelle de type Oculus Rift. Ces applications ont été choisies en raison de leur pertinence pédagogique potentielle pour les cours de chimie et de biologie au collégial. Une entrevue semi-dirigée a été réalisée avec ces participants.

Implantation en classe d'un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en réalité virtuelle immersive

La réalité virtuelle immersive a ensuite été implantée à grande échelle auprès de 6 enseignants et 220 étudiants dans des cours de biologie et de chimie du programme sciences de la nature au Cégep de Saint-Jérôme. Des questionnaires ont été répondus par 69 étudiants après que ceux-ci aient expérimenté un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en réalité virtuelle immersive (à l'aide d'un casque de réalité virtuelle Meta Quest 2). 6 enseignants et 14 étudiants ont ensuite participé indépendamment à des entrevues de groupes. Il faut mentionner que les jeux sérieux expérimentés étaient des prototypes du produit que nous désirions élaborer dans le cadre de l'un de nos projets, financé par le programme NovaScience du ministère de l'Économie et de l'Innovation (Marquis et al., 2023). La première séance, en biologie, a été expérimentée le 31 octobre 2022. Le prototype n'était pas parfaitement au point et les étudiants ont éprouvé plusieurs problèmes techniques. Nous n'avions pas non plus anticipé l'ampleur des exigences logistiques liées à un essai d'une telle envergure et des besoins de soutien. Lors de la deuxième expérimentation en chimie, 5 semaines plus tard, toute une équipe d'accompagnement était présente et les modifications au jeu de biologie ont aussi permis d'éviter les problèmes techniques en chimie.

Questionnaires

L'échelle d'engagement affectif comporte 6 items modifiés et adaptés de Skinner et al. (2008) pour le contexte de l'enseignement avec la réalité virtuelle. Son coefficient alpha de fidélité est de 0,852. Du côté de la valeur, l'équipe a élaboré des échelles comparatives fondées sur la composante valeur du modèle de Pintrich (2003). Les échelles comparatives utilitaires et affectives visaient à juger de l'utilité ainsi que la dimension affective perçues lors des activités en réalité virtuelle en comparaison avec les activités habituelles se déroulant en classe. Les analyses factorielles exploratoires ont abouti à deux facteurs. L'échelle comparative utilitaire comprenant 3 items ($\alpha = 0,822$) et l'échelle comparative affective en comprenait 6 ($\alpha = 0,947$).

Analyse des données

Des statistiques descriptives ont été effectuées sur les données des échelles comparatives utilitaires et affectives et de l'échelle d'engagement affectif.

Analyse des données qualitatives issues des entretiens

Une analyse de contenu a été effectuée sur les données qualitatives issues des diverses entretiens selon la démarche de Miles & Huberman (2003). Pour chacun des types d'entrevue, l'analyse a débuté par une phase de condensaton des données où, après transcription des verbatims, une grille de codification a été élaborée par deux codeurs de façon consensuelle. Un contre-codage a été effectué sur 30% du corpus avec un accord interjuge égal ou supérieur à 75%. La codification a été effectuée à l'aide du logiciel QDAMiner. Ensuite, une deuxième étape de présentation des données a suivi avec l'élaboration de nuages de mots et de figures. Enfin, l'interprétation des résultats a ensuite été réalisée via l'élaboration et la vérification de conclusions.

Analyse lexicale des réponses aux questions ouvertes du questionnaire

Pour l'analyse des réponses aux questions ouvertes, nous avons déployé une analyse lexicologique effectuée avec le logiciel IRaMuTeQ (Gephart, 1993), elle-même issue de la méthode de (Reinert, 1990) qui vise à « dégager les structures signifiantes d'un texte » (Née, 2017, p. 124). Cette méthode mise sur une « analyse hiérarchique descendante qui crée des classes d'énoncés aussi

homogènes que possible en leur sein et aussi différents que possible des autres classes (Reinert, 1983) » (Poellhuber & Michelot, 2023, p. 9). Plus précisément, après une préparation adéquate du corpus, le logiciel procède à une lemmatisation qui vise à regrouper tous les mots d'une même famille (noms avec verbes ou adjectifs, par exemple enseignants avec enseigner et enseignante) en un même lemme. Puis, le logiciel analyse la corrélation entre ces mots à l'intérieur des unités de contexte élémentaires (UCE) d'environ 10 à 15 mots, qui ont des caractéristiques semblables à celles d'une phrase. Le logiciel crée ensuite des classes en fonction des UCE les plus semblables en cherchant la plus grande proximité entre les classes et la plus grande distance interclasses (Roy & Garon, 2013). Ainsi, le travail du logiciel est fondé sur l'analyse des similitudes et des différences (Mohr, 1998), qui peuvent être paramétrées de différentes façons. L'analyse de similitude offre différentes représentations visuelles des termes et classes, qui peuvent être recontextualisées en fonction des extraits originaux, et ensuite être soumises à l'interprétation. Une première représentation est celle d'un nuage de mots-clés, qui représente essentiellement la fréquence des termes dans le corpus (figures 6 et 11). Dans la deuxième représentation (figures 7 et 13), l'indice de cooccurrence a été calculé selon l'algorithme Fruchterman-Reingold de dessin basé sur les forces (*force-directed algorithms*), ce qui permet de mettre en évidence la proximité, ou le positionnement, des mots dans les UCE ». La taille des cercles est proportionnelle à la fréquence des termes, et la couleur regroupe les communautés de termes.

Résultats

Les résultats présentés dans cette section portent sur l'expérience vécue par les enseignants et les étudiants après avoir expérimenté la réalité virtuelle selon l'un des différents volets de l'étude.

L'expérience vécue par les enseignants et les étudiants avec la réalité virtuelle sur ordinateur

Dans cette section, nous présenterons les résultats décrivant l'expérimentation d'une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur (RVO) par les enseignants participants ainsi que les

résultats de l'expérience des étudiants après que ceux-ci aient vécu un scénario pédagogique intégrant ce type de simulation.

Expérience vécue par les enseignants lors de l'expérimentation d'une simulation en RVO

La figure 4 illustre les thèmes abordés par les enseignants de biologie, chimie et physique pour décrire leur expérience lors de l'usage d'une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur.



Figure 4

Thèmes décrivant l'expérience vécue par les enseignants lors de l'expérimentation d'une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur (n=29)

*Dans les nuages de mots présentés tout au long de l'article, la taille des caractères est proportionnelle au nombre de personnes ayant abordé le thème.

L'analyse des propos recueillis lors des entrevues portant sur l'exploration de l'outil faite par les enseignants montre que le thème **avantages pédagogiques observés** est celui qui a été

abordé par le plus d'enseignants lorsque ceux-ci devaient décrire leur expérience d'exploration.

L'extrait suivant illustre les propos d'une enseignante.

- *Au début j'étais vraiment impressionnée, en tout cas au niveau pédagogique... Qu'on aborde tel concept, puis là ça nous l'explique, puis il y a une petite image, puis il y a une question qui vient avec. Il faut que les étudiants répondent à la question, puis là après, moi j'ai le résultat dans le dashboard. Au plan pédagogique, je trouvais ça hyper complet, surtout que nous on était en mode un peu « mais qu'est-ce qu'on va faire, la pandémie nous tombe sur le dos ». Puis là, on nous donne cet outil-là où je peux faire un suivi pédagogique de ce qui se passe. C'était vraiment cool. (Julie, biologie)*

L'aspect ludique ressort ensuite comme un élément de l'expérience vécue par plusieurs enseignants. Des éléments en lien avec la **navigation**, autant positifs que négatifs, sont aussi ressortis.

Le thème **réaction émotionnelle +**, ressorti chez quelques (4) enseignants, regroupait des mots-clés tels qu'impressionnant, excitation, curiosité et wow! super!. Ces derniers ont été utilisés par les enseignants pour décrire leur expérience avec la réalité virtuelle sur ordinateur.

Expérience vécue par les étudiants lors de l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant une simulation en RVO

La figure 5 illustre les thèmes abordés par les étudiants en biologie, chimie et physique pour décrire leur expérience lors de l'expérimentation d'une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur intégrée dans un scénario pédagogique élaboré par leur enseignant.



Figure 5 Version prépublication
 Thèmes décrivant l'expérience vécue par les étudiants lors de l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur (n=26)

L'analyse montre que les thèmes **plaisant/fun**, **engageant /motivant+**, **ludique**, **très en lien avec des éléments affectifs**, et le thème **nouveauté** ressortent des propos recueillis lors des entrevues portant sur l'expérimentation d'un scénario pédagogique élaboré par les enseignants incluant une simulation Labster. Le thème **aide à l'apprentissage** a aussi été beaucoup abordé par les étudiants, quoique dans une moindre mesure que les thèmes précédents.

L'extrait suivant illustre des propos codés dans les thèmes plaisant et engageant/motivant.

- *On n'a comme pas l'impression en tant que telle d'apprendre, on a l'impression dans un certain sens de jouer à un petit jeu, puis en même temps on révise. Moi, j'ai trouvé ça plaisant pour ça. (Étudiant de Maxime, Chimie)*

- *Vu que c'est plus plaisant, c'est aussi plus motivant et tu te forces un peu plus en même temps. Puis c'est quelque chose qui sort de l'ordinaire. C'est quelque chose que tu dis : ben, ça arrive juste une fois. Tant qu'à le faire, je vais bien le faire. (Étudiant de Justine, Biologie)*

L'extrait suivant illustre des propos du thème aide apprentissage.

- *C'est vraiment cool parce qu'admettons qu'il y a des concepts que sur papier tu comprends pas bien, ça te permet de mettre des images là-dessus. Admettons, quand tu fais ton examen, tu vas essayer de penser à quoi ça fait référence ce concept-là. Là, tu peux avoir l'image du jeu justement dans ta tête : ah oui, c'est vrai. J'ai déjà fait ça. (Étudiant de Maxime, chimie)*

La figure 6 présente le nuage de mots que l'on obtient avec IRaMuTeQ avec les réponses d'une question ouverte du questionnaire qui demande aux étudiants de rapporter leurs premières impressions avec la RVO. Les mots les plus fréquemment utilisés réfèrent à des dimensions qui sont en lien avec l'apprentissage : comprendre et apprendre. D'autres mots fréquemment employés font largement appel à des réactions affectives positives : aimer, jeu, amusant, intéressant, agréable.



Figure 6

Nuage de mots décrivant les premières impressions des étudiants après l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant une simulation en RVO (n=1244)

La figure 7 illustre une visualisation fondée sur une analyse de similitudes des termes générée par IRaMuTeQ pour la même question ouverte du questionnaire.

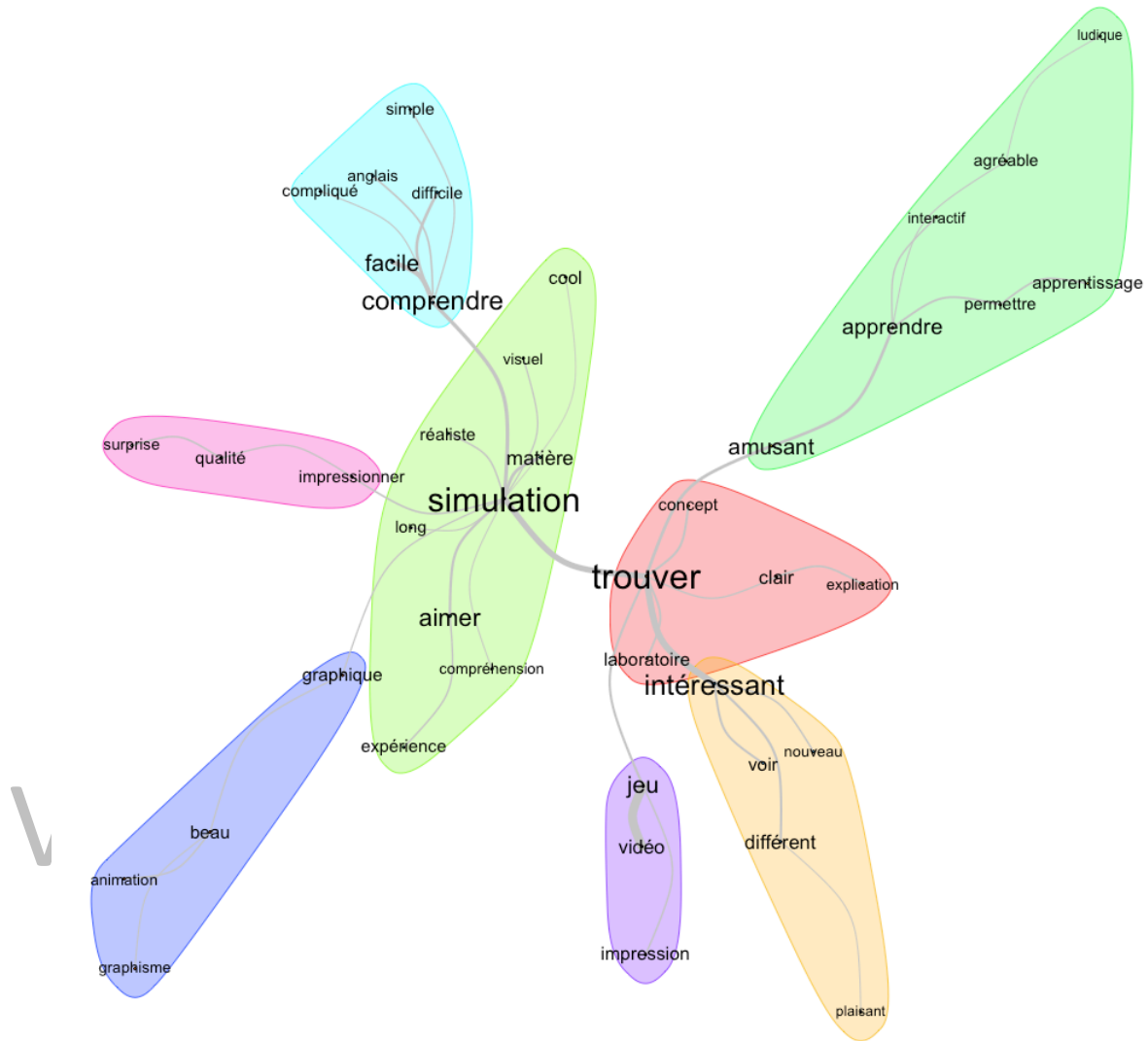


Figure 7

Analyse de similitudes décrivant les premières impressions des étudiants après l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant une simulation en RVO (n=1244)

Alors que les nœuds de gauche semblent associés aux graphiques, à la qualité ainsi qu'à la facilité d'utilisation, les nœuds de droite semblent davantage liés à l'apprentissage ainsi qu'aux aspects affectifs. On remarque, en effet, que plusieurs des nœuds illustrés renferment des termes associés à ces derniers tels qu'aimer, différent, plaisant, amusant, agréable et ludiques. Cette figure illustre que le terme comprendre (très fréquent selon le nuage de mots plus haut) semble être lié à

des commentaires sur la facilité d'utilisation (halo bleu), alors que le halo vert à droite réunit des termes liés à l'apprentissage et aux émotions (amusant, agréable et ludique).

Le tableau 1 présente des statistiques descriptives des échelles liées aux aspects affectifs issues de l'analyse des questionnaires distribués aux étudiants.

Tableau 1

Résultats des questionnaires distribués aux étudiants après l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant une simulation en réalité virtuelle sur ordinateur

Échelle	N	Min	Max	Moyenne	Écart-type
Engagement affectif	1228	1	7	5,23	1,230
Échelle comparative - Valeur affective	1248	1	5	3,84	0,829
Échelle comparative - Valeur utilitaire	1248	1	5	3,54	0,830

Version prépublication

L'expérience vécue par les enseignants et les étudiants lors d'une première expérimentation exploratoire de la réalité virtuelle immersive

Dans cette section, nous présenterons les résultats décrivant l'expérimentation exploratoire d'une simulation en réalité virtuelle immersive (RVI) par les enseignants et les étudiants participants.

Expérience vécue par les enseignants lors de l'expérimentation d'une expérimentation exploratoire avec la RVI

La figure 8 illustre les thèmes ressortis après que les enseignants aient expérimenté de façon exploratoire une application en réalité virtuelle immersive.



Figure 8 Version prépublication

Thèmes décrivant l'expérience vécue par les enseignants lors de l'exploration d'une application en réalité virtuelle immersive (n=7)

Des commentaires positifs sur les représentations présentes dans l'application (**représentations+**), comme l'illustre l'extrait suivant, ressortent de l'expérience de tous les enseignants.

- *De voir des cavités à l'intérieur de l'encéphale, tu peux pas faire ça avec une feuille de papier, tu le vois pas. Ça là, ça aide vraiment, puis c'est important en biologie d'être capable de comprendre l'interrelation des structures par rapport aux autres. C'est une grosse force. [...] Tu sais, il n'y pas un livre de biologie qui peut «accoter» ça. Pour la compréhension des structures comme ça. (Félix, Biologie)*

L'immersion/présence et les aspects visuels, sont les autres thèmes qui ont été abordés par le plus grand nombre d'enseignants. Ceux-ci ont apprécié la beauté de l'environnement virtuel

ainsi que l'aspect 3D des différents objets présents. Ils avaient tendance à commenter de façon positive les formes de représentation des contenus trouvées dans l'application. Ils ont enfin fait des commentaires positifs et négatifs relativement au confort (le casque utilisé était relié à un fil, vision, chaleur).

Les **aspects motivationnels** ont aussi été abordés par 3 enseignants qui percevaient que l'application expérimentée avait la capacité d'être stimulante et ainsi, à pouvoir motiver leurs étudiants à s'y engager.

En ce qui concerne les émotions ressenties, le **plaisir** a été mentionné par 3 enseignants qui ont qualifié leur expérience de l'«fun», trippante et agréable. La surprise et le côté relaxant ont été chacun abordés par un enseignant. L'ennui a aussi été mentionné par l'un des enseignants, qui aurait souhaité que les opportunités offertes par la réalité virtuelle soient mieux exploitées dans l'application qu'il avait expérimentée.

Expérience vécue par les étudiants lors de l'expérimentation d'une expérimentation exploratoire avec la RVI

La figure 9 illustre les thèmes ressortis après que les étudiants aient exploré une application en réalité virtuelle immersive (Sharecare You VR ou Abelana's atom maker) dans un casque Oculus Rift.



Figure 9 Version prépublication
Thèmes décrivant l'expérience vécue par les étudiants lors de l'exploration d'une application en réalité virtuelle immersive (n=6)

Les thèmes ressortis par le plus grand nombre d'étudiants touchent l'**aspect plaisant** de l'expérience, les **aspects visuels** de l'application ainsi que les thèmes **compréhension et visualisation**. Bien que l'aspect affectif ressorte des propos des étudiants, ceux-ci expliquent aussi que leur expérience a été marquée par la perception d'avantages pour l'apprentissage pour la visualisation et la compréhension, notamment.

En ce qui a trait aux émotions ressenties, alors que le thème **plaisant** a été abordé par presque tous les étudiants, les thèmes **relaxant, surprise, ennui et peur** ont, pour leur part, été abordés respectivement par un participant. Le thème plaisant, illustré par l'extrait plus bas, regroupe des extraits où l'expérience fut qualifiée de l'«fun», d'agréable ou d'excitante.

- *Amusant, c'était le fun, c'était vraiment « nice », moi, j'adore ça, tu sais. [...] C'est amusant comme façon d'enseigner. (Mélissa, étudiante en biologie)*

Le fait de se retrouver immergé dans le monde virtuel a créé un effet de surprise ou a généré un état de relaxation. L'ennui a été mentionné en lien avec la longueur de l'expérimentation alors que la peur a été ressentie par une étudiante à cause de l'immersion dans un estomac.

L'expérience vécue par les enseignants et les étudiants lors de l'implantation en classe d'un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en réalité virtuelle immersive.

Dans cette section, nous présenterons les résultats l'expérience des enseignants et des étudiants après l'implantation en classe d'un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en RVI.

Expérience vécue par les enseignants lors de l'implantation de la RVI en classe

La figure 10 illustre les impressions des enseignants après qu'ils aient implanté un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en RVI dans leur classe.



Figure 10

Thèmes décrivant l'expérience vécue par les enseignants de biologie et de chimie après l'implantation d'un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en RVI (n=6)

Le thème **méthode différente**, abordé par 5 des 6 enseignants, fait référence au fait que le jeu en RVI a représenté une manière nouvelle d'amener la matière, ce qu'ils ont apprécié et qui semble avoir été apprécié des étudiants. Les thèmes **motivation**, **questionne impact** et **bogues techniques** ont ensuite été abordés par le plus d'enseignants.

Le thème **motivation** regroupe plusieurs extraits où les enseignants décrivent que l'expérience en réalité virtuelle immersive a motivé les étudiants selon eux comme on peut le lire dans les quelques extraits suivants.

- *J'étais content de voir l'enthousiasme des étudiants. [...] Tu sais, tu voyais qu'il y avait une étincelle, il y avait de la motivation et moi j'ai trouvé ça le fun.* Bénédicte, biologie
- *On va se le dire, pour la synthèse des protéines, c'est rare qu'on voit des élèves sourire et avoir du fun en faisant des exercices. Puis là, ils avaient l'air contents, d'avoir du fun. C'est le point de vue motivation scolaire. Et comment je dirais, avoir le goût d'être là et d'avoir du fun, ça, c'est un plus que j'ai rarement vue sur un exercice de synthèse des protéines.* Pablo, biologie

Toutefois, bien que les enseignants aient observé des effets positifs sur le plan de la motivation, ils ne peuvent pas en dire autant pour ce qui est des apprentissages réalisés. Cela se reflète dans les propos codifiés dans le thème **questionne impact**, thème abordé par 4 des 6 enseignants. Les enseignants ne sont pas en mesure d'affirmer avec certitude que le jeu a pu avoir des impacts positifs sur les apprentissages.

Enfin, le thème **bogues techniques** a été abordé par les 4 enseignants de biologie, Tel que mentionné plus tôt, cela s'explique par le fait que les jeux sérieux étaient des prototypes.

L'implantation en classe du jeu de biologie a d'ailleurs permis de corriger plusieurs problèmes afin d'éviter qu'ils se reproduisent ensuite lors de l'implantation du jeu en chimie.

Pour ce qui est des émotions ressenties, certains enseignants ont mentionné la **fébrilité** et le **stress**. Ils étaient excités de déployer une telle technologie dans leur cours, mais l'appropriation de la technologie par les étudiants et les problèmes techniques vécus ont été une source de stress.

Expérience vécue par les étudiants lors de l'implantation de la technologie en classe

La figure 11 illustre l'expérience décrite par les étudiants après que leur enseignant ait implanté un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en RVI en classe.



Figure 11

Thèmes décrivant l'expérience vécue par les étudiants après avoir expérimenté le scénario pédagogique, intégrant un jeu sérieux en RVI, élaboré par leur enseignant (n=14)

Le thème **plaisant** a été abordé par 9 des 14 étudiants participant aux entrevues de groupe. Les expressions le fun, cool, amusant ont été utilisées à plusieurs reprises pour expliquer qu'ils ont trouvé l'expérience plaisante.

- *Ça m'a comme rendu un peu plus heureux aussi d'aller en bio parce que tu sais, un lundi matin, la réalité virtuelle c'est un peu plus le fun que s'asseoir puis de prendre des notes. Étudiant 2, biologie.*
- *C'est cool parce que tu le comprends, tu apprends, t'as du fun et quand t'as du fun, quand t'apprends quelque chose, c'est comme ça «cale» vite dans ta tête parce que tu le fais... Tu le fais pas comme genre, t'es stressé il faut que tu comprennes, mais tu le fais en jouant. Étudiant 7, chimie.*

Le thème **différent/nouveauté** est celui qui a ensuite été abordé par le plus grand nombre d'étudiants. Tout comme cela a été le cas pour les enseignants, les étudiants ont apprécié cette manière différente d'apprendre la matière.

Les thèmes **immersifs** et **aspects motivationnels** ont été abordés par plus du tiers des étudiants. Du côté immersif, les étudiants ont mentionné s'être senti présents et focus dans le jeu. Plusieurs raisons ont été évoquées par les étudiants pour expliquer les avantages motivationnels du jeu en RVI. Parmi celles-ci, on retrouve le fait que ce soit une méthode d'enseignement différente, que l'immersion incite les étudiants à rester concentrés, que le design du jeu en équipe soit excitant et l'envie de progresser dans les jeux.

Enfin, les étudiants soulignent l'aspect **ludique** des jeux qu'ils ont perçus comme amusants et comment ceux-ci ont été bénéfique pour la **compréhension (et la visualisation)**.

Le nuage de mots obtenu avec IRaMuTeQ avec les réponses d'une question ouverte du questionnaire portant sur les premières impressions avec la RVI est présenté à la figure 12.



Figure 12

Nuage de mots décrivant les premières impressions des étudiants après l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en RVI (n=89)

Les mots les plus fréquemment utilisés réfèrent dans ce cas à des dimensions affectives : aimer, amusant, intéressant, impressionnant et cool. On y retrouve tout de même, dans une moindre mesure, les termes comprendre et apprendre.

La figure 13 illustre une visualisation fondée sur une analyse de similitudes des termes générée par IRaMuTeQ pour la même question ouverte du questionnaire. L'ensemble de termes liés

au terme aimer est lié à l'ensemble jeu. L'ensemble intéressant est lié à impressionnant et le terme cool demeure isolé.

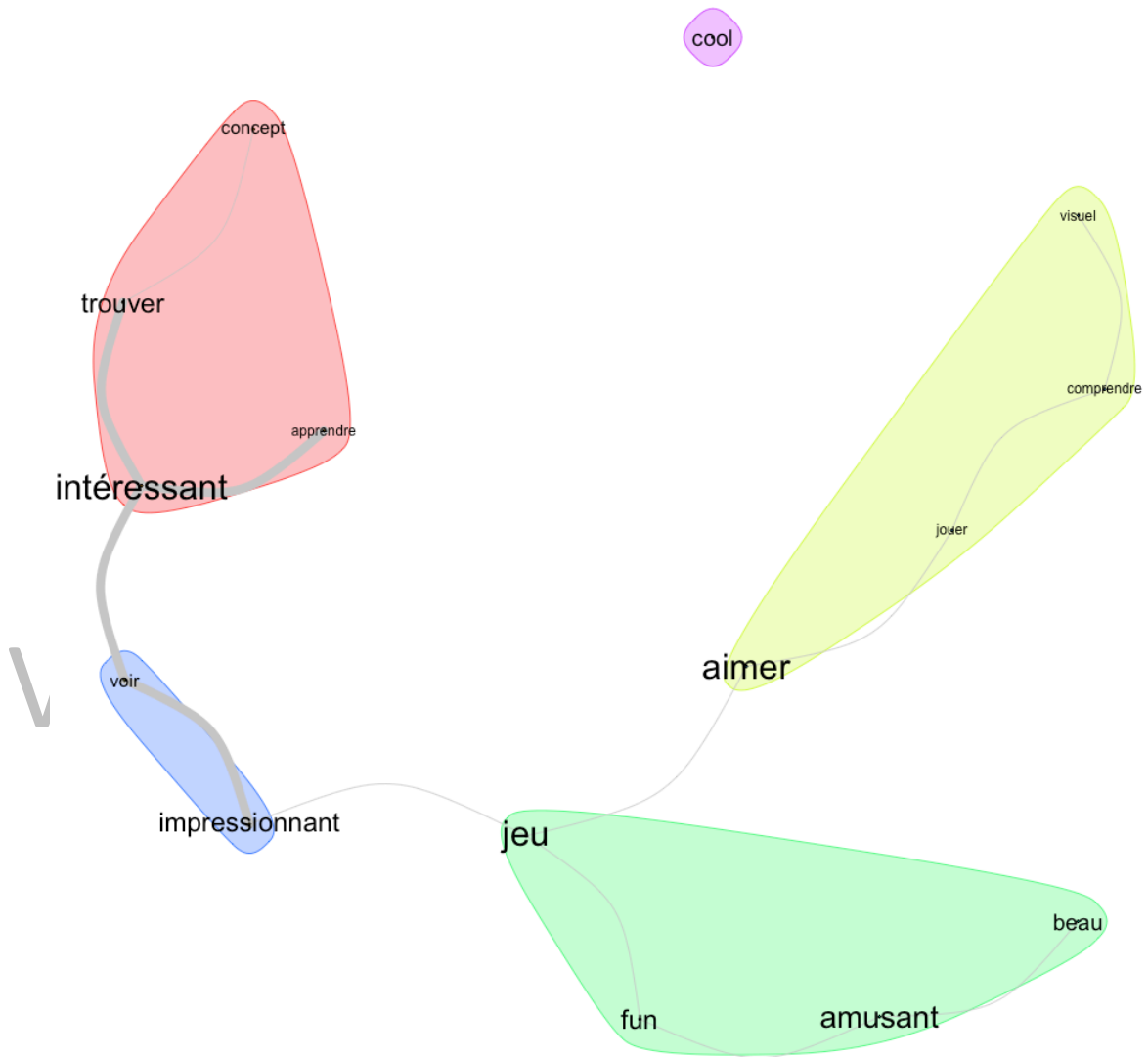


Figure 13

Analyse de similitudes décrivant les premières impressions des étudiants après l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant une simulation en RVI (n=89)

Le tableau 2 présente des statistiques descriptives des échelles liées aux aspects affectifs issues de l'analyse des questionnaires distribués aux étudiants.

Tableau 2

Résultats des questionnaires distribués aux étudiants après l'expérimentation d'un scénario pédagogique intégrant un jeu sérieux en réalité virtuelle immersive

Échelle	N	Min	Max	Moyenne	Écart-type
Engagement affectif	67	1	7	5,94	0,878
Échelle comparative - Valeur affective	69	1	5	4,36	0,535
Échelle comparative - Valeur utilitaire	69	1	5	3,68	0,894

Discussion

Les données issues aussi bien des analyses qualitatives que des analyses quantitatives convergent de manière importante et nous amènent à trois résultats centraux.

- 1. Les aspects affectifs et émotionnels sont ceux qui ressortent le plus de la première expérience des étudiants avec la RVO et la RVI. Des émotions positives sont ressenties lors de cette première expérience de la réalité virtuelle.**

Les données recueillies auprès des étudiants (par des entretiens, avec l'analyse lexicale effectuée sur une question ouverte du questionnaire et les statistiques descriptives de certaines échelles du questionnaire) convergent toutes vers ce même résultat.

La réalité virtuelle, par ses différentes caractéristiques, a le potentiel de générer des émotions positives chez les étudiants qui auront comme effet de susciter la motivation et l'engagement.

Les propos des étudiants issus des entretiens et de la question ouverte du questionnaire nous indiquent que les étudiants ressentent des émotions telles que le plaisir et l'amusement et que cela a des impacts positifs sur leur motivation et leur engagement. Les résultats de l'échelle affective comparative du questionnaire montrent que les étudiants ressentent davantage des émotions positives durant les activités en réalité virtuelle que durant les activités d'apprentissages habituelles.

Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Allcoat & Mühlenen (2018), de Allcoat et al., (2021) et de Ślószar et al. (2022) suggérant que la réalité virtuelle vient augmenter les émotions positives ressenties et l'engagement, ce qui a un effet positif sur l'expérience d'apprentissage.

Nos résultats montrent la grande importance des réactions émotionnelles dans l'expérience d'utilisation de ce nouvel outil technologique, ce qui va dans le même sens que les modèles d'expérience-utilisateur qui ont ajouté les réactions émotionnelles aux dimensions d'utilité et d'utilisabilité (Barcenilla & Bastien, 2009; Mahlke, 2008), et ce, dans le contexte particulier de l'étude soit le contexte scolaire.

On peut ainsi penser que ces émotions positives générées avec la réalité virtuelle auront plusieurs effets positifs sur les apprentissages des étudiants. Selon Makransky et Petersen (2021), le fait de se sentir très présent dans un environnement virtuel réaliste peut constituer une expérience nouvelle et intense, qui permet de susciter l'intérêt, ce qui se reflète dans les résultats d'apprentissage. Cela s'avère un résultat important dans le contexte où une baisse d'intérêt pour la science est observée chez les étudiants au fur et à mesure qu'ils progressent dans leur cheminement scolaire (Christidou, 2011; Potvin & Hasni, 2014b, 2014a).

Les données recueillies auprès des enseignants (par des entrevues) montrent qu'ils ont ressenti des émotions positives en expérimentant la technologie, mais dans une moins grande mesure. Elles montrent aussi que, du point de vue des enseignants, la réalité virtuelle peut avoir un effet positif sur la motivation de leurs étudiants.

Bien que la place des émotions positives ressenties soit centrale dans l'expérience vécue avec la réalité virtuelle selon les trois modalités expérimentées (RVO, exploration en RVI et implantation de la RVI dans la classe), d'autres aspects liés à l'utilité sont aussi ressortis, ce qui nous amène au deuxième résultat central de l'article.

2. Les enseignants sont focalisés sur l'utilité pédagogique de la RVO et de la RVI .

L'utilité pour l'apprentissage ressort aussi de l'expérience des étudiants avec la RVO et la RVI, mais de façon moins importante que les dimensions affectives.

Des avantages pour l'apprentissage offerts par la réalité virtuelle ont été mis en évidence par les enseignants et par les étudiants, et ce, tant pour la RVO que pour la RVI.

L'expérience des enseignants avec la RVO a été fortement marquée par la mise en évidence d'avantages pédagogiques offerts par les simulations. Les principaux avantages relevés par les enseignants concernent le fait que les simulations en RVO permettent de diversifier les méthodes d'enseignement et permettent de mettre en place l'apprentissage actif. L'avantage de diversifier les méthodes d'enseignement a aussi été soulevé lors de l'implantation des jeux sérieux en RVI. Les enseignants ont apprécié cette manière différente d'aborder les concepts liés à la matière ciblée dans les jeux sérieux.

Plusieurs thèmes et termes issus des analyses qualitatives des données recueillies avec les étudiants sont en lien avec l'apprentissage. Plusieurs avantages pédagogiques de la RVO ont été rapportés par les étudiants tels que le lien théorie-pratique facilité par les simulations ainsi que les pratiques d'apprentissage actif mises en place dans les scénarios pédagogiques des enseignants permettant aux étudiants d'être au centre de leurs apprentissages.

Des avantages pour la compréhension et la visualisation semblent ressortir davantage avec la réalité virtuelle immersive. La réalité virtuelle peut donc offrir des avantages pour faciliter l'apprentissage des concepts abstraits scientifiques à faire apprendre au collégial. Ces résultats concordent avec certains avantages et affordances recensés dans la littérature (Coban et al., 2022; Dalgarno & Lee, 2010; Freina & Ott, 2015; Lewis et al., 2021; Marougkas et al., 2023; Pellas et al., 2020).

Les résultats de l'échelle utilitaire comparative du questionnaire montrent que les étudiants considèrent les activités en réalité virtuelle (RVO et RVI) plus utiles que les activités

d'apprentissages habituelles, bien que la différence soit moins prononcée que dans le cas de l'échelle affective. Les activités en réalité virtuelle génèrent donc des émotions positives telles que du plaisir et aident les étudiants à apprendre. Les analyses lexicales fournies par IRaMuTeQ suggèrent une proximité entre les émotions ressenties et l'apprentissage. La réalité virtuelle aurait donc la possibilité d'apporter ces deux avantages en même temps, ce qui vient contribuer à fournir une expérience d'apprentissage vraiment positive pour les étudiants.

3. L'expérience des enseignants et des étudiants est aussi marquée par des caractéristiques non instrumentales propres à la réalité virtuelle immersive, notamment l'immersion et la présence.

L'immersion et la présence ont été évoqués par les enseignants et les étudiants lors de l'essai des différents environnements immersifs. Comme le souligne Mütterlein, (2018), l'immersion et la présence constituent deux des trois piliers de l'expérience en réalité virtuelle immersive (le troisième étant l'interactivité). Par ailleurs, les aspects visuels de l'environnement virtuel tels que la beauté, les couleurs sont aussi ressortis fortement comme des éléments importants de l'expérience. La perception de ces qualités non instrumentales telles des aspects esthétiques façonne l'expérience de l'utilisateur en provoquant certaines réactions émotionnelles chez lui (Mahlke, 2008).

D'autres recherches récentes mettent en évidence l'immersion et la présence en réalité virtuelle immersive (Roy et al., 2023) (Roy et al., 2023). Ces caractéristiques non instrumentales peuvent avoir des effets positifs en éducation. En effet, selon Jensen & Konradsen (2018), l'immersion aurait un impact positif sur les apprentissages. Par ailleurs, le fait d'expérimenter un haut niveau de présence dans un environnement virtuel réaliste permettrait de susciter de l'intérêt et la motivation des étudiants, ce qui aura un impact positif sur les apprentissages de différents types de connaissances ainsi que sur le transfert des apprentissages (Makransky & Petersen, 2021).

Ces trois résultats centraux sont en accord avec la littérature selon laquelle l'immersion, le sentiment de présence ainsi que l'interaction qu'offre la réalité virtuelle peuvent permettre de

proposer des activités d'apprentissage émotionnellement engageantes, ce qui peut avoir des répercussions sur le plan cognitif (Vesisenaho et al., 2019). Alors que les dimensions affectives seraient sous-exploitées dans les modèles de la motivation (Molinari et al., 2016), les dispositifs pédagogiques intégrant la réalité virtuelle tels que ceux utilisés dans notre étude semblent offrir l'avantage d'agir directement à ce niveau tout en apportant des bénéfices pour les apprentissages.

Conclusion

L'objectif de cet article était de décrire l'expérience des enseignants et des étudiants quant à l'intégration dans des cours de sciences au postsecondaire de scénarios pédagogiques intégrant des simulations ou jeux sérieux en réalité virtuelle (non immersive et immersive). Les résultats montrent que l'expérimentation de la réalité virtuelle non immersive et immersive suscite des émotions positives chez les étudiants tout en offrant des avantages pour l'apprentissage du point de vue des étudiants et des enseignants. L'immersion et la présence perçurent en RVI, marquent aussi l'expérience, ce qui peut stimuler les apprentissages. Dans la perspective de la baisse de l'intérêt pour les sciences, il semble que la RVO et la RVI offrent le potentiel d'engager les étudiants sur le plan affectif tout en misant sur une plus grande contextualisation qui rende les apprentissages signifiants et en leur offrant de nouvelles possibilités de visualiser ou de comprendre la matière. Les cadres académiques pourraient faciliter le déploiement de ces solutions en s'assurant de dégager des budgets pour l'acquisition de licences pour des produits en RVO et en s'assurant que des équipes d'accompagnement soient présentes lorsque les enseignants veulent expérimenter la RVI.

La principale force de cette étude réside dans la convergence de l'ensemble des analyses concernant les principaux résultats, malgré la grande diversité des contextes dans lesquels l'étude s'est déroulée. Cette convergence nous permet une compréhension plus fine de l'expérience des enseignants et des étudiants dans l'utilisation de la RVO et de la RVI en enseignement supérieur.

En ce qui a trait aux limites de l'étude, bien que les nombreuses analyses qualitatives que nous avons menées nous ont aidés à mieux comprendre l'expérience des enseignants et des

étudiants expérimentant la RV, les résultats obtenus ne sont pas généralisables. De plus, les analyses qualitatives ont été réalisées sur un petit échantillon d'étudiants dans le cas de la RVI. Enfin, l'implantation de la RVI a été réalisée avec des prototypes de jeux sérieux, qui n'étaient pas optimaux lors de la première expérimentation, ce qui a entraîné des effets sur l'expérience des étudiants.

La recherche future pourrait s'intéresser plus spécifiquement aux mécanismes fins par lesquels la perception de valeur affective et l'engagement affectif peuvent influencer l'engagement cognitif, la persévérance et l'apprentissage ou la compréhension.

Version prépublication

Références

- Allcoat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D., & von Mühlénen, A. (2021). Education in the Digital Age : Learning Experience in Virtual and Mixed Realities. *Journal of Educational Computing Research*, 59(5), 795-816. <https://doi.org/10.1177/0735633120985120>
- Allcoat, D., & Mühlénen, A. von. (2018). Learning in virtual reality : Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action : A Social Cognitive Theory*. Prentice-Hall.
- Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : Quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 72(4), 311-331.
- Barmby, P., Kind, P. M., & Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093. <https://doi.org/10.1080/09500690701344966>
- Christidou, V. (2011). Interest, attitudes and images related to science : Combining students' voices with the voices of school Science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(2), 141-159.
- Coban, M., Bolat, Y. I., & Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning : A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36.
- Conseil de la science et de la technologie. (2004). *La culture scientifique et technique : Une interface entre la technologie et la société* [Rapport de conjoncture 2004]. Conseil de la science et de la technologie. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/50478>
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Duit, R. (1991). Students' conceptual frameworks : Consequences for learning science. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Éds.), *The psychology of learning science* (p. 65-83). Lawrence Erlbaum Associates.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109-132.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School Engagement : Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.

<https://doi.org/10.3102/00346543074001059>

Freeman, S., Eddy, S. L., Mcdonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Pat, M. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education : State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 1, 133.

Gephart, Jr., R. P. (1993). THE TEXTUAL APPROACH : RISK AND BLAME IN DISASTER SENSEMAKING. *Academy of Management Journal*, 36(6), 1465-1514. <https://doi.org/10.2307/256819>

Hassenzahl, M. (2003). The Thing and I : Understanding the Relationship Between User and Product. In M. A. Blythe, K. Overbeeke, A. F. Monk, & P. C. Wright (Éds.), *Funology* (Vol. 3, p. 31-42). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-2967-5_4

Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529.

Johnstone, A. H. (1991a). Why is science difficult to learn ? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

Johnstone, A. H. (1991b). Why is science difficult to learn ? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

Kirakowski, J. (1996). The software usability measurement inventory : Background and usage. *Usability evaluation in industry*, 169-178.

Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO. (s. d.). *Immersion / Présence*. La Cyberpsychologie Pour Le Bien-Être de La Santé Mentale. Consulté 26 octobre 2023, à l'adresse <http://w3.uqo.ca/cyberpsy/index.php/immersion-et-presence/>

Lee, K. M. (2004). Presence, Explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27-50. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>

Lewis, F., Plante, P., & Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : Une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, 5, Article 5.

- Mahlke, S. (2008). *User experience of interaction with technical systems*. Universität Berlin.
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL) : A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*.
- Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). How personalized and effective is immersive virtual reality in education? A systematic literature review for the last decade. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15986-7>
- Marquis, C., Poellhuber, B., Wall-Lacelle, S. et Roy, N. (2023). Un processus et des principes pour le développement de jeux sérieux en réalité virtuelle immersive. *Médiations et médiatisations*, (15), 99-122. <https://revue-mediations.teluq.ca/index.php/Distances/article/view/356>
- Miles, M. B., & Huberman, M. A. (2003). *Analyse des données qualitatives* (2e éd.). De Boeck.
- Mohr, J. W. (1998). Measuring Meaning Structures. *Annual Review of Sociology*, 24(1), 345-370. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.24.1.345>
- Molinari, G., Poellhuber, B., Heutte, J., Lavoué, E., Widmer, D. S., & Caron, P.-A. (2016). L'engagement et la persistance dans les dispositifs de formation en ligne : Regards croisés. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 13.
- Mütterlein, J. (2018). The Three Pillars of Virtual Reality ? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaiï.
- Née, É. (2017). *Méthodes et outils informatiques pour l'analyse des discours*. Presses universitaires de Rennes. https://s3.eu-west-3.amazonaws.com/nova-production/upload/documents_1/9f63a408-5bc5-4f6f-8178-11bc16fde43d.pdf
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann.
- OCDE. (2014). *Résultats du PISA 2012 : Savoirs et savoir-faire des élèves : Performances des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences (Volume I)*. <https://doi.org/10.1787/9789264097643-fr>
- Örnek, F., R Robinson, W., & Haugan, M. (2008). What makes physics difficult. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3, 30-34.
- Pellas, N., Dengel, A., & Christopoulos, A. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>

- Pintrich, P. R. (2003). Motivation and classroom learning. In *Handbook of psychology* (p. 103-122). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471264385.wei0706/full>
- Poellhuber, B., & Michelot, F. (2023). Les résultats d'un programme de formation à visée transformatrice sur le sentiment d'efficacité personnelle et les pratiques pédagogiques des enseignantes et enseignants. *International Journal of Technologies in Higher Education*, 20(2), 22-27.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014a). Analysis of the decline in interest towards school science and technology from grades 5 through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784-802.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014b). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels : A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Reinert, M. (1983). Une méthode de classification descendante hiérarchique : Application à l'analyse lexicale par contexte. *Les cahiers de l'analyse des données*, 8(2), 187-198.
- Reinert, M. (1990). Une méthode de classification des énoncés d'un corpus présentée à l'aide d'une application. *Les cahiers de l'analyse des données*, 15(1), 21-36.
- Rosenfield, S., Dedic, H., Dickie, L., Rosenfield, E., Aulls, M. W., Koestner, R., Krishtalka, A., Milkman, K., & Abrami, P. (2005). *Étude des facteurs aptes à influencer la réussite et la rétention dans les programmes de sciences aux cégeps anglophones*. <http://sun4.vaniercollege.qc.ca/fqrsc/>
- Roy, N., & Garon, R. (2013). Étude comparative des logiciels d'aide à l'analyse de données qualitatives : De l'approche automatique à l'approche manuelle. *Recherches qualitatives*, 32(1), 154-180.
- Roy, N., Poellhuber, B., & Larouche, M.-C. (2023). Le potentiel didactique et pédagogique des technologies immersives en classe de Monde contemporain : Opportunités et défis. *Médiations et médiatisations*, 16, 138-152.
- Ryan, M.-L. (1999). Immersion vs. Interactivity : Virtual Reality and Literary Theory. *SubStance*, 28(2), 110-137.
- Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion : A component process approach. *Approaches to emotion*, 2293(317), 31.
- Scherer, K. R. (2001). Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking.

Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research, 92(120), 57.

Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE) :

Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>

Ślósarz, L., Jurczyk-Romanowska, E., Rosińczuk, J., & Kazimierska-Zajac, M. (2022). Virtual Reality as a Teaching Resource Which Reinforces Emotions in the Teaching Process. *SAGE Open*, 12(3), 21582440221118083. <https://doi.org/10.1177/21582440221118083>

Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality : Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>

Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä-Tarhonen, J., Fagerlund, J., Miakush, I., & Parviainen, T. (2019). Virtual Reality in Education : Focus on the Role of Emotions and Physiological Reactivity. *Journal of Virtual Worlds Research*, 12(1).

<https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/62925>

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments : A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.

<https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Version prépublication

Version prépublication

Version prépublication