

Université de Montréal

Développement et appréciation d'un jeu sérieux pour soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le raisonnement clinique en insuffisance cardiaque aiguë d'étudiantes et d'étudiants infirmiers

Par

Marc-André Maheu-Cadotte

Faculté des sciences infirmières

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de *Philosophiae Doctor* (Ph. D.) en sciences infirmières, option formation en sciences infirmières

Février 2022

© Marc-André Maheu-Cadotte, 2022

Université de Montréal
Faculté des sciences infirmières

Cette thèse intitulée

**Développement d'un jeu sérieux afin d'améliorer le raisonnement clinique infirmier en
contexte d'insuffisance cardiaque aiguë**

Présentée par

Marc-André Maheu-Cadotte

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes

Marilyn Aita

Présidente-rapporteuse

Patrick Lavoie

Directeur de recherche

Véronique Dubé

Codirectrice

Jérôme Gauvin-Lepage

Membre du jury

Daniel Milhomme

Examineur externe

Résumé

Les personnes hospitalisées pour un problème cardiaque présentent un risque important d'insuffisance cardiaque aiguë (ICA). L'ICA qui n'est pas reconnue ou prise en charge rapidement par l'équipe de soins est associée à un important taux de mortalité. Le raisonnement clinique infirmier (RCI), soit le processus cognitif d'interprétation des données recueillies lors de l'évaluation de la santé d'une personne, est essentiel à la reconnaissance et la prise en charge de l'ICA. Les jeux sérieux sont des interventions de formation pouvant être offertes sur des supports numériques (p. ex., ordinateurs) et qui pourraient améliorer le RCI en offrant une expérience d'apprentissage engageante et intrinsèquement motivante.

En s'appuyant sur le modèle de développement d'interventions de Czajkowski et al. (2015), cette thèse par articles présente une étude dont le but était de développer et d'apprécier l'apport d'un jeu sérieux (SIGN@L, en référence aux signes et symptômes d'ICA et au support numérique du jeu sérieux) afin de soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Le jeu sérieux SIGN@L a été développé par l'étudiant-chercheur d'après le modèle théorique d'apprentissage par le jeu d'Alexiou et Schippers (2018) et les résultats de deux revues systématiques (Maheu-Cadotte et al., 2021b; Maheu-Cadotte et al., 2021c). D'après le modèle théorique retenu, le jeu sérieux combine trois couches constitutives afin de soutenir l'engagement et la motivation intrinsèque lors de l'apprentissage : des mécaniques de jeu, une trame narrative et une esthétique. Les revues systématiques ont apporté des appuis empiriques au design de SIGN@L. Ce dernier est conçu pour être utilisé individuellement, avec un ordinateur personnel et pour environ 20 minutes.

Nous avons apprécié l'apport de SIGN@L par un devis multiméthodes (Maheu-Cadotte et al., 2022). Le volet quantitatif était un essai croisé. Nous avons recruté 28 étudiantes et étudiants en sciences infirmières qui ont été répartis aléatoirement à deux séquences de prototypes du jeu sérieux : SIGN@L-A (version complète) suivi ou précédé de SIGN@L-B (comprenant seulement certaines mécaniques de jeu et une esthétique fonctionnelle). Les participantes et participants

ont rempli des questionnaires en ligne après leur utilisation de chacun des prototypes et ont rapporté des niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque plus élevés avec SIGN@L-A (r de Cohen de 0,83 et de 0,70, respectivement). Cependant, des différences négligeables dans les scores de RCI ont été constatées entre les deux prototypes (r de Cohen de 0,10).

Pour le volet qualitatif, nous avons réalisé une entrevue individuelle semi-dirigée avec 10 participantes et participants afin d'apprécier l'apport des couches constitutives des prototypes du jeu sérieux sur leur expérience d'apprentissage. Ceux-ci ont décrit que la construction de réseaux logiques avait contribué à leur apprentissage. Ils ont également rapporté que d'incarner le rôle d'une infirmière ou d'un infirmier et de prendre soin de personnes hospitalisées leur conférait un sens similaire des responsabilités à celui en pratique clinique. De plus, la division de SIGN@L-A en niveaux les aidait à situer leur progression. Alors que les deux prototypes ont été perçus comme faciles à utiliser, les réactions au rendu audiovisuel de SIGN@L-A ont varié de la détente à la distraction.

Les résultats suggèrent qu'une intervention de formation qui intègre les éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux favorise davantage l'engagement et la motivation intrinsèque d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières qu'une intervention de formation qui présente une intégration limitée de ces éléments.

Mots-clés : apprentissage par le jeu, jeu vidéo éducatif, formation des infirmières, formation en ligne, développement d'intervention, soins critiques, syndrome coronarien aigu, hypertension artérielle, raisonnement clinique, insuffisance cardiaque

Abstract

Individuals hospitalized in acute care units with a cardiac problem are at a significant risk of acute heart failure (AHF). If AHF is not recognized and managed early by the healthcare team, it is associated with significant mortality. Nurses' clinical reasoning (CR), the cognitive process of interpreting data collected during the assessment of individuals, is essential to the recognition and management of AHF. Serious games are educational interventions that can be offered on digital devices (e.g., computers) and that have the potential to enhance CR by providing an engaging and intrinsically motivating learning experience.

Based on the Czajkowski et al. (2015) model of intervention development, this article-based thesis presents a study that aimed to develop and study the contribution of a serious game (SIGN@L, in reference to the AHF signs and symptoms, and to the digital device on which is offered the serious game) to support nursing students' engagement, intrinsic motivation, and CR development in the context of AHF.

The serious game SIGN@L was developed by the student researcher based on the game-based learning theoretical model by Alexiou et Schippers (2018) and the results of two systematic reviews (Maheu-Cadotte et al., 2021b; Maheu-Cadotte et al., 2021c). According to the theoretical model, a serious game combines three layers to support engagement and intrinsic motivation during learning: game mechanics, narrative and aesthetics. Systematic reviews provided empirical support for the design of SIGN@L. This serious game is used alone, on a personal computer, and its estimated duration of use is one 20-minute session.

We assessed the contribution of SIGN@L-A through a multimethod design (Maheu-Cadotte et al., 2022). The quantitative component was a crossover trial. We recruited 28 nursing students who were randomly assigned to two sequences of serious game prototypes: SIGN@L-A (complete version) followed or preceded SIGN@L-B (including only some game mechanics and a functional aesthetic). Participants completed online questionnaires after using each of the prototype and reported higher levels of engagement and intrinsic motivation with SIGN@L-A (Cohen's r : 0.83

and 0.70, respectively). However, negligible differences in CR scores were found between the two educational interventions (Cohen's r : 0.10).

For the qualitative component, we conducted semi-structured individual interviews with 10 participants to assess the contribution of the three layers of the serious game on their learning experience. They described how they perceived that the construction of logical networks had contributed to their learning. They also reported that playing the role of a nurse and caring for hospitalized individuals gave them a similar sense of responsibility to that found in clinical practice. In addition, the division of SIGN@L-A into levels greatly helped them to situate their progress. While both interventions were perceived as easy to use, reactions to the audiovisual rendering of SIGN@L-A ranged from feeling relaxed to feeling distracted.

Results suggest that an educational intervention that integrates each of the elements of the constituent layers of a serious game is more supportive of nursing students' engagement and intrinsic motivation than an educational intervention that has limited integration of these elements.

Keywords: game-based learning, educational video game, nursing education, e-learning, intervention development, critical care, acute coronary syndrome, arterial hypertension, clinical reasoning, heart failure

Table des matières

Résumé.....	5
Abstract	7
Table des matières	9
Liste des tableaux.....	17
Liste des figures.....	19
Liste des sigles et abréviations.....	21
Remerciements	25
Avant-propos.....	29
Chapitre 1 – Problématique	31
Raisonnement clinique infirmier en insuffisance cardiaque aiguë.....	32
Jeu sérieux pour l'apprentissage et le développement du raisonnement clinique infirmier....	35
Processus de développement d'un jeu sérieux	37
But de l'étude	39
Chapitre 2 – Assises théoriques et empiriques du jeu sérieux	41
Structure du chapitre	41
Assises théoriques du jeu sérieux	42
Modèle théorique	44
Engagement.....	45
Motivation intrinsèque	46
Mécaniques de jeu	46
Trame narrative.....	48
Esthétique	49

Traits des utilisatrices ou des utilisateurs	50
Résultats d'apprentissage	51
Résumé des assises théoriques du jeu sérieux	52
Assises empiriques du jeu sérieux.....	52
Introduction au premier article.....	52
Efficacy of serious games in healthcare professions education: a systematic review and meta-analysis	54
Rôle et contribution de l'étudiant-chercheur	54
Summary statement.....	55
Introduction.....	55
Methods	57
Results	62
Discussion	80
Complément aux résultats du premier article	84
Introduction au deuxième article.....	88
Involvement of end users in the development of serious games for healthcare professions education: systematic descriptive review.....	90
Rôle de l'étudiant-chercheur	90
Abstract	91
Introduction.....	91
Results	96
Discussion	102
Conclusions.....	105
Complément aux résultats du deuxième article	106

Conclusion du chapitre.....	107
Chapitre 3 – Proposition de SIGN@L	109
Design de SIGN@L.....	109
Mécaniques de jeu	109
Trame narrative.....	113
Esthétique	114
Démarche de conception	115
Développement du contenu clinique.....	116
Programmation	117
Mise à l’essai de la stabilité.....	117
Conclusion du chapitre.....	118
Chapitre 4 – Méthodes.....	119
Devis	119
Milieu et population à l’étude.....	121
Taille de l’échantillon	122
Interventions	123
Variables et instruments de mesure	126
Volet quantitatif	126
Engagement.....	126
Motivation intrinsèque	128
Raisonnement clinique infirmier en contexte d’insuffisance cardiaque aiguë.....	129
Volet qualitatif.....	130
Déroulement de l’étude	132
Analyse des données.....	136

Volet quantitatif	136
Volet qualitatif.....	139
Considérations éthiques.....	142
Chapitre 5 – Résultats	145
Introduction au troisième article	145
Development and contribution of a serious game to improve nursing students' clinical reasoning in acute heart failure: a multimethod study	146
Rôle et contribution de l'étudiant-chercheur	146
Abstract	147
Introduction.....	148
Methods	150
Results	158
Discussion	164
Conclusion	168
Complément de résultats à l'article n° 3	169
Appréciation quantitative de l'apport des couches constitutives du jeu sérieux	169
Exploration de l'association entre les variables de résultats.....	170
Version détaillée et schématisée des résultats qualitatifs	171
Mécaniques de jeu	172
Objectifs	172
Rétroactions	175
Indices.....	176
Récompenses	177
Trame narrative.....	179

Protagoniste	179
Personnages secondaires et événements narratifs	181
Esthétique	183
Esthétique hédonique	185
Esthétique fonctionnelle	187
Conclusion du chapitre de résultats.....	189
Chapitre 6 – Discussion	191
Utilisation du modèle de développement d'interventions ORBIT	191
Identification de l'importance clinique des résultats	192
Imprécision potentielle quant à l'apport de l'intervention	194
Faisabilité et pertinence des devis suggérés.....	195
Apport des éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux.....	197
Définition du jeu sérieux et caractère imaginaire.....	197
Utilisation du modèle d'Alexiou et Schippers (2018).....	200
Intégration d'indices et progression de la complexité.....	201
Intégration d'un rendu sonore.....	203
Prise en compte des traits des utilisatrices et des utilisateurs.....	204
Réalisation de revues systématiques	206
Revue systématique d'efficacité des jeux sérieux pour la formation en santé	206
Revue systématique descriptive de l'implication des utilisatrices et utilisateurs dans le développement de jeux sérieux pour la formation en santé	207
Proposition d'un jeu sérieux	209
Programmation de SIGN@L par une seule personne	210
Choix des objectifs et du rendu visuel	211

Adaptation possible de SIGN@L	212
Ressources nécessaires au développement d'un jeu sérieux.....	213
Appréciation de l'apport du jeu sérieux.....	214
Faible taux de participation à l'étude	215
Facilité d'utilisation des jeux sérieux	216
Association entre l'engagement et la motivation intrinsèque	217
Amélioration des scores de raisonnement clinique infirmier.....	218
Apport des emblèmes dans SIGN@L-A.....	220
Apport des niveaux de jeu dans SIGN@L-A	222
Rigueur méthodologique de l'étude	223
Volet quantitatif	223
Biais liés au processus de randomisation.....	224
Biais liés à des déviations aux interventions prévues.....	224
Biais liés à des données manquantes.....	227
Biais liés aux mesures de résultats.....	230
Biais liés à la sélection des résultats qui sont rapportés.....	232
Volet qualitatif.....	233
Confirmabilité et fiabilité	233
Crédibilité	235
Transférabilité	237
Contribution de l'étude à la discipline infirmière	238
Implications et propositions.....	240
Développement de jeux sérieux.....	240
Recherche sur les jeux sérieux	241

Formation au moyen de jeux sérieux.....	242
Conclusion	243
Références bibliographiques.....	244
Annexe A. Contenu clinique à la base des interventions de formation.....	285
Annexe B. Grille CONSORT pour les essais croisés.....	313
Annexe C. Grille COREQ pour les études qualitatives	317
Annexe D. Document présentant les instructions d’installation des interventions.....	319
Annexe E. Questionnaire de données sociodémographiques	325
Annexe F. Version française de l’Échelle d’engagement de l’utilisateur – Forme abrégée (Fontaine et al., 2020; O’Brien et Toms, 2010; O’Brien et al., 2018)	326
Annexe G. Échelle de motivation situationnelle (Guay et al., 2000)	327
Annexe H. Questionnaire d’évaluation du raisonnement clinique infirmier en contexte d’insuffisance cardiaque aiguë.....	328
Annexe I. Guide d’entrevue individuelle semi-dirigée.....	334
Annexe J. Tableau de résultats portant sur les différences interindividus.....	336
Annexe K. Approbation éthique de l’étude	337
Annexe L. Formulaire d’information et de consentement	338
Annexe M. Caractéristiques des participantes et participants ayant contribué aux différents temps de collecte de données et caractéristiques de ceux n’y ayant pas contribué	344

Liste des tableaux

Tableau 1. –	Key information of included studies.....	64
Tableau 2. –	Summary of our certainty in the quantitative evidence using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) approach.	70
Tableau 3. –	Participants’ self-reported assessment regarding the following aspects of the experiential engagement.	73
Tableau 4. –	Elements in the serious game design framework by Alexiou et Schippers (2018) 96	
Tableau 5. –	End-users’ roles in the development of SGs	99
Tableau 6. –	End-users’ input on serious game design.....	100
Tableau 7. –	Comparaison des éléments de SIGN@L-A et SIGN@L-B.....	125
Tableau 8. –	Déroulement de l’étude.	133
Tableau 9. –	Design elements of SIGN@L-A and -B, based on the model by Alexiou et Schippers (2018) 153	
Tableau 10. –	Participants’ sociodemographic characteristics at baseline	158
Tableau 11. –	Outcome results for each serious game prototype	161
Tableau 12. –	Différences intra-individus aux variables de résultat en fonction de la séquence d’attribution des interventions de formation.....	170
Tableau 13. –	Associations entre les variables de résultat post-utilisation de SIGN@L-A ($n = 16$). 171	
Tableau 14. –	Associations entre les variables de résultat post-utilisation de SIGN@L-B ($n = 16$). 171	
Tableau 15. –	Évaluation de l’étudiant-chercheur des domaines de biais pour l’essai croisé .	223

Liste des figures

Figure 1. – Traduction libre du modèle ORBIT (Czajkowski et al., 2015).....	41
Figure 2. – Traduction libre du modèle théorique du jeu sérieux d’Alexiou et Schippers (2018). 45	
Figure 3. – PRISMA study flow diagram for the systematic review on the efficacy of serious games	63
Figure 4. – Risk of bias graph	69
Figure 5. – Meta-analysis on the efficacy of serious games on supporting behavioral engagement	71
Figure 6. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on knowledge acquisition.....	76
Figure 7. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on improving cognitive skills	77
Figure 8. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on improving procedural skills	77
Figure 9. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on improving confidence in skills .	78
Figure 10. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on attitude change.....	79
Figure 11. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on behavior change	79
.....	98
Figure 12. – PRISMA study flow diagram for the systematic review on the description of end- users’ involvement in the development of SGs	98
Figure 13. – Écran de construction des réseaux logiques dans SIGN@L	110
Figure 14. – Écran de construction des réseaux logiques dans l’intervention contrôle de formation SIGN@L-B.	124
Figure 15. – Exemple d’une grille qui a subi une rotation de 90 degrés à chacun des temps de mesure	129
Figure 16. – Flow of study participants	160
Figure 17. – Apport des mécaniques de jeu à l’engagement, la motivation intrinsèque et à l’apprentissage	173
Figure 18. – Apport de la trame narrative à l’engagement, la motivation intrinsèque et à l’apprentissage	180

Figure 19. – Apport de l'esthétique à l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage 184

Figure 20. – Distinctions conceptuelles entre le jeu vidéo et des interventions numériques de formation en fonction de leur représentation avec le monde réel200

Liste des sigles et abréviations

AHF	Acute heart failure
CONSORT	Consolidated Standards of Reporting Trials
COREQ	Consolidated criteria for Reporting Qualitative research
CI	Confidence interval
CR	Clinical reasoning
ICA	Insuffisance cardiaque aiguë
ORBIT	Obesity-Related Behavioral Intervention Trials
RCI	Raisonnement clinique infirmier
RCT	Randomized controlled trial
SG	Serious game
SMD	Standardized mean difference

À toutes les personnes qui prennent le temps d'écouter.

Remerciements

J'aimerais d'abord remercier mon directeur de thèse, M. Patrick Lavoie, avec qui j'ai aussi pu collaborer sur un bon nombre de projets au courant des dernières années. Je ne te remercierai probablement jamais assez d'avoir cru en moi aux moments où je doutais le plus, pour ton écoute et pour tous tes précieux conseils à mes mille et un questionnements. J'ai eu à faire face à de nombreux défis afin de mener à terme ce projet et tu m'as offert tous les outils et les ressources dont j'avais besoin pour continuer. Je remercie également ma codirectrice, Mme Véronique Dubé, qui m'accompagne à ce titre depuis ma première session au doctorat. Dieu seul le sait à combien de reprises tu as lu et commenté des documents que je te faisais parvenir ou combien d'heures nous avons passées à discuter de ce projet. Merci pour ton aide et la perspective supplémentaire que tu as apportées au fil des années.

Le développement de SIGN@L n'aurait également pas été possible sans l'aide de plusieurs infirmières praticiennes spécialisées en cardiologie qui m'ont aidé dans la conception et la révision du matériel clinique. Merci à Eva Romano pour tout le temps que tu m'as consacré. J'ai tellement appris sur l'insuffisance cardiaque grâce à toi. Tes explications ainsi que toutes les ressources que tu m'as suggérées m'ont grandement guidé dans l'élaboration du matériel à la base de SIGN@L. Merci aussi à Amélie Leroux et Claudie Roussy qui ont pris le temps de réviser jusqu'à la dernière virgule ce même matériel avant son intégration dans SIGN@L. Vos rétroactions, toujours dans la bienveillance et sans jugement, m'ont certainement permis d'améliorer mon propre raisonnement clinique en situation d'insuffisance cardiaque.

Je tiens également à remercier chaleureusement Mme Louise-Andrée Brien. Elle m'a accompagné à plusieurs étapes clés de mon projet et a toujours fait preuve d'une très grande générosité envers moi. Que ce soit dans l'opérationnalisation des procédures de recherche ou dans le développement de SIGN@L, j'avais l'impression que tout paraissait toujours plus simple ou plus facile après nos échanges. Merci beaucoup!

Je remercie également tous les professeurs qui, à un moment ou à une période de mon cheminement doctoral, m'ont accompagné ou offert directement leur expertise. À votre manière,

vous avez tous marqué le développement de ce projet et m'avez guidé dans les décisions que j'ai prises. Je remercie donc Mmes Sylvie Cossette, Jacinthe Pepin ainsi que M. Luc Mathieu.

Merci aussi à toutes les étudiantes et à tous les étudiants qui ont généreusement accepté de participer à ce projet. Le contexte dans lequel celui-ci s'est déroulé était des moins évidents. Vous avez tout de même accepté de prendre volontairement et bénévolement de votre temps pour moi m'aider, mais aussi pour aider au développement de la formation en sciences infirmières.

Un merci tout spécial à mes professeures au doctorat, Mmes Sylvie Gendron, Chantal Cara, José Côté, Sylvie Le May et Anne Bourbonnais. Les cours que j'ai pu suivre ont été des plus enrichissants et, plusieurs années plus tard, j'en garde encore des souvenirs très clairs. Je m'ennuie parfois de ces moments où j'avais la chance d'échanger avec vous et surtout de découvrir votre perspective sur divers sujets.

Je n'aurais jamais pu réaliser des études doctorales sans le soutien qui m'a été généreusement offert par plusieurs organismes sous forme de bourses d'étude ou de soutiens financiers à la diffusion du projet. Merci à ces organismes d'avoir cru en mon potentiel, à ce projet et d'avoir permis à celui-ci de se concrétiser : les Fonds de recherche du Québec – Santé, les Instituts de recherche en santé du Canada, le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, le Réseau de recherche en interventions en sciences infirmières du Québec, l'Université de Montréal, la Fondation de l'Institut de cardiologie de Montréal, l'Équipe FUTUR (FRQSC) et le Centre d'innovation en formation infirmière.

Je remercie aussi tous mes collègues et maintenant amis que j'ai rencontré au travers de mes études aux cycles supérieurs : Andréane Lavallée, Marie-France Deschênes, Alexandra Lapierre, Catherine Hupé, Catherine Pépin, Tanya Mailhot, Billy Vinette et Geneviève Laporte. Vous êtes toutes des personnes extrêmement inspirantes avec qui, à un moment où un autre de mon parcours, j'ai eu la chance de travailler et de connaître aussi. J'ai aussi eu le plaisir de rire et de découvrir le monde avec plusieurs d'entre vous. Il ne fait aucun doute pour moi que vous avez tout pour accomplir avec succès ce que votre cœur vous dit.

Merci également à mes parents, Linda Maheu et Laurent Cadotte, en particulier pour m'avoir mis un contrôleur de *Super Nintendo* dans les mains pour la première fois quand j'avais quatre ans et

pour avoir « financé » ce passe-temps pour les nombreuses années qui ont suivi. Ces milliers d'heures passées à jouer à des jeux vidéo ont finalement servi à quelque chose et m'ont grandement inspiré dans le développement de ce projet et de SIGN@L. Merci aussi à vous deux, mais également ma sœur Krystal; après six années aux cycles supérieurs, vous ne saisissez peut-être pas encore ce que je fais de mes journées et vous trouvez peut-être que c'est long tout ça, mais vous continuez de me soutenir là-dedans.

Je veux également remercier Ariane St-Louis et Élise Chaperon. Vous avez été présentes pour moi à un moment où j'en avais le plus besoin. Votre écoute, vos réflexions et vos questionnements m'ont permis d'y voir clair alors que plus rien ne faisait sens. Vous m'avez aidé à mettre de l'ordre dans mes pensées, à établir mes limites, à lâcher prise et à me développer en tant qu'individu. Vous m'avez mis en confiance dès les premiers instants et j'ai pu m'ouvrir à vous comme je l'ai rarement fait dans ma vie. Au-delà de toute l'aide que vous m'avez apportée, vous m'avez également grandement inspiré à explorer de nouveaux horizons professionnels et, pour cette raison aussi, je vous en serai éternellement reconnaissant. Je souhaite de tout cœur que toute personne qui en sent le besoin un jour puisse trouver une personne comme vous. Entre-temps, j'espère un jour pouvoir être moi aussi cette personne pour quelqu'un.

Merci aussi à mes très bonnes amies de toujours Diane Vu, Clara Romain, Sandrine Larochelle, Jade Coulombe et Lucie Maisonneuve. Vous êtes tout un chacun les meilleures amies que l'on pourrait espérer avoir. Je suis honoré de pouvoir vous compter dans ma vie et de continuer à partager de si beaux moments avec vous toutes. Vous êtes présentes autant dans les bons moments que les moins bons. J'ai tellement de souvenirs avec chacune de vous et j'espère continuer à en créer de nouveaux dans les prochaines années. Je vous aime toutes très fort!

Et finalement, merci à Guillaume Fontaine pour tout le soutien quotidien que tu m'offres depuis presque quatre années maintenant. Tu as été au premier plan de chacune de mes réussites et joies, mais aussi de chacune de mes remises en question et chacun de mes moments d'angoisse. Merci pour ton écoute et pour toutes ces marches qui me permettaient de m'aérer l'esprit lors du développement et de la réalisation de ce projet. Tu m'incites quotidiennement à sortir de ma

zone de confort et à essayer de nouvelles choses. Je t'aime énormément et je suis bien heureux de partager ma vie avec toi.

Avant-propos

Cette thèse doctorale présente les résultats d'une étude visant le développement et l'appréciation de l'apport d'un jeu sérieux (SIGN@L) afin d'améliorer le raisonnement clinique infirmier (RCI) en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë (ICA) d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. Trois objectifs étaient proposés pour atteindre ce but, soit de déterminer l'apport des différents éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux (objectif n° 1), de proposer deux prototypes du jeu sérieux SIGN@L (objectif n° 2) et d'apprécier leur apport sur le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières (objectif n° 3). Ces trois objectifs sont répondus au travers de six chapitres. De plus, trois articles scientifiques publiés ou soumis pour publication sont intégrés à certains de ces chapitres.

Le premier chapitre présente la problématique de recherche, le but et les objectifs de l'étude. Ce premier chapitre introduit également le modèle de développement d'intervention utilisé pour structurer les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse, soit le *Obesity-Related Behavioral Intervention Trials* (Czajkowski et al., 2015).

Le deuxième chapitre présente les assises théoriques et empiriques du jeu sérieux SIGN@L. Ce chapitre permet donc de répondre à l'objectif n° 1 de la thèse. Sur le plan théorique, ce chapitre introduit le modèle théorique d'apprentissage par le jeu sérieux d'Alexiou et Schippers (2018). Ce modèle est utilisé dans le cadre de la présente étude afin de déterminer l'apport des différents éléments des couches constitutives du jeu sérieux SIGN@L sur le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. D'après ce modèle, des hauts niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque lors de l'utilisation d'un jeu sérieux devraient mener à un meilleur apprentissage, ou à un plus grand développement du RCI en contexte d'ICA. L'engagement et la motivation intrinsèque des étudiantes et étudiants en sciences infirmières à utiliser SIGN@L ont donc été considérés lors de l'appréciation de l'apport des prototypes à cause de leur potentiel d'influencer le développement du RCI en contexte d'ICA. Ce chapitre présente également, sous la forme d'articles, deux revues systématiques des écrits qui ont été réalisées afin, entre autres, d'apporter des appuis empiriques à SIGN@L (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b).

Le troisième chapitre présente notre proposition d'un premier prototype du jeu sérieux SIGN@L. Ce chapitre permet donc de répondre à l'objectif n° 2 de la thèse doctorale.

Le quatrième chapitre présente les méthodes de recherche employées afin de répondre à l'objectif n° 3 de la thèse doctorale. Ce chapitre introduit également un deuxième prototype de jeu sérieux, soit SIGN@L-B. Ce deuxième prototype comprend uniquement certains des éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux d'après le modèle théorique retenu. Apprécier l'apport de SIGN@L (nommé ci-après SIGN@L-A) vis-à-vis celui de SIGN@L-B permet donc de suggérer le potentiel des éléments du jeu sérieux, proposés par Alexiou et Schippers (2018), pour soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Le cinquième chapitre présente les résultats à l'objectif n° 3 de la thèse doctorale. Un article scientifique intégré à ce chapitre présente les principaux résultats. À la suite de l'article, des résultats complémentaires sont également proposés.

Le sixième chapitre présente une discussion de la contribution au développement des connaissances en sciences infirmières des résultats obtenus à chacun des objectifs de l'étude. Une analyse de la rigueur méthodologique de l'étude est également offerte et des implications pour la recherche et la formation sont proposées.

Chapitre 1 – Problématique

Les personnes hospitalisées pour un problème cardiaque présentent un risque important d'insuffisance cardiaque aiguë (ICA; Chan et Cochrane, 2016; Harjola et al., 2015). L'ICA se définit comme l'apparition ou la détérioration rapide d'un syndrome clinique caractérisé par une augmentation des pressions de remplissage cardiaque (ou un haut statut volumique) et une diminution du débit ou de l'index cardiaque (ou un statut d'hypoperfusion; Kurmani et Squire, 2017). L'ICA peut être *de novo* ou, dans 70% des cas, secondaire à une décompensation d'une insuffisance cardiaque chronique (Meyer et al., 2019; Ponikowski et al., 2016). Les causes les plus fréquentes d'ICA *de novo* sont la maladie coronarienne (Kurmani et Squire, 2017), l'insuffisance valvulaire et la tamponnade cardiaque (Ponikowski et al., 2016). L'hypertension non contrôlée, les arythmies et la non-adhérence aux traitements pharmacologique et non pharmacologique sont les causes les plus fréquentes d'une ICA secondaire à une insuffisance cardiaque chronique (Ponikowski et al., 2016). L'ICA peut mener à une insuffisance rénale aiguë, un œdème pulmonaire ou, dans les cas les plus graves, conduire au choc cardiogénique (Mebazaa et al., 2016; Thiele et al., 2015; van Diepen et al., 2017).

L'ICA est la principale raison d'hospitalisation chez les personnes de plus de 80 ans; la prévalence de l'ICA atteint 10% dans cette tranche d'âge alors qu'elle varie entre 1 et 2% dans la population générale (Farmakis et al., 2017; Kurmani et Squire, 2017). Alors que l'insuffisance cardiaque chronique est la maladie cardiovasculaire qui connaît la plus forte croissance au Canada, il est estimé que les taux d'hospitalisation liés à une ICA vont continuer d'augmenter au courant des prochaines années (Tran et al., 2016; Ziaieian et Fonarow, 2016). De plus, le taux de mortalité intrahospitalière chez les personnes diagnostiquées avec une ICA varie entre 4 et 7% et peut atteindre 50% chez celles qui développent un choc cardiogénique (van Diepen et al., 2017).

La reconnaissance rapide de l'ICA et une prise en charge appropriée par l'équipe de soins sont essentielles afin de réduire le risque de mortalité et prévenir l'apparition de conséquences graves (van Diepen et al., 2017). Smith (2010) illustre d'ailleurs par une chaîne le processus de prise en charge d'une telle détérioration en milieux hospitaliers. Deux des éléments centraux de cette chaîne, soit l'évaluation fréquente de la personne et la reconnaissance d'une détérioration de son

état lors d'un processus de surveillance, réfèrent à des activités centrales au champ de pratique infirmier (Durand et al., 2016). Ceci souligne l'importance du rôle infirmier dans la reconnaissance rapide de l'ICA ainsi que dans sa prise en charge. Les infirmières et infirmiers sont des professionnels de la santé qui sont toujours présents au chevet des personnes hospitalisées et qui sont donc bien positionnés pour reconnaître un changement de leur état lors de leur évaluation. Conséquemment, les infirmières et infirmiers peuvent informer les autres membres de l'équipe de soins du changement d'état d'une personne et participer activement à la prise en charge. De plus, alors que des personnes dont l'état est jugé instable ou critique peuvent aujourd'hui se retrouver dans la plupart des unités de soins (Andersen et al., 2019; Perrin, 2017), il est essentiel que les étudiantes et étudiants en sciences infirmières, dès leur formation initiale, soient formés à ce sujet. Toujours d'après Smith (2010), la formation est suggérée comme essentielle pour soutenir l'évaluation d'une personne et la reconnaissance d'une situation de détérioration, comme celle de l'ICA. Développer le raisonnement clinique infirmier (RCI), soit le processus cognitif sous-tendant l'interprétation des données recueillies lors de l'évaluation d'une personne et permettant la reconnaissance d'une détérioration clinique, est donc une priorité pour les organisations d'enseignement et de soins (Brown Tyo et McCurry, 2019; Holder, 2018; Richmond et al., 2020). Le développement du RCI des étudiantes et étudiants lors de leur formation initiale peut donc leur permettre, une fois rendue en pratique, de soutenir leur évaluation d'une personne et la reconnaissance d'une situation de détérioration, comme celle de l'ICA.

Raisonnement clinique infirmier en insuffisance cardiaque aiguë

La prise en charge de l'ICA nécessite d'identifier clairement la cause à ce syndrome clinique et la présence de signes témoignant d'une augmentation des pressions de remplissage cardiaque ou d'une diminution du débit ou de l'index cardiaque (Kurmani et Squire, 2017; Mebazaa et al., 2016; Meyer et al., 2019). D'une part, le RCI peut permettre de suggérer une cause probable à l'ICA (Mebazaa et al., 2016). Par exemple, l'interprétation du rythme et de l'amplitude du pouls peut mener à l'identification d'une arythmie comme cause probable d'ICA. D'autre part, le RCI peut permettre d'identifier des données témoignant d'une augmentation des pressions de remplissage cardiaque (p. ex., une distension des veines jugulaires) ou d'une diminution du débit ou de l'index

cardiaque (p. ex., une oligurie; Meyer et al., 2019; Ponikowski et al., 2016; Thibodeau et Drazner, 2018). Le RCI peut donc permettre d'identifier rapidement l'ICA, une cause probable à ce syndrome clinique et la présence de certains signes et symptômes, tous des éléments essentiels pour orienter la prise en charge par l'équipe de soins dont fait partie l'infirmière. Une synthèse des principaux éléments liés au RCI en contexte d'ICA et pertinents à l'exercice du rôle infirmier est présentée à l'Annexe A de la thèse.

Le RCI est caractérisé par deux processus interreliés (Johansen et O'Brien, 2016). Le premier est un processus intuitif, basé sur des expériences cliniques antérieures et décrit comme la pose d'un jugement sans rationnel clair ou difficilement exprimable. Le processus intuitif du RCI permet donc de rapidement faire sens d'une situation ambiguë ou incertaine alors que les infirmières et infirmiers mobilisent rapidement les connaissances acquises au fil de précédentes expériences qu'ils perçoivent comme similaires. Conséquemment, l'utilisation d'un processus intuitif est associée à la richesse de l'expérience clinique (Friedrich et al., 2017; Tanner, 2006). Le second est un processus analytique, basé sur la déconstruction en éléments individuels d'une situation pour un examen de chacun et de leurs interrelations. Alors que la richesse de l'expérience clinique est associée au processus intuitif, le peu d'expérience des étudiantes et étudiants appuie l'importance d'un processus analytique fort. Ce dernier peut leur permettre de faire sens des situations auxquelles ils sont confrontés (Johansen et O'Brien, 2016).

En ce sens, l'acquisition de connaissances physiopathologiques liées aux situations cliniques rencontrées peut favoriser le développement du processus analytique du RCI (Benner et Tanner, 1987; Currey et al., 2018). Tanner (2006) écrit d'ailleurs que le RCI se fonde sur différents types de connaissances. Chez les étudiantes et étudiants, le RCI se fonde avant tout sur des connaissances théoriques, abstraites et généralisables. Ces connaissances font donc abstraction des particularités propres à chacune des situations cliniques dans lesquelles elles seront sollicitées (Benner et al., 2009). Chez des infirmières et infirmiers expérimentés, le RCI combine plutôt des connaissances théoriques, des connaissances expérientielles et des connaissances de la personne soignée. Les connaissances théoriques des étudiantes et étudiants vont donner forme à leurs attentes par rapport aux situations qu'ils rencontrent (Lavoie et al., 2021a). Conséquemment, ils sont plus à même d'identifier une anomalie dans une situation en fonction

de sa conformité (ou non-conformité) à leurs attentes. Par exemple, une étudiante ou un étudiant qui possède une bonne maîtrise des connaissances physiopathologiques liées à l'ICA sait qu'une maladie coronarienne est l'une des causes les plus fréquentes de ce syndrome et que des signes d'hypoperfusion et de congestion en sont les manifestations les plus communes. Elle ou il portera donc davantage attention à la présence ou à l'absence de ces signes chez une personne admise pour une maladie coronarienne et qui pourrait l'informer de l'apparition d'une ICA. Toutefois, dans la discipline infirmière et en contexte d'ICA, nous n'avons pas été en mesure d'identifier d'études décrivant le développement ou l'évaluation d'interventions de formation afin d'améliorer le RCI. Les études identifiées portaient plutôt sur le rôle infirmier dans l'enseignement aux personnes atteintes d'insuffisance cardiaque chronique (Mahramus et al., 2014; Rodríguez-Gázquez et al., 2012; Sundel et al., 2018). Proposer des interventions de formation axées sur l'acquisition de connaissances importantes à maîtriser en contexte d'ICA (p. ex., sur le plan des mécanismes physiopathologiques qui expliquent des signes d'hypoperfusion ou de congestion) est donc essentiel et pourrait ainsi soutenir le développement du RCI des étudiantes et étudiants.

À cet effet, Astin et al. (2015) décrivent l'importance de proposer des interventions de formation où les étudiantes et étudiants occupent un rôle actif et sont autonomes dans leurs apprentissages. Ces interventions devraient leur permettre de se remémorer leurs connaissances actuelles, d'observer et d'analyser les éléments constitutifs d'un problème clinique, d'explorer des stratégies pour le résoudre et d'appliquer ces stratégies. L'efficacité des interventions actuelles de formation sur le plan du développement du RCI est mitigée (Lee et al., 2016; Thompson et Stapley, 2011). Parmi les interventions de formation qui seraient actuellement les plus efficaces pour améliorer le RCI figurent la simulation clinique, la cartographie de concepts et les interventions basées sur l'apprentissage par la résolution de problèmes (Cant et Cooper, 2017; Carter et al., 2016; Connell et al., 2016; Lee et al., 2016). Toutefois, on souligne dans de précédentes revues le besoin de poursuivre le développement de nouvelles interventions, notamment grâce aux possibilités maintenant offertes par les technologies informatiques (Brown Tyo et McCurry, 2019; Deschênes et al., 2019; McDonald et al., 2018). Le jeu sérieux est une intervention de formation qui utilise les technologies informatiques et qui présente un potentiel important afin de contribuer au développement du RCI en contexte d'ICA (Blanie et al., 2020;

Chee et al., 2019; Maheu-Cadotte et al., 2020). En effet, le jeu sérieux présente certaines similarités dans son design avec les interventions de formation actuellement reconnues comme les plus efficaces pour améliorer le RCI (Maheu-Cadotte et al., 2020; Tanes, 2016). L'offre de situations déstabilisantes, dont la complexité est échafaudée au niveau de connaissances perçues de l'étudiante ou de l'étudiant et à l'intérieur desquelles il doit agir ou par rapport auxquelles il doit réfléchir représentent certaines de ces similarités. L'offre de rétroactions afin de susciter le questionnement de l'étudiante ou de l'étudiant ainsi que l'identification de ses lacunes sur le plan de ses connaissances représentent d'autres similarités entre le jeu sérieux et ces interventions de formation. Les éléments de design des jeux sérieux et son potentiel pour le développement du RCI en contexte d'ICA sont davantage décrits et expliqués dans cette prochaine sous-section.

Jeu sérieux pour l'apprentissage et le développement du raisonnement clinique infirmier

Le jeu sérieux est une intervention de formation qui allie un monde imaginaire et le caractère autotélique (ou intrinsèquement motivant) du jeu à une visée éducative explicite (Malaby, 2007; Tanes, 2016). Prenant appui sur cette définition, le modèle théorique d'apprentissage par le jeu sérieux d'Alexiou et Schippers (2018) se distingue en plaçant de l'avant le caractère imaginaire et ludique du jeu sérieux. Plusieurs modèles utilisés pour la conception de jeux sérieux n'en tiennent pas compte et sont donc peu cohérents avec la définition du jeu sérieux présentée précédemment. Des auteurs (Creutzfeldt et al., 2013; Creutzfeldt et al., 2010; Koivisto et al., 2015) mentionnent que le développement de leur jeu sérieux s'est appuyé sur les théories proposées par Ericsson (2008), Bandura (1977) et Kolb (1984). Bien que ces théories proposent une description et une explication de l'apprentissage, elles n'abordent pas le volet imaginaire et autotélique du jeu sérieux. De plus, d'autres modèles abordant la conception d'un jeu sérieux sont plutôt axés sur la démarche de développement à employer et non sur son contenu (Abeebe et al., 2011; Olszewski et Wolbrink, 2017).

Le modèle d'Alexiou et Schippers (2018), basé sur une revue récente des écrits en psychologie et en éducation, définit trois couches constitutives d'un jeu sérieux : les mécaniques de jeu, la trame narrative et l'esthétique. Les mécaniques de jeu réfèrent à ce que l'utilisatrice ou l'utilisateur peut

accomplir à l'intérieur du jeu sérieux et aux règles qui gouvernent le monde imaginaire de ce dernier. La trame narrative vise à intégrer les mécaniques de jeu à l'intérieur d'un monde imaginaire cohérent et à leur attribuer une valeur significative aux yeux de l'utilisatrice ou l'utilisateur. L'esthétique réfère aux éléments audiovisuels qui donnent vie au monde imaginaire et qui permettent d'interagir avec celui-ci. Les éléments qui composent chacune de ces couches constitutives sont décrits au chapitre suivant.

La combinaison des couches constitutives du jeu sérieux permettrait à l'utilisatrice ou l'utilisateur d'occuper un rôle actif et d'être autonome dans son apprentissage, ce qui favoriserait son engagement, sa motivation intrinsèque et, conséquemment, l'apprentissage (Alexiou et Schippers, 2018). En effet, selon Alexiou et Schippers (2018), de hauts niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque conduiraient à de meilleurs résultats d'apprentissage (p.ex., le développement du RCI en contexte d'ICA). D'après ce modèle, l'engagement se décline en deux volets : le degré d'attention porté au jeu sérieux et les réactions affectives qu'il suscite. La motivation intrinsèque, associée au caractère autotélique du jeu, se traduit par l'envie de s'adonner à une activité parce qu'elle apporte du plaisir.

En l'absence de données empiriques, l'association positive entre l'engagement et la motivation intrinsèque vis-à-vis le développement du RCI en contexte d'ICA demeure toutefois principalement théorique. Des associations entre ces variables et d'autres résultats d'apprentissage, comme les connaissances, ont néanmoins été identifiées. En effet, d'après une méta-analyse de 11 études expérimentales, il existe des associations positives entre l'engagement, la motivation intrinsèque ainsi que l'acquisition de connaissances lors de l'utilisation de jeux sérieux par des étudiantes et étudiants de niveau secondaire et universitaire (Brom et al., 2018). De tels résultats soutiennent le potentiel de l'engagement et de la motivation intrinsèque à mener à des résultats d'apprentissage de plus haut niveau, comme l'amélioration du RCI en contexte d'ICA. En effet, le RCI repose, entre autres, sur une solide base de connaissances afin que la personne puisse interpréter les données recueillies lors de son évaluation (Benner, 2016; Tanner, 2006).

Processus de développement d'un jeu sérieux

Développer un jeu sérieux peut représenter un processus long, coûteux et complexe (Boyle et al., 2016). Il est donc important que les différentes couches constitutives d'un jeu sérieux soutiennent l'engagement et la motivation intrinsèque de l'utilisatrice ou de l'utilisateur afin de mener à des résultats d'apprentissage et de favoriser une utilisation judicieuse des ressources financières et humaines (Olszewski et Wolbrink, 2017).

Malgré l'augmentation au cours des dernières années du nombre de jeux sérieux développés pour la formation des professionnels de la santé, deux revues systématiques menées par l'étudiant-chercheur suggèrent que leur utilisation auprès d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières demeure marginale. Les études réalisées suggèrent que, comparativement à l'absence d'intervention de formation, le jeu sérieux peut améliorer des résultats d'apprentissage comme les connaissances (Boada et al., 2015; Cook et al., 2012; Mordt et al., 2011; Tan et al., 2017). Toutefois, auprès d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières, une seule étude expérimentale évaluant l'efficacité d'un jeu sérieux sur le RCI a pu être identifiée et celle-ci ne portait pas sur l'ICA (Blanie et al., 2020). En l'absence de jeux sérieux intégrant les trois couches constitutives suggérées par Alexiou et Schippers (2018) et ayant été développés afin d'améliorer le RCI en contexte d'ICA, ce projet de recherche s'inscrit dans une démarche de design. À cet effet, à la suite d'un consensus entre expertes et experts, Czajkowski et al. (2015) ont proposé un modèle progressif et flexible pour le développement d'interventions, le modèle *Obesity-Related Behavioral Intervention Trials* (ORBIT). Bien que le modèle ORBIT ait été proposé pour le développement d'interventions visant le changement de comportements de santé, Czajkowski et al. (2015) mentionnent que celui-ci peut être appliqué à bon nombre de situations cliniques (p.ex., développement de nouveaux médicaments, gestion de maladies chroniques). Nous avons sélectionné ce modèle pour son accent sur les toutes premières étapes de développement d'interventions lors de la phase de design (Czajkowski et al., 2015). Plusieurs modèles, comme celui proposé par Craig et al. (2013), décrivent peu les étapes par lesquelles on identifie les mécanismes d'action d'une intervention sur une variable d'intérêt et se concentrent sur l'évaluation. Le modèle ORBIT répond ainsi à cette limite.

La première phase du modèle ORBIT est celle de design et elle est suivie des phases d'évaluation préliminaire, d'évaluation en contexte contrôlé et, finalement, d'évaluation en contexte réel. Dans le cadre de ce projet, ce modèle suggère que la phase de design comprenne les deux sous-phases suivantes : 1) définir les couches constitutives du jeu sérieux, soit les mécanismes par lesquels le jeu sérieux peut agir sur le développement du RCI en contexte d'ICA; 2) raffiner les couches constitutives du jeu sérieux, où différentes combinaisons de ces couches constitutives sont élaborées et leur apport sur les variables d'intérêt (l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA) est apprécié.

Pour la première sous-phase de définition, Czajkowski et al. (2015) recommandent de s'appuyer sur des synthèses des connaissances puisqu'elles sont propices à la génération d'hypothèses, à la découverte et à la créativité. Ainsi, deux revues systématiques des écrits sont présentées au chapitre 2 (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b). Pour la deuxième sous-phase de raffinement, Czajkowski et al. (2015) recommandent l'utilisation de méthodes empiriques quantitatives et qualitatives afin d'apprécier l'apport de premières versions de l'intervention (ou de prototypes) sur les variables d'intérêt et d'obtenir l'avis des utilisatrices et utilisateurs (Czajkowski et al., 2015; Feeley et al., 2009). Lors de la sous-phase de raffinement, l'intervention devrait inclure les principaux éléments déterminés à la sous-phase de définition, et ce, même si l'intervention n'est pas achevée et que ses éléments sont sujets à modification en fonction des données recueillies empiriquement. L'utilisation de plus d'une version de la même intervention est d'ailleurs suggérée par ces autrices et auteurs, tout comme l'utilisation d'un devis de recherche permettant d'isoler l'apport des éléments centraux sur les variables d'intérêt. Deux versions du même jeu sérieux sont donc présentées aux chapitres 3 et 4 et l'utilisation d'un devis croisé est décrite au chapitre 4. L'emploi de méthodes qualitatives est également suggéré dans le modèle ORBIT et par les résultats d'une des revues systématiques menées par l'étudiant-chercheur afin d'enrichir l'appréciation de l'apport des éléments centraux de l'intervention et de proposer des pistes d'amélioration à celle-ci (Maheu-Cadotte et al., 2021b). Des méthodes qualitatives ont donc été employées lors de cette sous-phase. Une description détaillée des méthodes de recherche est présentée au chapitre 4.

But de l'étude

Cette thèse par articles présente les résultats d'une étude dont le but était de développer une intervention de formation par le jeu sérieux et d'apprécier son apport sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. Pour atteindre ce but, trois objectifs étaient proposés.

Lors de la première sous-phase, soit celle de définition :

1. À partir du modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018) et de synthèses des connaissances, déterminer l'apport des différents éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.
2. Proposer deux prototypes de jeu sérieux, basés sur le modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018) et les résultats de synthèses des connaissances, afin de soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Lors de la deuxième sous-phase, soit celle de raffinement :

3. Apprécier, par des méthodes quantitatives et qualitatives, l'apport de deux prototypes intégrant différents éléments des couches constitutives du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Chapitre 2 – Assises théoriques et empiriques du jeu sérieux

Les chapitres qui suivent sont présentés d'après le modèle de développement d'interventions ORBIT. Le modèle ORBIT, proposé par Czajkowski et al. (2015), vise à systématiser le développement d'interventions fondées sur des données théoriques et empiriques. Il propose une série de phases et de sous-phases, de la formulation d'une question clinique importante à l'évaluation de l'efficacité d'une intervention en contexte réel, au travers desquelles ladite intervention est conçue et optimisée. Ce modèle a été proposé initialement pour développer des interventions visant à modifier des comportements nocifs à la santé. Depuis, il a été repris afin de développer des interventions destinées aux professionnels de la santé (Roy et al., 2020).

Le modèle ORBIT compte quatre phases (voir Figure 1; p. 41) : 1) le design de l'intervention, qui comporte les sous-phases 1a (définir; soit les deux premiers objectifs de l'étude) et 1b (raffiner; soit le dernier objectif de l'étude); 2) l'évaluation préliminaire, qui comporte les sous-phases 2a (preuve de concept) et 2b (étude pilote); 3) l'évaluation de l'efficacité en contexte contrôlé; 4) l'évaluation de l'efficacité en contexte réel.

La présente étude se concentre sur la première phase et ses sous-phases 1a et 1b.

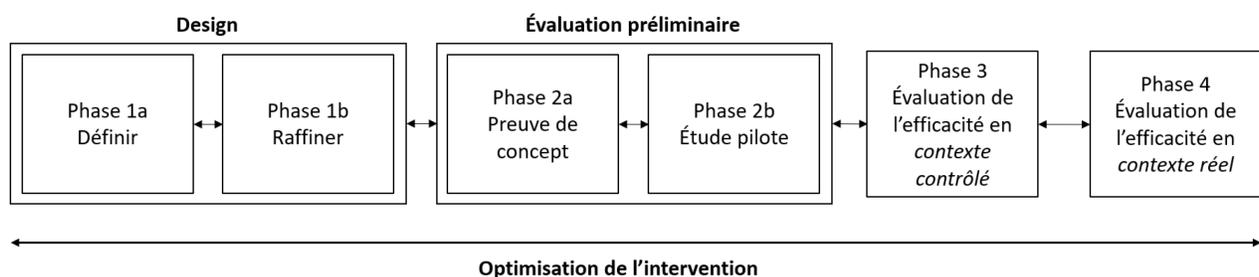


Figure 1. – Traduction libre du modèle ORBIT (Czajkowski et al., 2015)

Structure du chapitre

Ce chapitre vise à répondre au premier objectif de la thèse et correspond à la sous-phase 1a du modèle ORBIT (Czajkowski et al., 2015). Le premier objectif est de déterminer l'apport des différents éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux. À travers cette phase, il est donc

possible de développer une compréhension des mécanismes par lesquels l'intervention pourrait agir sur les variables d'intérêt et de justifier, sur le plan théorique et empirique, les différents éléments de l'intervention.

Ce chapitre débute ainsi par la définition du concept de jeu sérieux et la présentation du modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018). Celui-ci fournit les principales assises théoriques au jeu sérieux développé dans la présente étude. La revue des écrits se conclut par une présentation de deux revues systématiques des écrits réalisées afin de construire des assises empiriques sur lequel le jeu sérieux repose.

Assises théoriques du jeu sérieux

Le terme « jeu sérieux » (en anglais, *serious game*) a été popularisé au début du millénaire (Sawyer et Rejeski, 2002) avec le premier déploiement à large échelle d'un jeu sérieux par les forces armées américaines (Panzoli et al., 2017). Le jeu sérieux *America's Army* visait à améliorer les attitudes de recrues militaires potentielles vis-à-vis les forces armées. Celui-ci mettait en scène des missions militaires variées basées sur les procédures employées par les forces armées.

Le terme jeu sérieux peut être défini d'après deux dimensions, soit les mots « jeu » et « sérieux ». Malaby (2007) explique que le jeu est distinct des activités de la vie quotidienne; il existe dans un monde qualifié de « cercle magique ». Le terme cercle magique désigne un espace physique imaginaire qui est régi par des règles qui lui sont propres et auxquelles on décide d'adhérer lors de son utilisation (Huizinga, 2014). Cet espace imaginaire peut être plus ou moins à l'image du monde réel, sans jamais lui être totalement identique, sans quoi le jeu cesse d'en être un. De plus, le cercle magique est temporaire puisqu'il apparaît quand on commence à jouer et se termine quand on arrête de jouer. Le jeu est également considéré comme une activité autotélique ou intrinsèquement motivante, c'est-à-dire que l'utilisatrice ou l'utilisateur (dans le cadre de notre étude, l'étudiante ou l'étudiant en sciences infirmières) a envie de s'y adonner parce qu'elle lui apporte du plaisir.

D'après Woods et Rosenberg (2016) et Tanes (2016), le mot « sérieux » a été incorporé à l'expression « jeu sérieux » en raison de la visée éducative des jeux sérieux. Par visée éducative, il est entendu que le jeu sérieux vise à favoriser l'apprentissage, c'est-à-dire la construction active

de représentations symboliques par un processus de génération de sens (Von Glasersfeld, 1994). Cette construction active peut s'accompagner de divers résultats d'apprentissage mesurables et observables, tels que l'acquisition de connaissances, le développement d'habiletés ou le changement de comportements (Kirkpatrick, 2008; Miller, 1990).

Le format numérique est mentionné comme une caractéristique essentielle du jeu sérieux par quelques autrices et auteurs (Annetta, 2010; Bergeron, 2006; Graafland et al., 2012). De plus, d'après une revue systématique de Lau et al. (2016), la majorité des interventions de formation nommées jeux sérieux sont offertes dans un format numérique. Dans cette thèse, le terme « jeu sérieux » sera donc utilisé pour référer à des interventions de formation offertes dans un format numérique. Notons qu'il subsiste une ambiguïté au travers des écrits entre le terme de jeu sérieux et celui de « gamification » ou d'intervention de formation « gamifiée ». La gamification réfère à l'utilisation d'éléments traditionnellement associés aux jeux (p. ex., des formes de récompense comme des points ou des emblèmes) dans une situation qui n'est pas un jeu (Deterding et al., 2011). L'idée derrière cette utilisation est que ces éléments ont le potentiel d'engager ou de motiver l'utilisatrice ou l'utilisateur à adopter un comportement (p. ex., utiliser un produit ou un service) ou à modifier ses habitudes (p. ex., augmenter son nombre de pas quotidien). Toutefois, bien qu'un jeu sérieux puisse parfois être libellé du terme d'intervention de formation gamifiée (Garcia-Viola et al., 2019), le jeu sérieux se distingue de la gamification puisqu'il propose un monde imaginaire et pas uniquement une intégration partielle de certains éléments que l'on associe au jeu (Krath et al., 2021).

Une tension conceptuelle entre le jeu et son caractère sérieux est toutefois reconnue. Puisque le jeu sérieux peut être proposé dans le cadre de programmes de formation initiale ou continue, son utilisation peut découler conjointement d'une source de motivation extrinsèque plutôt que le simple plaisir (Westera et al., 2008). Guay et al. (2000) décrivent que la motivation extrinsèque peut être par régulation externe, ce qui réfère à un désir de s'adonner à une activité parce qu'elle peut mener à l'obtention d'une récompense ou éviter la survenue d'une conséquence négative extérieure à l'activité. La motivation extrinsèque peut également être par régulation identifiée, ce qui réfère à un désir de s'adonner à une activité parce qu'elle est jugée par l'individu comme bonne ou importante pour ses projets de vie. Des sources de motivation extrinsèque, par exemple

utiliser le jeu sérieux pour éviter une mauvaise note à un examen ou une réprimande d'un supérieur hiérarchique (régulation externe) ou pour s'approprier un rôle professionnel (régulation identifiée), peuvent donc affecter son caractère autotélique, c'est-à-dire que son utilisation devrait être guidée par le simple plaisir ou la motivation intrinsèque. Différentes sources de motivation peuvent donc conjointement guider le choix d'utiliser un jeu sérieux.

Modèle théorique

Alexiou et Schippers (2018) conceptualisent le jeu sérieux d'après l'intégration de trois couches constitutives, soit des mécaniques de jeu, une structure narrative et une esthétique. Chaque couche comprend différents éléments qui, en se combinant, favorisent l'engagement de l'utilisatrice ou de l'utilisateur dans le jeu sérieux et soutiennent sa motivation intrinsèque. Il est attendu que de hauts niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque améliorent l'apprentissage découlant du jeu sérieux. Ce modèle permet donc de conceptualiser d'un point de vue théorique quels sont les éléments que le jeu sérieux devrait contenir pour favoriser l'engagement, la motivation intrinsèque et, conséquemment, le développement du RCI en contexte d'ICA. Alexiou et Schippers (2018) suggèrent également certains traits des utilisatrices et des utilisateurs qui pourraient modifier leur réceptivité aux éléments du jeu sérieux et influenceraient leur engagement, leur motivation intrinsèque et leurs résultats d'apprentissage.

La Figure 2 (p. 45) présente une traduction du modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018) et est réalisée avec la permission du premier auteur. Le reste de cette section décrit les éléments de ce modèle. Notons qu'Alexiou et Schippers (2018b) emploient de manière interchangeable les termes « joueurs » (*players*), « utilisateurs » (*users*) et « apprenants » (*learners*) dans la description de leur modèle. Ceci est possiblement dû au fait que le jeu sérieux allie la dimension ludique du jeu à la dimension sérieuse de l'apprentissage, et ce, sans que l'une ne cède jamais totalement sa place à l'autre (Tanes, 2016; Woods et Rosenberg, 2016). Pour tenir compte de ces deux dimensions, nous employons les termes « utilisatrice ou utilisateur » lorsque nous référons, de manière générale, aux personnes utilisant un jeu sérieux. Lorsque nous référons aux étudiantes et étudiants qui utiliseront les prototypes du jeu sérieux développé dans le cadre de la thèse, nous emploierons les termes « participante ou participant ».

En raison du caractère central de l'engagement et de la motivation intrinsèque dans ce modèle, nous débuterons par la description de ceux-ci.

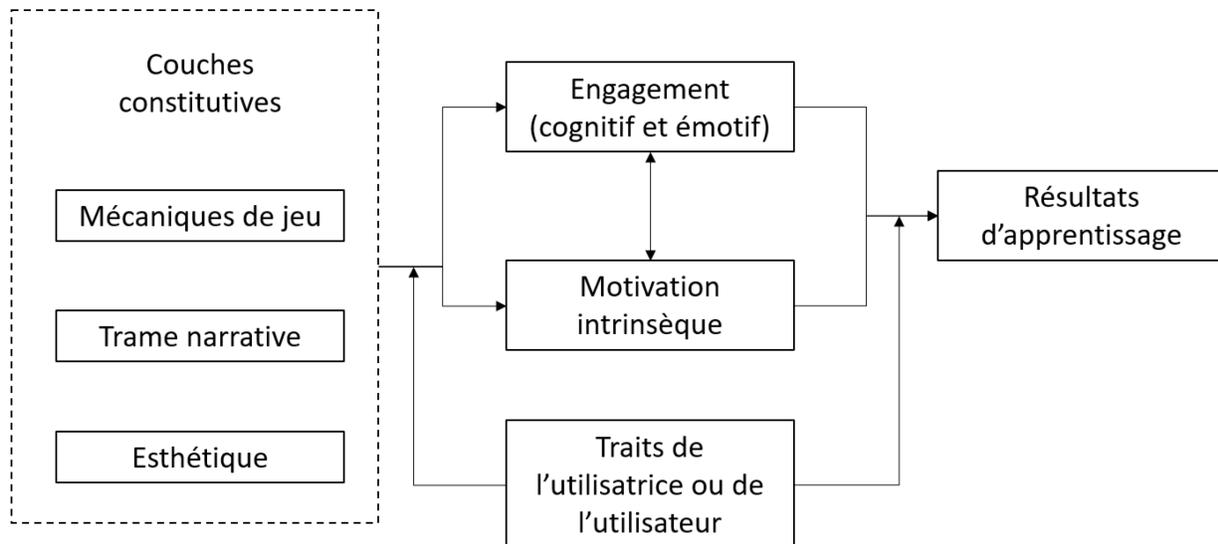


Figure 2. – Traduction libre du modèle théorique du jeu sérieux d'Alexiou et Schippers (2018).

Engagement

L'engagement est conceptualisé d'après deux dimensions, soit une dimension cognitive et une dimension émotive (Alexiou et Schippers, 2018). L'engagement cognitif réfère à l'attention portée par l'utilisatrice ou l'utilisateur au jeu sérieux, ou la durée et l'intensité de l'effort mental qui est déployé lors de l'utilisation du jeu sérieux. L'engagement émotif réfère aux réactions affectives, émotions et sentiments de l'utilisatrice ou de l'utilisateur (p. ex., ennui, joie, stress) et à la stimulation de son imagination lors de son utilisation du jeu sérieux. Lorsqu'une utilisatrice ou un utilisateur présente un haut niveau d'engagement émotif avec un jeu sérieux, Alexiou et Schippers (2018) suggèrent que les frontières entre le monde imaginaire du jeu sérieux et celui du monde réel peuvent temporairement s'estomper. Conséquemment, l'utilisatrice ou l'utilisateur peut en oublier le caractère imaginaire du jeu sérieux et réagir aux éléments de son monde imaginaire comme si celui-ci était réel. Chaque couche constitutive du jeu sérieux (mécaniques de jeu, trame narrative, esthétique) soutient plus particulièrement une de ces deux dimensions de l'engagement. Ce soutien sera décrit pour chacune des couches dans les sous-sections suivantes.

Motivation intrinsèque

La motivation intrinsèque est définie comme l'envie de s'adonner à une activité parce que celle-ci est considérée plaisante (Alexiou et Schippers, 2018). Contrairement à l'engagement – qui est vécu uniquement pendant l'utilisation du jeu sérieux – la motivation intrinsèque peut être ressentie avant ou après l'utilisation du jeu sérieux. Alexiou et Schippers (2018) suggèrent que de répondre au besoin d'autonomie, de compétence et d'appartenance de l'utilisatrice ou de l'utilisateur permette de favoriser sa motivation intrinsèque. L'autonomie réfère au sentiment de volonté qui accompagne la réalisation d'une action, ou la perception de libre arbitre par l'utilisatrice ou l'utilisateur. La compétence réfère au sentiment de se sentir efficace dans la réalisation d'une action. L'appartenance réfère au sentiment de parenté et de sécurité ressenti lorsque l'utilisatrice ou l'utilisateur développe des relations interpersonnelles positives.

Mécaniques de jeu

Les mécaniques de jeu comprennent des objectifs, des récompenses rattachées à l'atteinte des objectifs et les rétroactions qui sont offertes (Alexiou et Schippers, 2018).

Les objectifs réfèrent à ce que l'utilisatrice ou l'utilisateur tente d'accomplir ou les résultats souhaités au travers de la réalisation d'actions (Alexiou et Schippers, 2018). Dans une visée d'apprentissage, les objectifs lui demandent de se remémorer ses connaissances actuelles, d'observer et d'analyser les éléments constitutifs d'un problème, d'explorer des stratégies pour le résoudre et de les mettre en application. Ceci permet de considérer son besoin d'autonomie et ainsi de soutenir sa motivation intrinsèque. L'utilisatrice ou l'utilisateur doit ressentir que les actions qu'il met en œuvre dans le jeu sérieux sont importantes et qu'on l'encourage à explorer différentes stratégies pour atteindre les objectifs.

Pour favoriser l'engagement et la motivation intrinsèque de l'utilisatrice ou de l'utilisateur, les objectifs devraient être 1) clairs, c'est-à-dire précis quant à l'accomplissement ou au résultat souhaité, 2) proximaux, c'est-à-dire à accomplir prioritairement, et aussi distaux, c'est-à-dire à accomplir à la suite de l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs proximaux, et 3) échafaudés sur le plan des connaissances et des habiletés perçues, c'est-à-dire que les connaissances et habiletés à déployer sont alignées avec le niveau de maîtrise estimé par l'utilisatrice ou l'utilisateur. Des

objectifs clairs et proximaux permettent de savoir exactement et en tout temps ce qui est attendu à l'intérieur du jeu sérieux, et ainsi, de soutenir l'engagement cognitif. Des objectifs distaux motivent à déployer les efforts nécessaires à la réalisation d'objectifs plus proximaux et, conséquemment, à graduellement acquérir les connaissances et développer les habiletés visées. Des objectifs échafaudés sur le plan des connaissances et des habiletés perçues permettent de considérer le besoin de compétence de l'utilisatrice ou de l'utilisateur. Toutefois, s'il ou elle perçoit que les connaissances et habiletés nécessaires pour atteindre un objectif sont inférieures à son niveau de maîtrise, cela aurait comme effet de l'ennuyer. Le contraire aurait comme effet de générer du stress. D'autres stratégies qui peuvent considérer le besoin de compétence sont d'offrir des objectifs alternatifs, c'est-à-dire des objectifs proximaux parallèles qui remplacent ou qui s'ajoutent à l'objectif proximal actuel, de moduler à la baisse le niveau de difficulté de l'objectif et d'offrir des indices. Les indices représentent un soutien optionnel offert à l'utilisatrice ou l'utilisateur pour le guider dans les actions à réaliser, par exemple en lui rappelant certaines informations ou en attirant son attention sur des éléments particuliers.

Dans le jeu sérieux, l'effort déployé par l'utilisatrice ou l'utilisateur pour atteindre les objectifs et l'atteinte de ces derniers sont associés à un système de récompenses (Alexiou et Schippers, 2018). Ces conséquences positives l'encouragent à investir les efforts nécessaires pour atteindre les objectifs proposés, ce qui a pour effet d'augmenter sa motivation intrinsèque et son engagement cognitif. Par exemple, l'atteinte d'un objectif peut permettre d'accéder à un nouvel objectif, de remporter une monnaie virtuelle à échanger dans le jeu sérieux ou de faire progresser la trame narrative du jeu sérieux. En cas d'échec, les conséquences négatives ne devraient pas décourager l'utilisatrice ou l'utilisateur de tenter un nouvel essai. Bien qu'elle ou il puisse être freiné dans sa progression à l'intérieur du jeu sérieux, la possibilité de réessayer d'atteindre l'objectif autant de fois souhaitées devrait être offerte.

Les rétroactions, c'est-à-dire des réponses aux actions de l'utilisatrice ou de l'utilisateur qui sont offertes par le jeu sérieux, devraient porter sur l'alignement entre les actions posées et attendues afin d'atteindre les objectifs (Alexiou et Schippers, 2018). Les rétroactions lui permettent ainsi de valider les stratégies employées et d'en envisager de nouvelles afin d'atteindre les objectifs. De plus, la réception d'une rétroaction place temporairement l'utilisatrice ou l'utilisateur dans un

rôle passif alors que son contenu est analysé et qu'une réflexion est entamée sur les décisions et les actions réalisées. Les rétroactions immédiates devraient donc être nombreuses, courtes et cibler les éléments essentiels à l'atteinte des objectifs proposés. Les rétroactions non essentielles à l'atteinte des objectifs, quant à elles, devraient être agrégées et offertes uniquement en différé à certains moments de la progression. Les rétroactions différées devraient être peu fréquentes, plus longues et adresser de manière globale les décisions prises, les actions réalisées ainsi que la progression à l'intérieur du monde imaginaire du jeu sérieux. Ceci permet de considérer le besoin de compétence tout en maintenant l'engagement cognitif.

Trame narrative

Le jeu sérieux inclut généralement une trame narrative qui met en scène une ou un protagoniste, des personnages secondaires et des événements narratifs (Alexiou et Schippers, 2018). Cette trame narrative permet de renforcer le cercle magique et de favoriser la suspension de l'incrédulité de l'utilisatrice ou de l'utilisateur, c'est-à-dire son acceptation du monde imaginaire et son engagement émotif vis-à-vis celui-ci. La trame narrative permet d'intégrer les objectifs à l'intérieur d'un monde imaginaire cohérent et contribue donc à leur attribuer une valeur significative. La complexité de la trame narrative peut varier grandement, de simple et peu détaillée à complexe et riche. Pour favoriser l'engagement et la motivation intrinsèque de l'utilisatrice ou de l'utilisateur, Alexiou et al. (2020) soulignent l'importance que la trame narrative soit vraisemblable et facile à comprendre. Ces auteurs précisent qu'il ne s'agit pas que la trame narrative soit un reflet exact de la réalité, mais plutôt que celle-ci apparaisse comme plausible et cohérente pour l'utilisatrice ou l'utilisateur.

La ou le protagoniste réfère au personnage central, ou à la perspective à travers laquelle l'utilisatrice ou l'utilisateur explore le monde imaginaire (Alexiou et Schippers, 2018). Les événements narratifs sont donc vécus au travers de sa perspective et de son identité, ce qui peut favoriser un sentiment d'empathie ainsi que l'engagement émotif. Pour favoriser ce sentiment, l'évolution du ou de la protagoniste dans le monde imaginaire devrait être représentative de l'évolution des connaissances et habiletés de l'utilisatrice ou de l'utilisateur dans le monde réel.

Les personnages secondaires, soit des figures faisant partie du monde imaginaire du jeu sérieux et que l'utilisatrice ou l'utilisateur ne peut contrôler, favorisent le sentiment d'appartenance au monde imaginaire alors que l'utilisatrice ou l'utilisateur peut interagir avec eux et qu'ils peuvent réagir à l'accomplissement d'objectifs (Alexiou et Schippers, 2018). Les personnages secondaires peuvent également représenter une source de soutien dans le jeu sérieux. Ils peuvent fournir des indices afin de favoriser l'atteinte des objectifs et agir à titre de modèles de rôle.

Les événements narratifs sont les situations qui surviennent et marquent l'évolution du ou de la protagoniste, des personnages secondaires et du monde imaginaire du jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018). Les événements narratifs génèrent un sentiment de curiosité et motivent l'utilisatrice ou l'utilisateur à découvrir la suite du récit. De plus, ils lui permettent d'observer l'impact qu'elle ou il produit sur le monde imaginaire puisque ses actions et l'atteinte d'objectifs influencent le déroulement des événements narratifs.

Esthétique

L'esthétique est un concept qui désigne les éléments audiovisuels qui permettent de donner vie au monde imaginaire du jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018). L'esthétique comprend un aspect hédonique et fonctionnel. Sur le plan hédonique, les éléments audiovisuels offrent des stimuli à l'utilisatrice ou l'utilisateur qui peuvent favoriser certaines émotions plaisantes en lien avec les événements narratifs. L'aspect hédonique de l'esthétique n'est pas synonyme d'un haut niveau de réalisme, qui pourrait avoir comme effet de distraire de la visée éducative du jeu sérieux, mais plutôt de cohérence et d'harmonie afin d'engager émotionnellement l'utilisatrice ou l'utilisateur vis-à-vis ce monde imaginaire. Sur le plan fonctionnel, l'esthétique devrait mettre l'accent sur les éléments importants du monde imaginaire afin d'atteindre les objectifs. L'esthétique devrait aussi permettre à l'utilisatrice ou à l'utilisateur de saisir comment il lui est possible de manipuler les éléments qui composent ce monde imaginaire et ce à quoi ceux-ci réfèrent dans le monde réel. L'esthétique permet donc de rendre perceptibles, visibles et parfois interactifs, les éléments des autres couches constitutives du jeu sérieux.

Traits des utilisatrices ou des utilisateurs

L'utilisatrice ou l'utilisateur posséderait certains traits individuels, ou caractéristiques, qui modifieraient sa réceptivité aux éléments du jeu sérieux, modéreraient son engagement et sa motivation intrinsèque et, ultimement, influenceraient son apprentissage. Alexiou et Schippers (2018) soulignent que le rôle des traits individuels dans l'utilisation du jeu sérieux a été largement négligé et suggèrent que davantage de recherches soient réalisées à ce sujet. Ces auteurs proposent néanmoins cinq traits individuels qui pourraient influencer l'apport des couches constitutives du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage.

Le premier trait est une orientation vers l'atteinte d'objectifs, c'est-à-dire la propension à vouloir acquérir des connaissances, développer ses habiletés et en faire la démonstration (Alexiou et Schippers, 2018). Une orientation vers l'atteinte d'objectifs peut conduire à tenter de se dépasser ou à performer. Les utilisatrices ou utilisateurs orientés vers l'atteinte d'objectifs pourraient donc rapporter un haut niveau de motivation intrinsèque à utiliser un jeu sérieux étant donné la présence d'objectifs. Toutefois, celles et ceux qui ne possèdent pas cette orientation seraient peu motivés, de manière générale, à utiliser un jeu sérieux. Ils ne seraient pas portés à se mettre dans une situation potentiellement menaçante ni à persévérer dans le cas d'un faible niveau de performance. Une telle situation serait plutôt perçue comme humiliante, gênante et, dans l'ensemble, indésirable.

Le deuxième trait est l'ouverture à l'expérience, c'est-à-dire la propension à explorer et expérimenter, et la sensibilité à la nouveauté (Alexiou et Schippers, 2018). Une ouverture à l'expérience pourrait favoriser une sensibilité à la trame narrative et à l'esthétique du jeu sérieux, particulièrement à la curiosité qu'il peut susciter et à son caractère imaginaire. Au contraire, de tels éléments pourraient être appréhendés avec un certain scepticisme en cas de fermeture à l'expérience.

Le troisième trait est celui d'être consciencieux, c'est-à-dire la propension à s'appliquer dans une tâche afin de la réaliser correctement (Alexiou et Schippers, 2018). Dans le contexte des jeux sérieux, le fait d'être consciencieux a pour effet de s'appliquer à atteindre les objectifs proposés et à tenir compte des rétroactions offertes. Au regard de l'apprentissage, une utilisatrice ou un

utilisateur consciencieux peut toutefois avoir tendance à surestimer son niveau de connaissances et d'habiletés. Ainsi, celui-ci pourrait ne pas être en mesure d'identifier ses lacunes, ce qui se solderait par un apprentissage moindre avec le jeu sérieux.

Les quatrième et cinquième traits sont ceux de la recherche de sensations et de défis cognitifs (Alexiou et Schippers, 2018). Une utilisatrice ou un utilisateur à la recherche de sensations sera porté à s'adonner à des activités vues comme intenses, risquées ou même dangereuses. Ceci peut mener à choisir des jeux d'action. Toutefois, une utilisatrice ou un utilisateur qui recherche des défis cognitifs sera davantage porté vers des activités exigeantes intellectuellement, comme des jeux vidéo dont la résolution de problème est centrale à l'atteinte d'objectifs. Ainsi, les objectifs proposés sont susceptibles d'être plus ou moins appréciés, dépendamment si l'utilisatrice ou l'utilisateur recherche des sensations ou des défis cognitifs.

Résultats d'apprentissage

Alexiou et Schippers (2018) inscrivent l'apprentissage par le jeu sérieux à l'intérieur d'une vision constructiviste. En effet, en tentant d'atteindre les objectifs proposés, les utilisatrices ou utilisateurs doivent se remémorer leurs connaissances actuelles, observer et analyser les éléments constitutifs d'un problème, explorer des stratégies pour le résoudre et les mettre en application. L'exploration de ces stratégies exige donc graduellement d'acquérir des connaissances et d'appliquer celles-ci au travers des stratégies retenues pour atteindre les objectifs proposés. Grâce à l'analyse des éléments constitutifs d'un problème et de leurs interrelations, l'application de stratégies permet à l'utilisatrice ou à l'utilisateur de développer des habiletés cognitives comme le RCI en contexte d'ICA. L'offre d'une rétroaction, en permettant, au besoin, de susciter la réflexion et le questionnement chez l'utilisatrice ou l'utilisateur quant à la pertinence d'une stratégie retenue, peut également contribuer à l'acquisition de connaissances et au développement d'habiletés cognitives. Les mécanismes par lesquels le jeu sérieux peut mener à l'apprentissage d'après Alexiou et Schippers (2018) font d'ailleurs écho aux mécanismes proposés par Richmond et al. (2020) pour améliorer le raisonnement clinique des professionnels de la santé. En effet, ce dernier groupe d'auteurs et d'auteurs suggère que la mobilisation des connaissances actuelles, l'acquisition de nouvelles connaissances, l'offre de rétroactions et susciter la réflexion et le questionnement soient

centraux au développement du raisonnement clinique. Le jeu sérieux présente donc le potentiel de soutenir le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Résumé des assises théoriques du jeu sérieux

La première section de chapitre de revue des écrits a permis de fournir des assises théoriques au jeu sérieux qui est développé dans cette thèse. Pour ce faire, nous avons d'abord défini le concept de jeu et avons identifié que celui-ci proposait un « cercle magique » régi par un ensemble de règles qui lui sont propres et auxquelles on décide d'adhérer lors de son utilisation. Nous avons aussi identifié que son caractère autotélique guide l'utilisation qui en est faite. Finalement, nous avons établi que l'ajout du terme « sérieux » vient du fait que le jeu sérieux a également une visée d'apprentissage.

Par la suite, nous avons conceptualisé cette intervention de formation d'après le modèle proposé par Alexiou et Schippers (2018b). Ce modèle propose que le jeu sérieux soit constitué de trois couches, soit des mécaniques de jeu, une trame narrative et une esthétique. Nous avons défini chacune de ces couches et avons établi que celles-ci devraient avoir un apport positif sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage des utilisatrices et utilisateurs (comme le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières). De plus, comme suggérés dans ce modèle, des niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque plus élevés devraient se solder par de meilleurs résultats d'apprentissage.

Assises empiriques du jeu sérieux

Toujours en lien avec la sous-phase 1a, cette deuxième section de la revue des écrits vise principalement à fournir des assises empiriques au jeu sérieux qui est développé. Cette section est composée séquentiellement de deux revues systématiques des écrits dont les résultats ont été publiés dans des périodiques scientifiques.

Introduction au premier article

Le premier article présente une revue systématique des écrits d'efficacité d'interventions. Le protocole a été publié au préalable (Maheu-Cadotte et al., 2018) et les résultats ont fait l'objet

de l'article présenté ci-après (Maheu-Cadotte et al., 2021a). Cette revue systématique visait à évaluer l'efficacité des jeux sérieux, comparativement à toute autre intervention de formation, sur l'engagement, la motivation intrinsèque et différents résultats d'apprentissage dans la formation en santé. De plus, puisque nous anticipions que les chercheuses et chercheurs aient évalué différents aspects de l'expérience d'apprentissage des utilisatrices et utilisateurs, nous avons analysé et synthétisé toutes les mesures permettant de décrire leur expérience d'apprentissage et leur avis quant à des éléments spécifiques du jeu sérieux.

Dans le cadre du présent projet, cette revue systématique des écrits visait, en premier lieu, à apporter des données empiriques pour appuyer le potentiel du jeu sérieux à soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA. Dans un deuxième lieu, elle visait à proposer des pistes d'amélioration sur le plan de la conception et qui permettraient de rehausser son efficacité pour soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA.

L'article de résultats est présenté et est suivi d'un complément de résultats non publiés, mais qui ont informé la conception du jeu sérieux de la présente étude.

Efficacy of serious games in healthcare professions education: a systematic review and meta-analysis

Maheu-Cadotte, MA, Cossette, S, Dubé, V, Fontaine, G, Lavallée, A, Lavoie, P, Mailhot, T et Deschênes, MF

Rôle et contribution de l'étudiant-chercheur

L'étudiant-chercheur a développé le protocole de la revue systématique et la stratégie de recherche, sélectionné les écrits pertinents, extrait les données des écrits retenus, analysé les résultats et rédigé l'article de résultats. SC, VD, GF, PL et TM ont contribué au développement du protocole. GF, AL et TM ont contribué à la sélection des écrits. GF, AL, PL, TM et MFD ont contribué à l'extraction des données. Tous les auteurs ont fait une relecture critique de l'article et ont approuvé celui-ci avant sa soumission. L'article est publié dans *Simulation in Healthcare* (Maheu-Cadotte et al., 2021a).

Summary statement

Serious games (SGs) are interactive and entertaining software designed primarily with an educational purpose. This systematic review synthesizes evidence from experimental studies regarding the efficacy of SGs for supporting engagement and improving learning outcomes in healthcare professions education. Randomized controlled trials (RCTs) published between January 2005 and April 2019 were included. Reference selection and data extraction were performed in duplicate, independently. Thirty-seven RCTs were found and 29 were included in random effect meta-analyses. Compared with other educational interventions, SGs did not lead to more time spent with the intervention (mean difference 23.21 minutes [95% confidence interval (CI) -1.25, 47.66]), higher knowledge acquisition (standardized mean difference (SMD) 0.16 [95%CI -0.20, 0.52]), cognitive (SMD 0.08 [95%CI -0.73, 0.89]) and procedural skills development (SMD 0.05 [95%CI -0.78, 0.87]), attitude change (SMD -0.09 [95%CI -0.38, 0.20]) nor behavior change (SMD 0.2 [95%CI -0.11, 0.51]). Only a small SMD of 0.27 [95%CI 0.01, 0.53] was found in favor of SGs for improving confidence in skills.

Introduction

Serious games (SGs) are interactive and entertaining software designed primarily with an educational purpose. Popularized in the beginning of the 2000s, SGs quickly became integrated into healthcare professions education as their entertaining factor showed the potential to engage learners and support their learning process (Akl et al., 2010). SGs are thought to fulfill the needs of adult learners, such as autonomy, control, and a sense of achievement (Baranowski et al., 2008; Knowles, 1995). Moreover, authors report that learners are receptive to the visual and the interactive aspects of SGs, traditionally associated with video games (Yoder et Terhorst, 2012). Thus, their use by healthcare educators is expected to rise in both initial and continuing education (Wynter et al., 2019).

Learning in SGs typically occurs through a gameplay experience that combines challenges with various playful design elements, which can be seen as features or building blocks of SGs (e.g., scoring system, content unlocking, integration of a storyline; (Kiili, 2005). Challenges allow learners to be actively involved in a decision-making process for which they can receive immediate feedback and see the results of their decisions (Tettegah et al., 2015). For example, an

SG can challenge learners to provide the correct management plan for a virtual patient. Points can be awarded, and learners can unlock a new game level if they provide the correct management plan. As such, SGs are often associated with a constructivist learning perspective where the learning progression is fueled by an interaction cycle between learners and the SG, and where the reception of feedback allows learners to reflect on new or better ways to take on a challenge (Kiili, 2005). Thus, one of the main objectives in designing SGs is to ensure that they support learners' engagement to take on the various challenges that are expected to lead to significant learning outcomes (De Freitas, 2006).

Engagement can be defined as a bi-dimensional concept: a behavioral dimension (i.e., the extent of the learners' involvement while taking on the challenges; e.g., the total amount of time invested by learners' in the SG), and an experiential dimension (i.e., the subjective experience of the learners while taking on the challenges; e.g., learners' affect while using the SG; (Perski et al., 2017)). Proper integration of the challenges with the playful design elements while designing SGs can ensure that learners remain engaged towards the challenges they take on (Nevin et al., 2014).

Systematic reviews on the use of SGs in the healthcare professions report that their efficacy in supporting engagement and improving learning outcomes varies greatly (Akl et al., 2010; Boyle et al., 2016; Gentry et al., 2019; Gorbanev et al., 2018; Ricciardi et De Paolis, 2014; Wang et al., 2016). However, reasons as to why SGs produce heterogeneous results have been left unexplored. Heterogeneity is often the product of diversity in the combination of studies with different research designs, populations, intervention designs, comparators, or outcomes evaluated (Higgins et Green, 2011b). Previous reviews of SGs combined the findings of quasi-experimental studies with experimental ones which could have induced biases in the results reported through the lack of a control group or randomization (Ricciardi et De Paolis, 2014; Wang et al., 2016). Other reviews combined studies evaluating SGs to ones evaluating gamification interventions (i.e., the application of gaming elements to non-gaming contexts) or commercial off-the-shelf games (i.e., games designed especially for entertainment but used for educational purpose) which could have induced heterogeneity in the results reported due to the different design of each of these interventions (Boyle et al., 2016; Gentry et al., 2019).

Thus, in this systematic review, we focused on identifying, appraising, and synthesizing the results of experimental studies evaluating the efficacy of SGs on engagement and learning outcomes in healthcare education. Since the development of an SG can be expensive and time-consuming (Boyle et al., 2016), findings from this review will thus provide guidance to educators regarding the design and the adoption of SGs, and to researchers in the conduct of future works.

Methods

Protocol and registration

This systematic review was based on the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions (Higgins et Green, 2011b). We report this systematic review according to the Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis (PRISMA) standards (Moher et al., 2009). We prospectively registered (#CRD42017077424) and published the detailed review protocol (Maheu-Cadotte et al., 2018).

Eligibility criteria

We included randomized controlled trials (RCTs), cluster-RCTs, and crossover-RCTs published in English or in French from January 1, 2005, to April 24, 2019. An SG had to be assessed, as a stand-alone intervention or as part of a multi-component intervention, among healthcare professionals or students, from any level of education, either in an initial or a continuing education setting. For the purpose of this review, we defined SGs as interactive and entertaining software with a primary educational purpose that engages learners through challenges (Bergeron, 2006; Hamari et al., 2016; Salen et Zimmerman, 2004; Stokes, 2005). All types of comparator interventions were considered for inclusion. Studies had to report at least one measure of a learning outcome or one measure of engagement—behavioral (i.e., the duration of the educational intervention usage) or experiential (i.e., self-reported measures of learners' experience in using the educational intervention). Learning outcomes were defined after Kirkpatrick's model (Kirkpatrick, 2008). We considered all short-term and long-term measures of knowledge acquisition, skill development (subdivided as confidence in skills, cognitive skills, and procedural skills), attitude and behavior change, as well as clinical outcomes in healthcare system users.

Information sources and search

A librarian searched six bibliographical databases using keywords and MeSH terms related to: SGs (e.g., serious game(s), game-based learning/training, applied game(s)) healthcare professionals/healthcare students (e.g., physician(s), clinician(s), trainee(s)), and effect on engagement and learning outcomes (e.g., efficacy, skills development, knowledge acquisition). These bibliographical databases were: Cumulative Index of Nursing and Allied Health (EBSCO), EMBASE (OVID), ERIC (ProQuest), PsycINFO (APA PsycNET), PubMed (NCBI), and Web of Science – SCI and SSCI (ISI – Thomson Scientific). We performed an initial search in these databases on December 13, 2017, and we updated our search on April 24, 2019 (see Text, [Supplementary Digital Content 1](#)¹, all search strategies are reported). To find additional articles, hand-searching was performed in scientific journals specialized in SGs (Games for Health Journal, Games, G|A|M|E The Italian Journal of Game Studies, International Journal of Computer Games Technology, International Journal of Serious Games, and JMIR Serious Games), in previous systematic reviews (Vlachopoulos et Makri, 2017; Wang et al., 2016), and in the reference lists of identified studies.

Identified references were imported and managed in EndNote (Version X8, Clarivate Analytics). We screened all references independently and in pairs, and all disagreements were resolved through discussion with a third author.

Data extraction process

We performed the data extraction process by using the Effective Practice and Organization of Care template (2002). The extraction form was piloted by all review authors involved in this step using a single article. Authors then met to discuss issues they might have had while using the form. As no significant disparity was found between forms during the piloting phase, one author performed the initial data extraction and another one validated it.

¹ Le contenu numérique supplémentaire des articles de cette thèse est disponible via des liens *Uniform Resource Locator* (URL).

Data items

For descriptive purposes, we extracted the following items: study aim; study design; population; attrition rate; name of SGs evaluated; theoretical framework used for the SGs development; cost and duration of the SGs development; clinical topics addressed; methods of delivery of the comparator intervention (i.e., classroom learning, written material, e-learning, another serious game, simulation/virtual simulation); duration and frequency of use of the interventions; unit of measurement; time points measured; instruments; validity and reliability of the instruments.

For quantitative synthesis purposes, we extracted the following items: sample size; outcome data; risk of bias data.

Assessment of risk of bias

Two authors independently assessed the risk of bias of each included study using the Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias (2017) and all disagreements were resolved with the help of a third author. A high risk of bias diminishes the reliability of the study results. The following aspects are considered during assessment: random sequence generation, allocation concealment, measurement of study group characteristics and baseline outcomes, incomplete outcome data, blinding, contamination, and selective outcome reporting. For each criterion, we judged studies at "low risk", "high risk", or "unclear risk" of bias. We considered studies at high risk of bias if they were judged at high or unclear risk of bias on either of these three criteria: randomization sequence generation, allocation concealment, or blinding of assessors to participants' group assignment as these criteria are likely to significantly bias the results (Savovic et al., 2018).

Assessment of selective reporting of outcomes

We compared the outcomes reported in the articles with the outcomes reported in the research protocol or, if no protocol was available, with the trial prospective registration form. If the trial was not prospectively registered, we compared the outcomes presented in the methods section with the ones reported in the results section.

Assessment of reporting biases

We constructed a funnel plot in RevMan 5.3 (The Cochrane Collaboration, Copenhagen, Denmark) and visually inspected it to assess reporting biases (e.g., due to publication, language, or citation biases) at the body of literature level. We considered an asymmetrical funnel plot at visual inspection as an indicator of reporting biases.

Data synthesis

Efficacy of serious games in supporting behavioral and experiential engagement

To evaluate the efficacy of SGs in supporting behavioral engagement, we used meta-analytical methods to compare the duration of SG use versus the comparator intervention use. All meta-analyses in this systematic review were performed in RevMan 5.3 (The Cochrane Collaboration, Copenhagen, Denmark) using an inverse variance approach with random-effect models to combine continuous data. At least two studies had to contribute to a single meta-analysis for it to be conducted (Higgins et Green, 2011a). No minimal number of participants was required. All results are expressed with 95% confidence intervals (CIs) and statistically significant results are defined as a two-sided alpha of 0.05.

Regarding the efficacy of SGs to support behavioral engagement, the result is expressed as a mean difference (in minutes). Moreover, we compared narratively the expected frequency and duration of SG use, according to study authors, to the observed ones.

Regarding experiential engagement, this concept encompasses many aspects of the learners' experience with SGs, and we expected that authors would measure a diverse set of these aspects. As such, we employed an analysis approach where we let these aspects emerged from the data (and not from prespecified categories). This allowed us both to identify all aspects of experiential engagement that were evaluated in included studies, and to compare between studies the results obtained regarding each identified aspect. First, we extracted the items composing each instrument used to assess and to compare the experiential engagement in learners between groups. Second, two authors independently analyzed and categorized all items into aspects that were refined iteratively through the data analysis process. Third, the proposition of each author

was contrasted to reach a consensus on aspects of experiential engagement that were measured. The efficacy of SGs on experiential engagement was finally evaluated for each aspect.

Efficacy of serious games in improving learning outcomes

We conducted meta-analyses to evaluate the efficacy of SGs compared to any other educational intervention in improving learning outcomes. Meta-analyses included all studies with enough data to compute a standardized mean difference (SMD) regarding at least one outcome (i.e., post-test means, medians, or odds ratios; standard deviations, first and third quartiles, standard errors, p values, or t value; number of participants in each group).

We also performed meta-analyses of studies evaluating the efficacy of SGs versus passive comparators. However, the emphasis was kept on studies with active education comparisons as educators usually seek to find the best educational intervention, and not if an educational intervention is better than doing nothing. As such, results of these analyses are not reported here but online (see Figures, [Supplementary Digital Content 2](#), meta-analyses are presented there).

Subgroup and sensitivity analyses

Statistical heterogeneity was assessed using the I^2 statistic. A value superior to 50% was considered as a high level of heterogeneity for all meta-analyses. We explored statistical heterogeneity by performing subgroup and sensitivity analyses. Subgroup analyses were conducted regarding the study population (i.e., healthcare professionals v. healthcare students), the comparator intervention (i.e., classroom-learning, written material, e-learning, simulation or virtual simulation, or a non-active comparator), and the publication year. As for this last subgroup analysis, we prospectively retained 2014 as a cut-off year (i.e., before or in 2014 v. after 2014) as the New Media Consortium declared that year that SGs were to be greatly developed and evaluated by educational institutions in the next 2 to 3 years (Johnson et al., 2014). Sensitivity analyses were performed to restrict meta-analyses to studies with larger sample sizes. Smaller studies tend to be associated with larger standard errors and different intervention effects, which could introduce statistical heterogeneity (Higgins et Green, 2011b; Schwarzer et al., 2015; Turner et al., 2013). We considered a study “small” if its sample size fell under the first quartile when looking at the distribution of all study sample sizes included in a single meta-analysis. The median

threshold from which we considered a study sample size “small” was 46 participants and the range varied between 28 and 74.

Assessment of the overall quality of the evidence

The overall quality of the evidence regarding the efficacy of SGs on each outcome was assessed by using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) approach (Dijkers, 2013). GRADE formalizes the evaluation of the overall quality of evidence and the formulation of recommendations. Quality of evidence depends on risks of bias, inconsistencies, imprecisions, and indirectness in the results of the studies. For each outcome, there are four levels of quality of evidence (very low, low, moderate, high) which represent our confidence in the pooled SMDs (i.e., the findings of this review). Two authors independently assessed the quality of the evidence and all disagreements were resolved through consensus.

Results

Descriptive results of included studies

From a pool of 3173 unique references, 37 studies were included in the systematic review, and 29 studies (78%; all percentages presented are out of the 37 studies included) provided enough data to be included in a meta-analysis (see Figure 3; p. 63). Descriptive data regarding included studies are reported in Table 1 (p. 64; see Text, Supplementary Digital Content [3](#) and [4](#), the lists of included studies and of excluded studies at the full-text assessment stage are reported).

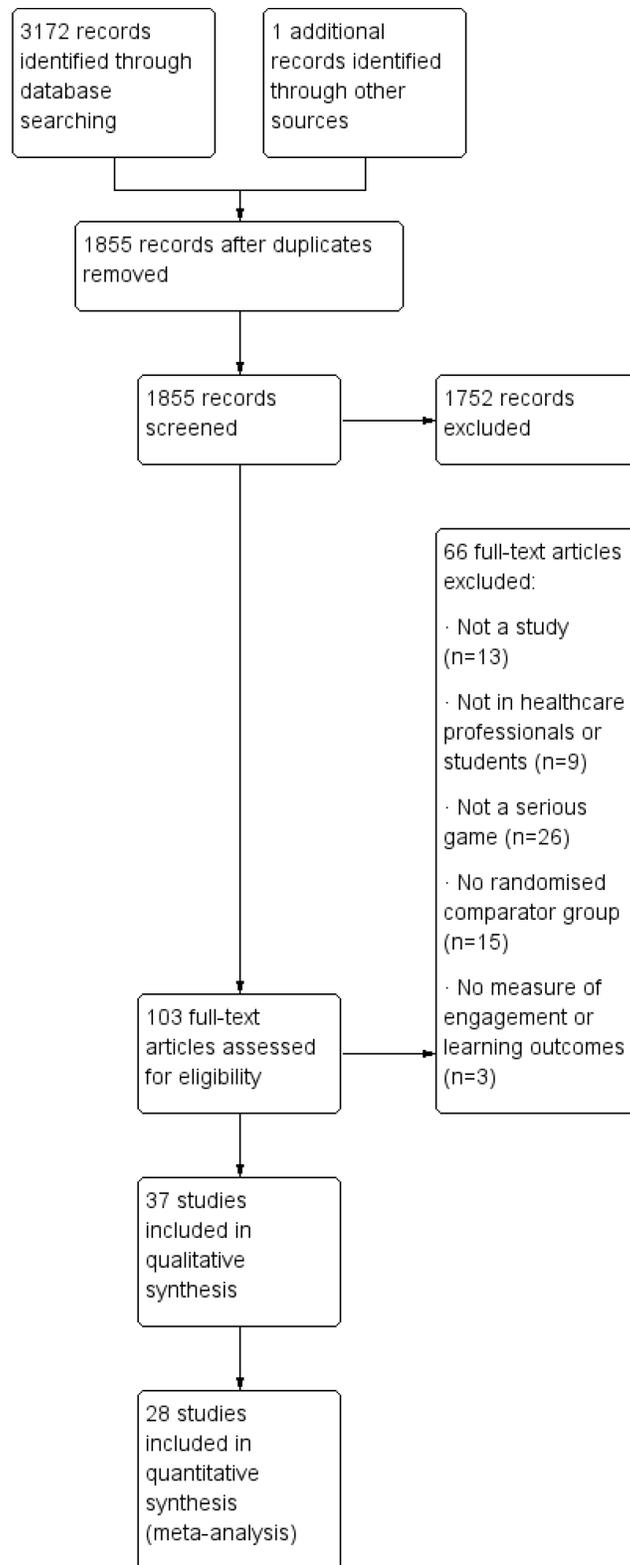


Figure 3. – PRISMA study flow diagram for the systematic review on the efficacy of serious games

Tableau 1. – Key information of included studies

First author-year, Country	Study design	Study participants	Outcomes [†]
Compared to classroom learning			
Courtier-2016 United States	Two-group cluster randomized controlled trial	48 fourth-year medical students	Experiential engagement Knowledge
Diehl-2017 Brazil	Two-group randomized controlled trial	170 primary care physicians	Attitudes [§] Behaviors [§] Cognitive skills ^{§*} Experiential engagement
Hannig-2013 Germany	Two-group randomized controlled trial	55 second-year dental students	Confidence
Knight-2010 United Kingdoms	Two-group randomized controlled trial	91 various healthcare professionals (e.g., medical doctors, nurses, paramedic)	Cognitive skills* Procedural skills
Compared to written material			
Boeker-2013 Germany	Two-group randomized controlled trial	145 third-year medical students	Experiential engagement Knowledge*
Polivka-2019 USA	Two-group randomized controlled trial	74 various healthcare professionals and students	Cognitive skills
Rondon-2013 Brazil	Two-group randomized controlled trial	29 second-year speech-language and hearing science students	Knowledge [§]
Compared to e-learning			
Adjedj-2017 France	Two-group randomized crossover trial	68 medical students	Experiential engagement*
Berger-2018 Switzerland	Two-group randomized controlled trial	117 second-year pharmacy students	Attitude Confidence Experiential engagement Knowledge
Buijs-Spanjers-2018 Netherlands	Three-group randomized controlled trial	176 third-year medical students	Attitude Cognitive skills* Experiential engagement*

First author-year, Country	Study design	Study participants	Outcomes [†]
Dankbaar-2017 Netherlands	Two-group randomized controlled trial	90 fourth-year medical students	Behavioral engagement* Behaviors Confidence Experiential engagement Knowledge
de Sena-2019 Brazil	Two-group randomized controlled trial	45 first-year medical students	Behavioral engagement* Knowledge Procedural skills
Drummond-2017 France	Two-group randomized controlled trial	82 second-year medical students	Procedural skills [§]
Gauthier-2015 Canada	Two-group randomized controlled trial	46 first-year medical anatomy students	Behavioral engagement Knowledge
Kerfoot-2014 USA	Two-group randomized controlled trial	111 physicians, nurse practitioners, and physician assistants	Behavioral engagement Clinical outcome in patients* Knowledge*
Mohan-2017 USA	Four-group randomized controlled trial	368 emergency medicine physicians	Behavioral engagement Cognitive skills ^{§*} Experiential engagement
Scales-2016 USA	Two-group randomized controlled trial	422 resident physicians from various training specialties	Knowledge
Sward-2008 USA	Two-group randomized controlled trial	100 third-year medical students	Experiential engagement Knowledge [§]
Compared to another serious game			
Buijs-Spanjers-2019 Netherlands	Two-group randomized controlled trial	159 third-year medical students	Attitudes Cognitive skills Experiential engagement
Haubruck-2018 Germany	Two-group randomized controlled trial	95 third-to-six-year medical students	Experiential engagement* Procedural skills*
Kerfoot-2012 USA	Two-group randomized controlled trial	1470 urologists from various countries	Knowledge*

First author-year, Country	Study design	Study participants	Outcomes [†]
Compared to simulation or virtual simulation			
Chee-2019 Singapore	Two-group randomized controlled trial	46 registered nurses	Confidence* Procedural skills*
Chien-2013 United States	Two-group randomized controlled trial	14 medical students	Procedural skills
Katz-2017 USA	Two-group randomized controlled trial	44 residents on liver transplant rotation	Procedural skills*
Compared to multiple interventions			
Brull-2017 United States	Three-group randomized controlled trial	115 newly graduated nurses at an urban community teaching hospital Compared to classroom learning and e-learning	Knowledge*
Dankbaar-2016 Netherlands	Three-group randomized controlled trial	79 fourth-year medical students Compared to e-learning and to no intervention	Behavioral engagement Cognitive skills Experiential engagement
Mohan-2018 USA	Four-group randomized controlled trial	320 emergency medicine physicians Compared to e-learning, serious game, and no intervention	Behavioral engagement Cognitive skills* Experiential engagement
Compared to no intervention			
Boada-2015 Spain	Two-group randomized controlled trial	109 second-year nursing students	Procedural skills*
Cook-2012 United Kingdoms	Two-group randomized controlled trial	34 third-year nursing students	Procedural skills
Del Blanco-2017 Spain	Two-group randomized controlled trial	132 second- and third-year nursing and medicine students	Behaviors* Confidence
Foss-2014 Norway	Two-group randomized controlled trial	201 first- and second-year undergraduate nursing students	Cognitive skills
Graafland-2017 Netherlands	Two-group randomized controlled trial	31 first- or second-year residents in general surgical training	Cognitive skills

First author-year, Country	Study design	Study participants	Outcomes [†]
Harrington-2018 Ireland	Two-group randomized controlled trial	20 first-to-third-year medical students	Procedural skills*
Lagro-2014 Netherlands	Two-group randomized controlled trial	145 fifth-year medical students	Attitude Knowledge
Li-2015 China	Two-group randomized controlled trial	97 freshman medical students	Procedural skills*
Tan-2017 Singapore	Two-group cluster randomized controlled trial	111 second-year nursing students	Confidence* Knowledge* Procedural skills
Van Nuland-2014 Canada	Three-group crossover randomized controlled trial	67 kinesiology students	Knowledge*

Note. ‡ Comparator refers to an intervention solely received by the control group (i.e., an intervention that is not shared with the experimental group). † Outcomes that were measured across groups. § An outcome that was also measured at a follow-up period. * An outcome for which there was a statistically significant difference favoring the experimental group.

The median publication year was 2017. Twenty-eight studies (76%) were conducted exclusively among healthcare students, eight studies (22%) exclusively among healthcare professionals, and one study (3%) among both healthcare professionals and students. Regarding the professions, many studies were conducted in the medical profession (n=24; 65%). The median sample size was 91 participants (interquartile range (IQR) 99). Median attrition rates were 6.61% (IQR 20.89) at post-test assessment and 20% (IQR 25.28) at a follow-up period (i.e., between 6-week and 6-month post-intervention). E-learning interventions (n=14; 38%) were the most frequent types of comparator intervention.

Three studies (8%) compared SGs between one another. It was shown in one of the included studies that a voluntarily poor decision-making in an SG compared to a “normal” one did not influence the improvement of cognitive skills (SMD 0.00 [95%CI -0.31, 0.31]) (Buijs-Spanjers et al., 2019). Another study showed that more frequent, but lighter sessions of SG usage, led to higher knowledge acquisition than fewer but more intensive sessions of SG usage (SMD 0.43 [95%CI 0.30, 0.56]) (Kerfoot et Baker, 2012a). The last one focused on the evaluation of two similar SGs; the experimental group received a SG with an educational content aligned with the learning objectives as the control group received a SG with a similar, but irrelevant educational content, to avoid compensatory equalization in this group (Haubruck et al., 2018). The group that received the SG that was aligned with the learning objective had significantly higher procedural skills compared with the control group (SMD 1.30 [95%CI 0.85, 1.74]).

Otherwise, in ten studies (27%), the control group received no intervention or no intervention other than one shared with the experimental group (e.g., both experimental and control groups shared the same classroom-learning activity).

Risk of bias, selective reporting of outcomes in included studies, and reporting biases

Seven studies (19%) were judged at low risk of bias. The risk of bias graph is presented in Figure 4 (p. 69; also see Figure, [Supplementary Digital Content 5](#), the risk of bias summary for each study is presented). Other studies were judged at high risk of bias, mainly due to reporting or methodological issues at study level regarding the randomization sequence generation (n=17;

46%), and the allocation concealment (n=29; 78%). Only six studies (16%) were prospectively registered or had published a protocol before the publication of the results.

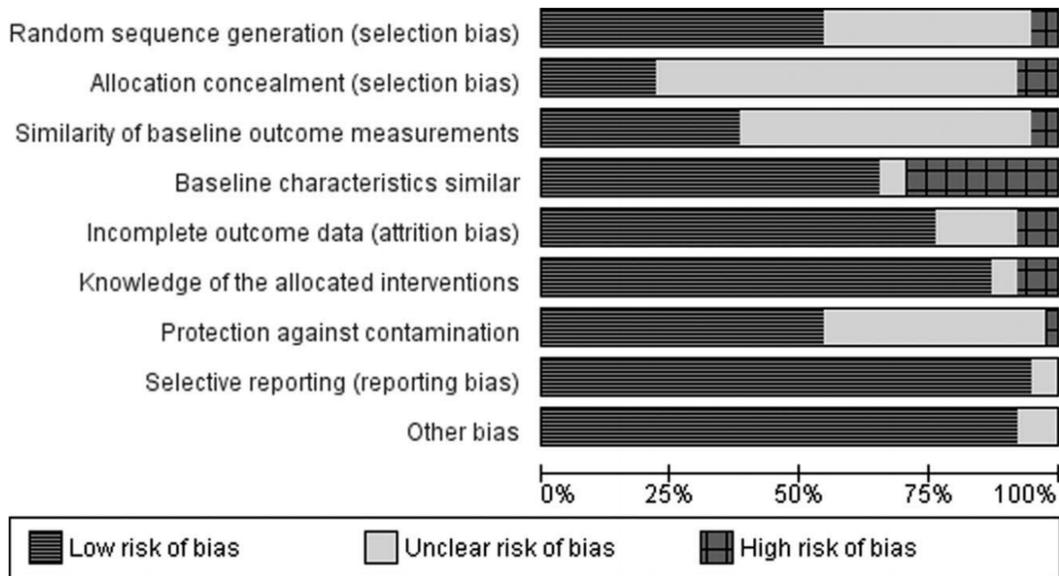


Figure 4. – Risk of bias graph

A funnel plot was constructed for the “Knowledge” outcome (see Figure, [Supplementary Digital Content 6](#), the funnel plot is presented). Visual inspection of the funnel plot revealed no serious reporting biases at the body of literature level.

Description of the serious games

Most SGs were exclusively available on a computer (n=24; 65%), seven (19%) were offered exclusively on a portable or a handheld device, four (11%) were available on more than one platform, and two (5%) were available on an unspecified platform. Clinical topics were diverse; cardiac resuscitation (n=5; 14%), triaging (n=3; 8%), and anatomy (n=3; 8%) were the most frequent. About half of the included studies reported the expected frequency of using the SG (n=19; 51%) or its duration (n=23; 62%). In those, the median expected frequency of usage was one session (IQR 3) and the median expected duration of usage was 60 minutes (IQR 150). Data related to the cost and time of development of the SG was not reported in any study (also see Table, [Supplemental Digital Content 7](#), key information of the SGs assessed are presented).

Ten studies (27%) cited the theoretical framework that guided the design or the development of the SG; no theoretical framework was cited more than once across the 37 included studies. Two (5%) studies reported the use of a game-based learning theory to guide the design of the SG. The most frequent challenges in SGs included the assessment and/or management of a virtual patient presenting a health-related illness condition (n=17; 46%) and answering questions on a clinical topic (n=10; 27%).

Efficacy of serious games in supporting behavioral and experiential engagement

Our confidence in the results of all meta-analyses is presented in Table 2 (p. 70). Our confidence ranges from very low to low for almost all meta-analyses conducted due mostly to serious risks of bias in included studies, inconsistencies, and imprecisions in results.

Tableau 2. – Summary of our certainty in the quantitative evidence using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) approach.

Outcomes	Standardized mean differences (SMDs)/ mean differences (MDs) with 95% confidence interval (CI)	No of participants (studies)	Certainty of the evidence (GRADE)	Justification
Learning time with the intervention (in minutes)	MD 23.21 (95%CI -1.25, 47.66)	377 (4 RCTs)	⊕○○○ Very low	Serious risk of bias and very serious imprecision. However, mostly consistent results
Knowledge	SMD 0.16 (95%CI -0.20, 0.52)	1047 (11 RCTs)	⊕○○○ Very low	Serious risk of bias and inconsistency, and very serious imprecision of results
Confidence in skills	SMD 0.27 (95%CI 0.01, 0.53)	235 (4 RCTs)	⊕⊕⊕○ Moderate	Serious risk of bias. However, consistent and precise results
Cognitive skills	SMD 0.08 (95%CI -0.73, 0.89)	634 (5 RCTs)	⊕○○○ Very low	Serious risk of bias and inconsistency, and very serious imprecision of results
Procedural skills	SMD 0.05 (95%CI -0.78, 0.87)	210 (4 RCTs)	⊕○○○ Very low	Serious risk of bias and inconsistency, and very serious imprecision of results

Outcomes	Standardized mean differences (SMDs)/ mean differences (MDs) with 95% confidence interval (CI)	No of participants (studies)	Certainty of the evidence (GRADE)	Justification
Attitudes	SMD -0.09 (95%CI -0.38, 0.20)	352 (3 RCTs)	⊕⊕○○ Low	Serious risk of bias and imprecision of results, and very serious inconsistency
Behaviors	SMD 0.2 (95%CI -0.11, 0.51)	164 (2 RCTs)	⊕⊕○○ Low	Serious risk of bias and inconsistency. However, precise results

Note. CI : Confidence interval; RCT : Randomized controlled trial; SMD : Standardized mean difference

Five studies (14%) were included in a meta-analysis (see Figure 5; p. 71) to evaluate the efficacy of SGs on behavioral engagement (i.e., minutes spent with the interventions). A non-statistically significant result favoring SGs was found (mean difference (in minutes) 23.21 [95%CI -1.25, 47.66; $I_2 = 91\%$]). Heterogeneity remained high (> 50%) when conducting planned subgroup and sensitivity analyses (see Figures, [Supplementary Digital Content 8](#), subgroup and sensitivity analysis graphs are presented).

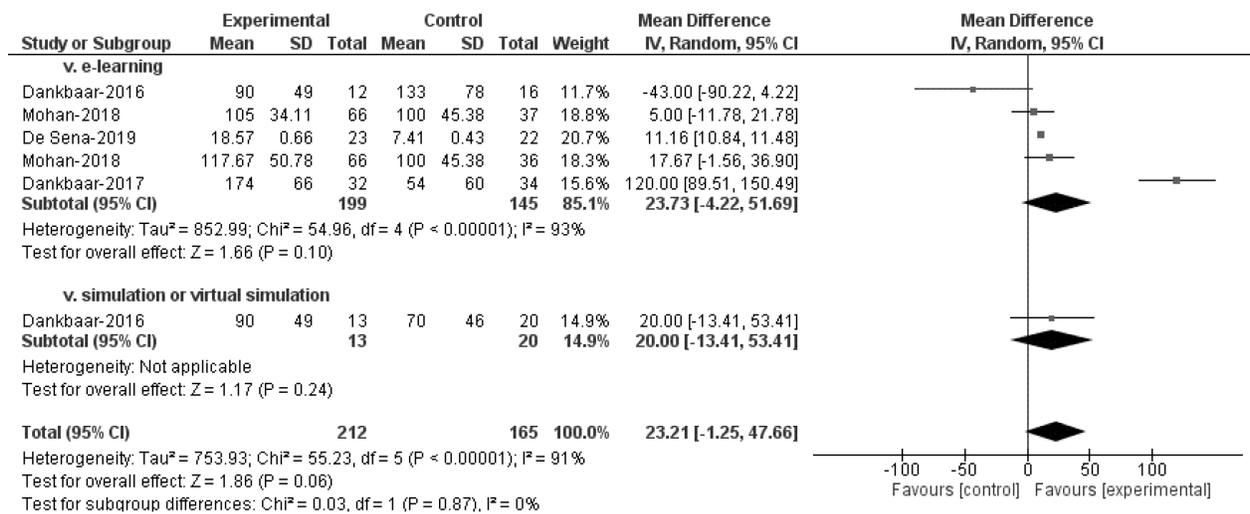


Figure 5. – Meta-analysis on the efficacy of serious games on supporting behavioral engagement

Five studies (14%) reported enough data to allow a comparison between the expected behavioral engagement in the SG and the actual one in terms of time spent using the SG. In three studies, the actual time spent was shorter than expected (Courtier et al., 2016; Dankbaar et al., 2016;

Harrington et al., 2018), in one it was longer (Mohan et al., 2017), and in one it was as expected (Mohan et al., 2018).

Experiential engagement was contrasted between groups in 11 studies (30%). Aspects of experiential engagement that were assessed are the following: perceived learning efficacy (n=9; 24%), enjoyment (n=7; 19%), satisfaction (n=6; 16%), usability (n=5; 14%), appropriateness (n=4; 11%), focus (n=4; 11%), fidelity (n=4; 11%), difficulty (n=2; 5%), perceived learning efficiency (n=2; 5%), and stress (n=1; 3%). Results regarding the efficacy of SGs on each aspect of experiential engagement are reported in Table 3 (p. 73). Results were highly heterogeneous overall; SGs were rarely regarded as systematically superior to other educational interventions for any of the aspects identified.

Tableau 3. – Participants’ self-reported assessment regarding the following aspects of the experiential engagement.

	Comparator										
	Classroom learning			Written material	E-learning						
	Courtier-2016	Diehl-2017	Haubruck-2018	Boeker-2013	Adjed-2017	Berger-2018	Dankbaar-2016	Dankbaar-2017	Mohan-2018	Mohan-2017	Sward-2008
Appropriateness: The intervention format and its content are judged appropriate and credible for learning.					+	-					+
Difficulty: The level of knowledge and skills required to progress in the intervention is adequate to learners’ expertise.					+		-*				
Enjoyment: The intervention is enjoyable or pleasant for learners.	-*	+		+		-			○	-*	+
Fidelity: The intervention is representative of reality, as learners perceives it.		-	+		+	-*					
Focus: The intervention allows learners to concentrate on the content presented.		-			+			+	+		
Learning efficacy: The intervention allows learners to feel that their learning has progressed.	-*	+	+	+	+	+	+				+
Learning efficiency: Learners perceive positively the ratio of time and effort invested in the intervention versus their learning progression.	-*										+
Satisfaction: The intervention fulfills learners’ overall expectations and needs.	-	-		+	+	-					+
Stress: The intervention is perceived as excessively demanding by learners.					-						
Usability: The intervention is perceived as easy to use by learners.					+	-*	+		-*	-*	

Note. +: The serious game was rated as superior to the comparator intervention; ○: No difference was reported; -: The serious game was rated as inferior to the comparator intervention; *: This difference reached statistical significance.

Efficacy of serious games in improving learning outcomes

Knowledge

Fifteen studies (41%) assessed participants' acquisition of knowledge and eleven (30%) were included in meta-analysis (Figure 6; p. 76). We observed a negligible and non-statistically significant SMD of 0.16 (95%CI -0.20, 0.52; $I_2=86\%$) in favor of SGs. The number of included studies in this meta-analysis allowed for subgroup and sensitivity analyses. Statistical heterogeneity remained high ($I^2 \geq 50\%$) in all subgroup analyses. However, a statistically significant difference ($p=0.006$) was found between the pooled SMD of studies conducted with healthcare students (SMD -0.19 [95%CI -0.66, 0.28]; $I_2=85\%$) compared to the pooled SMD of studies conducted with healthcare professionals (SMD 0.80 [95%CI 0.27, 1.32], $I_2=84\%$). When removing the studies falling under the first quartile in terms of sample size (fewer than 48 participants) statistical heterogeneity also remained high. However, the result became statistically significant (SMD 0.48 [95%CI 0.19, 0.78], $I_2=77\%$). Two studies (5%) assessed participants' retention of knowledge, one after a follow-up period of six weeks and the other one after six months. At six weeks, a negligible and non-statistically significant difference between a SG and written material was found (SMD 0.05 [95%CI -0.74, 0.83]) (Rondon et al., 2013). At six months, a negligible and non-statistically significant difference between a SG and an e-learning intervention was found (SMD -0.14 [95%CI -0.60, 0.32]) (Sward et al., 2008).

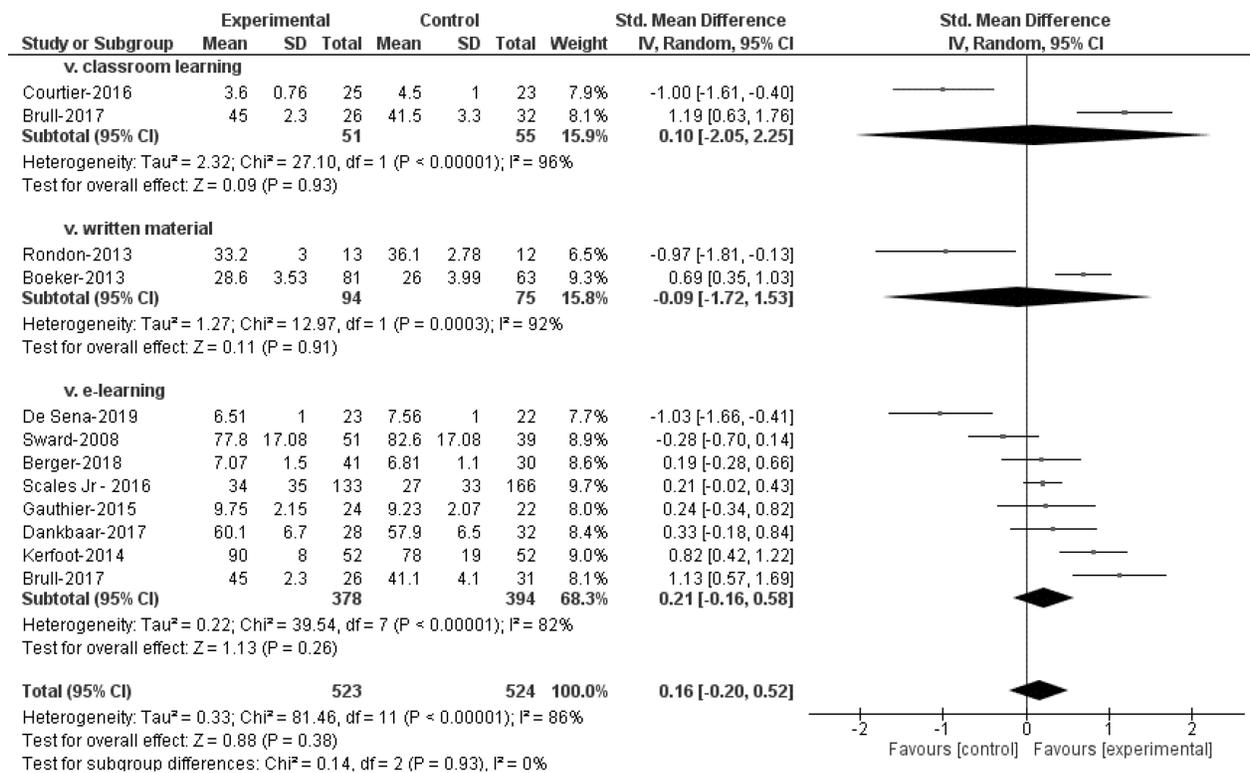


Figure 6. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on knowledge acquisition

Skills

Ten studies (27%) assessed participants' cognitive skills and five of them (11%) were included in a meta-analysis (see Figure 7; p. 77). We observed a negligible and non-statistically significant SMD of 0.08 (95% CI -0.73, 0.89; $I_2 = 95%$) in favor of SGs. Heterogeneity remained high (> 50%) when exploring the potential effect of study populations and publication years. Two studies included a follow-up period. At three months, a small and non-statistically significant difference (SMD 0.23 [95% CI -0.11, 0.57]) favoring the SG compared to a classroom learning intervention was found and, at a follow-up period of 6 months, a small and statistically significant difference (SMD 0.46 [95% CI 0.32, 0.68]) favoring the SG compared to an e-learning intervention was reported (Diehl et al., 2017; Mohan et al., 2017).

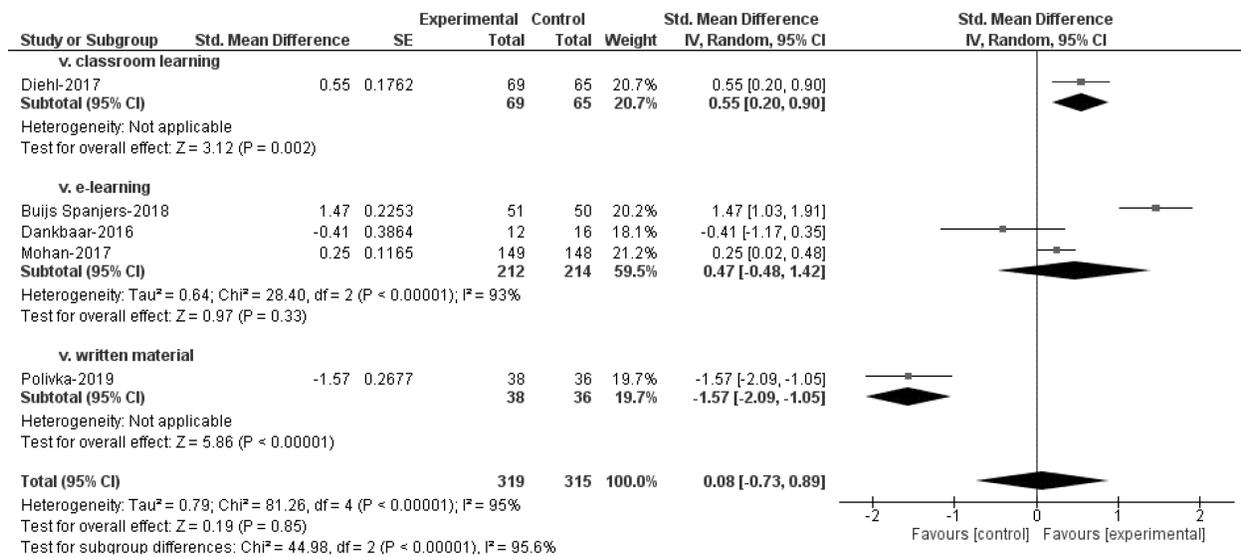


Figure 7. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on improving cognitive skills

Twelve studies (32%) assessed participants' procedural skills. Four studies (11%) were included in this meta-analysis (see Figure 8; p. 77). We observed a negligible and non-statistically significant SMD of 0.05 (95%CI -0.78, 0.87; $I_2 = 88\%$). The heterogeneity remained high (>50%) when exploring the potential effect of the comparator intervention, study population, and publication year. One study (3%) included a four-month follow-up period and a negligible and non-statistically significant difference (SMD -0.16 [95%CI -0.62, 0.29]) favoring the e-learning intervention was found (Drummond et al., 2017).

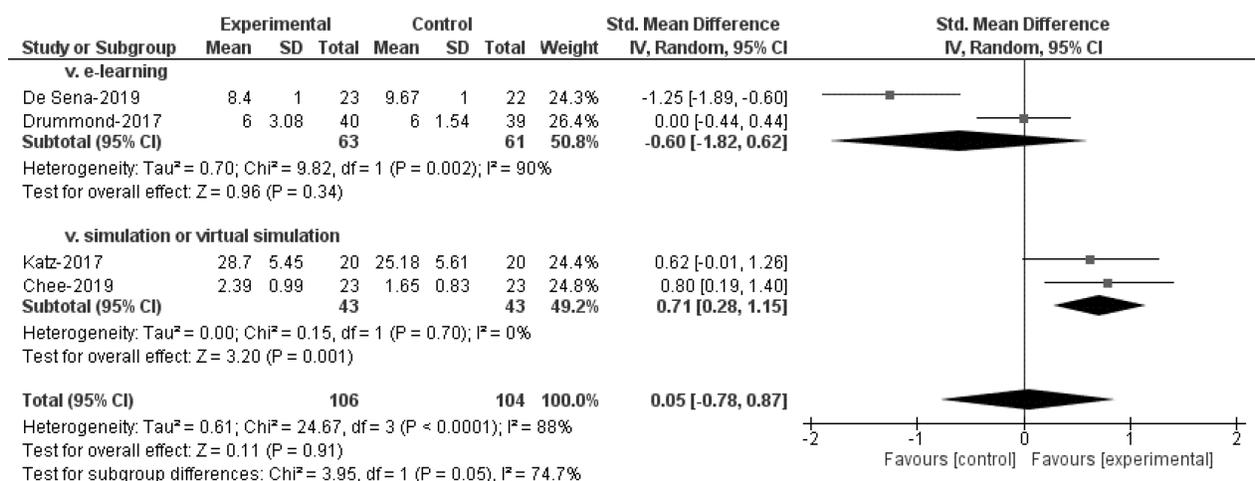


Figure 8. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on improving procedural skills

Six studies (16%) assessed participants' confidence in their skills and four of them (11%) were included in a meta-analysis (see Figure 9; p. 78). We observed a small and statistically significant SMD of 0.27 (95% CI 0.01, 0.53; $I_2 = 0\%$) in favor of SGs. Non-significant differences between groups were found while exploring the potential effect of study populations, publication years, and comparator interventions.

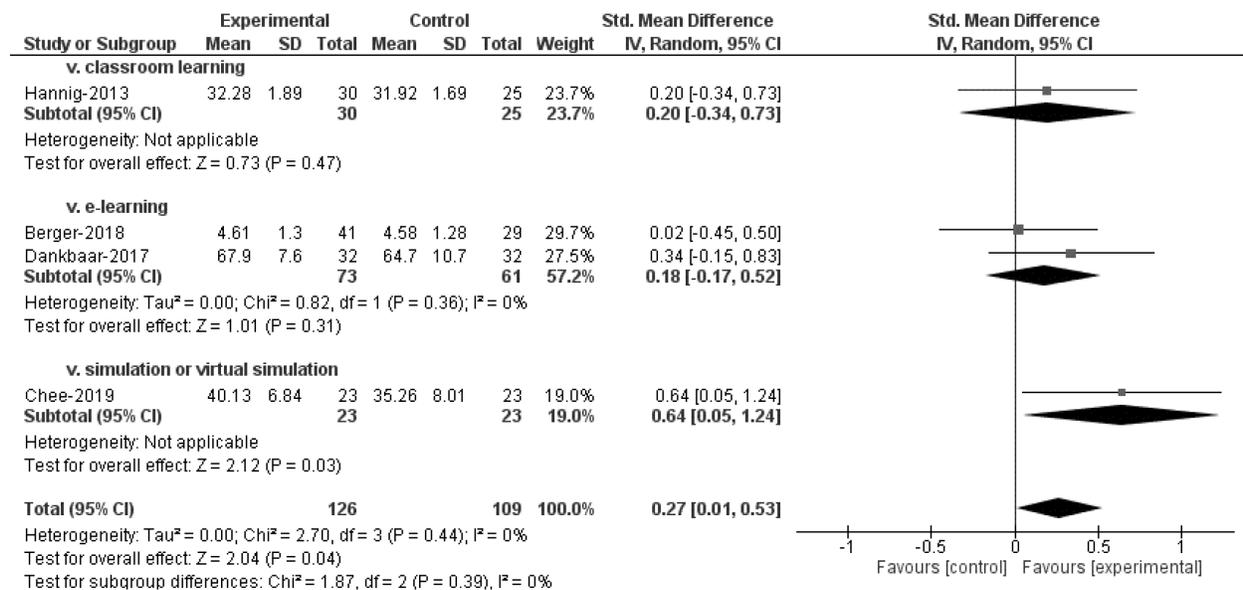


Figure 9. — Meta-analysis of the efficacy of serious games on improving confidence in skills

Attitude

Five studies (14%) assessed participants' attitude. Three studies (8%) were included in this meta-analysis (see Figure 10; p. 79). We observed a negligible and non-statistically significant SMD of -0.09 (95%CI -0.38, 0.20; $I_2 = 47\%$) in favor of comparator educational interventions. The low number of included studies in the main meta-analysis precluded us from conducting other subgroup or sensitivity analyses.

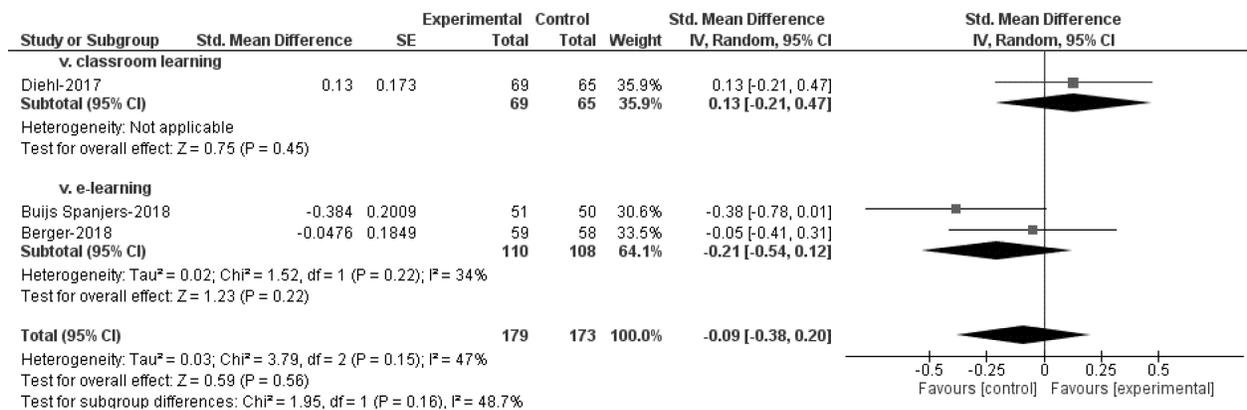


Figure 10. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on attitude change

Behavior

Three studies (8%) assessed the perception of behavior change in practice. Two studies (5%) were included in this meta-analysis (see Figure 11; p. 79). We observed a negligible and non-statistically significant SMD of 0.2 (95%CI -0.11, 0.51; I₂= 0%) in favor of SGs.

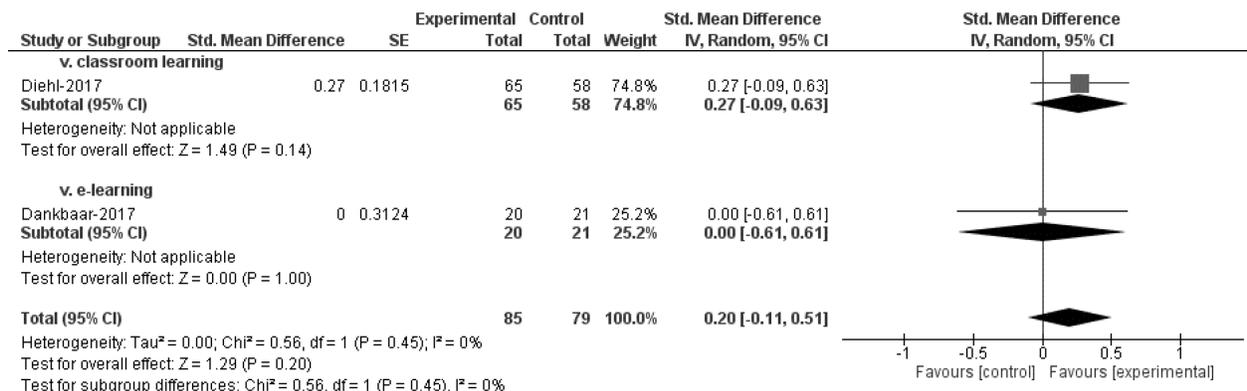


Figure 11. – Meta-analysis of the efficacy of serious games on behavior change

Clinical outcomes

Only one study (3%) included the assessment of a clinical outcome in healthcare system users (i.e., number of days to blood pressure target in the patients who were taken care by the healthcare providers participating in the study) and the authors reported a statistically significant difference (p=0.018) favoring the SG compared (median = 142 days) to another e-learning intervention (median = 148 days) (Kerfoot et al., 2014).

Discussion

This systematic review examined the efficacy of SG in healthcare professions education. Most studies were published in the last three years, among students, in the medical profession, and compared an SG with another e-learning intervention. We found negligible and non statistically significant differences between SGs and other educational interventions regarding their effects on knowledge acquisition, cognitive and procedural skill development in a test setting, behavior change in clinical practice, or supporting engagement during the learning activities. Additionally, heterogeneous results were found regarding the efficacy of SGs to support any of the identified aspects of experiential engagement. This systematic review adds to previous reviews on SGs in healthcare professions education by synthesizing the latest evidence of their efficacy, by evaluating the assumption that SGs are more engaging than other educational interventions, by quantifying their efficacy, and by exploring various sources of heterogeneity through meta-analytic methods.

Educators should be aware of the limited evidence supporting the engaging nature of SGs with healthcare professionals and students. Mixed findings regarding engagement are surprising considering that the decision to use an SG is often motivated by their potential to improve learners' engagement (Dankbaar et al., 2016; Diehl et al., 2017; Graafland et al., 2017). The concept of engagement has a large scope that makes it almost an umbrella term for multiple emotional or cognitive states and numerous behaviors (Perski et al., 2017). As such, we remained inclusive of all measures used by authors that were linked either to the behavioral or experiential dimension of engagement while using the intervention. However, these findings are impeded by the small number of studies reporting engagement outcomes and the lack of information regarding the validity or the reliability of the assessment tools used in half of the studies. Authors should consider assessing learners' engagement across educational interventions using validated and reliable assessment tools, such as the evaluation questionnaire developed by Dankbaar et al. (2017) in their study, or the usability questionnaire developed by Zaharias et Poylymenakou (2009).

Non-significant differences between SGs and other educational interventions were found for most learning outcomes. Our findings are in line with the ones reported in previous reviews

regarding the efficacy of SGs in improving learning outcomes (Boyle et al., 2016; Ricciardi et De Paolis, 2014; Wang et al., 2016). Authors of these previous reviews underlined the mixed efficacy of SGs to improve learning outcomes compared to other educational interventions. Our meta-analyses showed that, for most learning outcomes and no matter what the comparator educational intervention was, the overall body of the evidence did not support the claim that SGs were significantly more effective. The lack of theoretical framework to support SG design could serve as an explanation for these results as most authors did not explicate a theoretical framework for the design of their SGs and only two explicitly referred to a game-based learning theory (Kerfoot et al., 2014; Kiili, 2005; Salen et Zimmerman, 2004; Tan et al., 2017). Designing an SG through a theoretical lens holds the potential to greatly improve learners' engagement and learning outcomes (Wu et al., 2012). Theoretical works should be undertaken and synthesized to explain the mechanisms through which SGs are expected to lead to learning outcomes.

Furthermore, authors of recent RCTs underlined the ongoing difficulty in identifying empirical data to support their design choices (Brull et al., 2017; Dankbaar et al., 2017). We had initially planned in the published protocol to evaluate the individual impact of SG design elements on engagement and learning outcomes (Maheu-Cadotte et al., 2018). Unfortunately, scarce data prevented us from doing so. Few included studies compared different versions of an SG between one another which is essential to isolate the impact of individual design choices (Buijs-Spanjers et al., 2019; Cook, 2005; Haubruck et al., 2018; Kerfoot et al., 2014). Future studies should focus on evaluating the efficacy of different versions of a SG on engagement and learning outcomes.

Regarding the long-term retention of learning outcomes, only five studies included a follow-up period and three of them reported non-significant differences between groups. It should be noted that the median expected frequency and duration of usage is a single 60-minute session, and that learners have been shown in some studies to use the SGs less than expected (Courtier et al., 2016; Dankbaar et al., 2016). It could be hypothesized that the duration of SG use is not enough to bring greater long-term changes in learning outcomes compared to other educational interventions. Future studies should consider assessing participants' long-term retention of learning outcomes, as there is insufficient evidence to support SG efficacy in the long-term compared to other educational interventions.

As the development of an SG can be a resource-intensive endeavor and as some SGs are commercialized following their evaluation, researchers should consider prospectively registering their trial or publishing their research protocol to improve the transparency in the reporting of their results and to avoid any suspicion of potential conflicts of interest (Sim et al., 2006). This would facilitate the evaluation of the selective reporting of outcomes in result papers. Moreover, regarding the reporting, most studies were judged at high risk of bias as the reporting of the randomization sequence generation and the allocation concealment were unclear. Future studies should make sure to report all elements necessary to their assessment. The adoption of reporting grids, such as the CONSORT grid, by journals, and the use of them by researchers, could greatly improve the reporting of these trials (Schulz et al., 2010).

Strengths of this systematic review include the prospective publication of the protocol (Maheu-Cadotte et al., 2018), and the reporting of the results according to the PRISMA guidelines, enhancing the transparency of the research process (Moher et al., 2015). Furthermore, the data extraction process was piloted, and all data extraction forms were validated by a second review author. Limits of this review include the selection of RCTs only and their relatively low number. Following the Cochrane guidance, we restricted this review to RCTs to minimize threats to internal validity, and as we were aware that the efficacy of SGs had already been evaluated in multiple RCTs (Higgins et Green, 2011a). Another limit includes a potential language bias as only studies published in English and in French were considered. However, the visual inspection of the funnel plot did not allow for the identification of a significant language bias or other types of reporting biases. Furthermore, as the nature of what constitute an SG and how it differs from interventions such as virtual simulations is still a matter of debate (Panzoli et al., 2017), we remained inclusive in our definition of SGs. To address potential ambiguities regarding the nature of study interventions, we screened all references independently and in pairs, and all disagreements were resolved through discussion with a third author. Still, we recognize our inclusive definition of SGs as a potential limit to our work.

Compared with other educational interventions, SGs led to neither statistically better behavioral engagement, knowledge acquisition, cognitive and procedural skills development, attitude change, nor behavior change. Only a statistically significant but small SMD was found in favor of

SGs to improve confidence in skills. Additionally, heterogeneous results were found regarding the efficacy of SGs to support any of the identified aspects of experiential engagement. Our findings are impeded by high or unclear risk of bias across studies, inconsistencies in the directions of effect, and imprecisions of study results. As such, our confidence ranges from very low to low regarding the results of almost all meta-analyses that were conducted. We recommend that authors base their SG design choices on a theoretical framework and that they report their results according to the CONSORT statement. Moreover, future research should focus on assessing if healthcare professionals' clinical practice changes occur in post SG training, clinical outcomes in patients under the care of healthcare professionals that used SGs, and long-term retention of learning outcomes.

Complément aux résultats du premier article

Cette revue systématique des écrits visait d'abord à apporter des données empiriques permettant d'appuyer le potentiel du jeu sérieux pour soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA. Ensuite, elle visait à proposer des pistes d'amélioration de leur conception permettant de rehausser leur efficacité.

Sur le plan du potentiel du jeu sérieux à améliorer le RCI en contexte d'ICA, nos résultats montrent que les jeux sérieux sont efficaces, comparativement à l'absence d'intervention de formation, afin d'améliorer les habiletés cognitives. Quoique le jeu sérieux puisse conduire à l'apprentissage, les résultats combinés d'études expérimentales ne permettent toutefois pas d'identifier de différences statistiquement significatives entre le jeu sérieux et d'autres activités de formation sur l'amélioration d'habiletés cognitives. D'ailleurs, en sciences infirmières, une seule étude expérimentale a évalué le RCI de 73 étudiantes et étudiants à la suite de l'utilisation d'un jeu sérieux, et ce, en comparaison avec une présentation magistrale suivie d'une discussion de cas cliniques. Le RCI des étudiantes et étudiants ayant utilisé le jeu sérieux n'était pas statistiquement différent d'après les résultats à un test de concordance de scripts (Blanie et al., 2020).

L'absence globale de différences statistiquement significatives entre le jeu sérieux et d'autres interventions de formation sur l'amélioration d'habiletés cognitives, tel que le RCI, pourrait s'expliquer par l'absence des couches constitutives du jeu sérieux (mécanique de jeu, trame narrative, esthétique) ou par des lacunes dans la conception de celles-ci. En effet, de telles absences ou lacunes pourraient exercer un effet délétère sur l'engagement et la motivation intrinsèque lors de l'utilisation du jeu sérieux. Conséquemment, l'apprentissage qui en découle pourrait être moindre (Alexiou et Schippers, 2018).

Sur le plan des mécaniques de jeu, il est recommandé que les objectifs, soit ce que l'utilisatrice ou l'utilisateur tente d'accomplir ou les résultats visés au travers de la réalisation d'actions, soient clairs, proximaux et distaux, ainsi qu'échafaudés à son niveau de connaissances et d'habiletés (Alexiou et Schippers, 2018). Or, les objectifs dans les jeux sérieux existants consistent généralement à évaluer une ou un patient virtuel standardisé et à implanter un plan de traitement en réponse (Adjedj et al., 2017; Buijs-Spanjers et al., 2018; Diehl et al., 2017). Ces objectifs

précisent les actions à réaliser, mais pas les résultats à atteindre, ce qui contribue à en diminuer la clarté. De plus, des objectifs distaux, dans lesquels s'imbriquent les objectifs proximaux, sont absents et l'échafaudage de ceux-ci aux connaissances et habiletés de l'utilisateur ou l'utilisatrice n'est pas décrit. Proposer des objectifs clairs, proximaux et distaux, ainsi qu'échafaudés au niveau de connaissances et d'habiletés de l'utilisatrice ou de l'utilisateur pourrait permettre d'améliorer son engagement, sa motivation intrinsèque et, conséquemment, le développement de son RCI en contexte d'ICA.

Plusieurs autrices et auteurs ont rapporté des données concernant l'atteinte en groupe des objectifs fixés par le jeu sérieux. Adjedj et al. (2017) ont rapporté qu'il s'agissait d'un des aspects les moins appréciés. Boada et al. (2015) ont rapporté des résultats similaires selon lesquels les utilisatrices et utilisateurs préféraient utiliser le jeu sérieux seul plutôt qu'en groupe. Concernant l'offre de rétroactions, Hannig et al. (2013) ont rapporté que les utilisatrices et utilisateurs auraient préféré que celles-ci soient entièrement offertes par le jeu sérieux et non par une personne externe au monde imaginaire du jeu sérieux. En effet, un expert de contenu clinique supervisait les utilisatrices et utilisateurs lors de leur séance avec le jeu sérieux et leur offrait une rétroaction complémentaire à celle offerte par le jeu sérieux. Il est donc souhaitable que le jeu sérieux soit entièrement utilisable de manière seule.

Concernant les récompenses, soit des conséquences positives dans le monde imaginaire du jeu sérieux, celles-ci ont pour but d'encourager l'utilisatrice ou l'utilisateur à investir les efforts nécessaires pour atteindre les objectifs proposés (Alexiou et Schippers, 2018). Dans les jeux sérieux existants, les récompenses sont rares et, lorsqu'elles sont offertes, elles se limitent à l'attribution d'un pointage ou d'un badge qui n'ont pas de conséquence sur la progression dans le jeu sérieux (Adjedj et al., 2017; Chee et al., 2019; de Sena et al., 2019). Proposer des récompenses qui revêtent un caractère significatif pour l'utilisatrice ou l'utilisateur, par exemple parce qu'elles influencent sa progression dans le jeu sérieux, pourrait permettre d'améliorer son engagement, sa motivation intrinsèque et ses résultats d'apprentissage.

Concernant les rétroactions, celles-ci sont généralement appréciées par les utilisatrices et utilisateurs (Boada et al., 2015). Toutefois, alors que les rétroactions les obligent parfois à occuper

temporairement un rôle passif afin de prendre connaissance de celles-ci, le manque d'interactivité de certains jeux sérieux et la quantité importante de texte apparaissant fréquemment à l'écran sont jugés négativement (Dankbaar et al., 2017; Diehl et al., 2017). Limiter les moments à l'intérieur du jeu sérieux où aucune action n'est attendue, par exemple en synthétisant les rétroactions offertes, pourrait permettre d'améliorer l'engagement de l'utilisatrice ou de l'utilisateur, sa motivation intrinsèque et ses résultats d'apprentissage.

Ensuite, la faiblesse du caractère imaginaire dans les jeux sérieux évalués jusqu'à présent pourrait également permettre d'expliquer l'absence de différences significatives avec d'autres interventions de formation du point de vue de l'apprentissage. Ce caractère imaginaire est présentement peu décrit dans les jeux sérieux évalués, ce qui ne permet pas de comprendre si, et comment, l'engagement et la motivation intrinsèque sont favorisés (Maheu-Cadotte et al., 2021a). Les auteurs discutent plutôt de façon générale de l'intégration de principes éducatifs plus fréquemment retrouvés dans des interventions de formation basées sur la simulation (Adjedj et al., 2017; Cook et al., 2012; Del Blanco et al., 2017; Knight et al., 2010). Le caractère imaginaire du jeu sérieux cède ainsi fréquemment sa place à des principes éducatifs tels que le réalisme, la fidélité et la quête de l'authenticité, soit des principes en lien avec une représentation précise des différentes dimensions perçues de la réalité (Koivisto et al., 2018; Lavoie et al., 2020). Fondamentalement, le jeu sérieux est ainsi dénaturé si le caractère imaginaire fait plutôt place à un miroir de notre réalité (Garris et al., 2016). Explorer des mécaniques de jeu, des trames narratives ou des esthétiques qui tirent parti du caractère imaginaire du jeu sérieux, ou qui ne visent pas nécessairement à représenter notre réalité, pourrait donc améliorer l'engagement et la motivation intrinsèque de l'utilisatrice ou de l'utilisateur dans le jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018).

En lien avec la complexité de la trame narrative, Mohan et al. (2017) ont rapporté que la présence de nombreux événements narratifs dans leur jeu sérieux était vue comme plaisante par 40% (n=60) de leur échantillon constitué de médecins d'urgence et distrayante et inutile par 60% (n=89) d'entre eux. Ces autrices et auteurs ne s'avancent toutefois pas sur les raisons qui pourraient expliquer que les événements narratifs étaient appréciés par un peu moins de la

moitié de leur échantillon. Il apparaît important de développer une trame narrative simple et de limiter le nombre d'événements narratifs dans le jeu sérieux.

Également, l'aspect hédonique de l'esthétique est présentement peu considéré alors que son aspect fonctionnel fait défaut dans plusieurs des jeux sérieux évalués jusqu'à présent. En effet, l'aspect hédonique de l'esthétique n'est présentement pas évalué. Il est donc impossible de savoir si le rendu audiovisuel des jeux sérieux est considéré comme harmonieux par l'utilisatrice ou l'utilisateur, une caractéristique théoriquement essentielle afin de donner vie au monde imaginaire du jeu sérieux et de soutenir l'engagement et la motivation intrinsèque (Alexiou et Schippers, 2018). De plus, sur le plan de l'aspect fonctionnel de l'esthétique, des problèmes d'utilisabilité, telle que l'existence de bogues techniques (Diehl et al., 2017; Mohan et al., 2014) et une complexité d'utilisation sont rapportées (Sward et al., 2008). Il est donc crucial de considérer l'aspect hédonique de l'esthétique du jeu sérieux lors du développement, au travers d'un rendu audiovisuel harmonieux et cohérent, et de s'assurer que l'utilisatrice ou l'utilisateur est en mesure d'interagir facilement avec celui-ci.

Ainsi, alors que la majorité des jeux sérieux évalués présentement n'intègre pas de mécaniques de jeu ni de trames narratives qui tirent parti du caractère imaginaire du jeu sérieux, et que l'esthétique est, soit peu considéré, ou fait carrément défaut, l'engagement et la motivation intrinsèque de l'utilisateur ou de l'utilisatrice peuvent s'en trouver négativement affectés (Alexiou et Schippers, 2018). Conséquemment, les résultats d'apprentissage, comme le développement du RCI en contexte d'ICA, peuvent être moindres. D'ailleurs, deux jeux sérieux qui intègrent davantage ces couches constitutives ont permis d'améliorer des habiletés cognitives. Le premier s'adressait à des urgentologues et intégrait tous les éléments d'une trame narrative (c.-à-d., protagoniste, personnages secondaires et événements narratifs). Ce jeu sérieux a permis d'améliorer significativement leur raisonnement clinique comparativement à une intervention de formation en ligne (Mohan et al., 2017). Le deuxième s'adressait à des chirurgiennes et des chirurgiens et tirait davantage profit du caractère imaginaire du jeu sérieux; des objets similaires devaient être combinés pour progresser à l'intérieur du jeu sérieux (une mécanique de jeu communément appelé *tile-matching*). Cette étude a permis de montrer une amélioration significative des habiletés de résolution de problèmes par le jeu sérieux

comparativement à l'absence d'activité de formation (Graafland et al., 2017). Toutefois, aucun de ces jeux sérieux ne s'adressait à une population infirmière en contexte d'ICA.

Sur la base de ces résultats, nous retenons que le jeu sérieux présente le potentiel de soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA des étudiantes et étudiants. Des lacunes ou des omissions dans la conception des jeux sérieux actuels limitent toutefois l'apport que ces interventions de formation peuvent avoir sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage. Nous avons décrit ces lacunes ou ces omissions dans la conception des jeux sérieux et avons explicité des pistes potentielles d'amélioration pour le développement d'un nouveau jeu sérieux.

Introduction au deuxième article

La première revue systématique des écrits a permis d'identifier l'absence globale de différences significatives entre les jeux sérieux et d'autres interventions de formation sur l'engagement, la motivation intrinsèque et des résultats d'apprentissage (Maheu-Cadotte et al., 2021a). Certains auteurs proposent que d'impliquer les utilisatrices et les utilisateurs lors de la conception d'un jeu sérieux puisse permettre d'aligner celui-ci avec leurs besoins et préférences, et ainsi favoriser leur engagement, leur motivation intrinsèque et leurs résultats d'apprentissage (Moore et al., 2019; Olszewski et Wolbrink, 2017; Verschueren et al., 2019).

Dans cette deuxième synthèse des connaissances, nous nous sommes donc questionnés quant à la manière dont les utilisatrices et les utilisateurs sont impliqués dans le développement de jeu sérieux, et ce, en nous basant sur les expériences des développeuses et développeurs des jeux sérieux identifiés dans la première revue réalisée. En l'absence de lignes directrices claires quant à leur implication dans la conception des jeux sérieux (DeSmet et al., 2016; Destyanto et al., 2019; Persson, 2017), ce travail a permis de brosser un portrait des pratiques courantes dans le domaine afin de s'en inspirer lors de la sous-phase de raffinement de notre étude (les méthodes associées à cette sous-phase sont présentées au chapitre 4). Ce travail nous a également permis de proposer davantage de pistes d'amélioration au design du jeu sérieux qui sera développé.

Cette synthèse a pris la forme d'une revue systématique descriptive (Maheu-Cadotte et al., 2021b). Celle-ci nous a permis d'identifier de quelles manières les chercheuses et chercheurs

impliquaient les utilisatrices et les utilisateurs dans la conception de jeux sérieux en santé, quelles méthodes étaient employées pour obtenir leurs avis, sur quels éléments leurs avis étaient valorisés, comment les jeux sérieux étaient modifiés à la suite de l'obtention de leurs avis et quelles étaient les recommandations des chercheuses et chercheurs quant à l'implication des utilisatrices et utilisateurs.

Involvement of end users in the development of serious games for healthcare professions education: systematic descriptive review

Maheu-Cadotte, MA, Dubé, V, Cossette, S, Lapierre, A, Fontaine, G, Deschênes, MF et Lavoie, P

Rôle de l'étudiant-chercheur

L'étudiant-chercheur a développé le protocole de la revue systématique et la stratégie de recherche, sélectionné les écrits pertinents, extrait les données des écrits retenus, analysé les résultats et rédigé l'article de résultats. VD, SC et PL ont contribué au développement du protocole. AL, GF et MFD ont contribué à la sélection des écrits et à l'extraction des données. Tous les auteurs ont fait une relecture critique de l'article et ont approuvé celui-ci avant sa soumission. L'article est publié dans *JMIR Serious Games* (Maheu-Cadotte et al., 2021b).

Abstract

Background: Based on ethical and methodological arguments, numerous calls have been made to increase end-users' involvement in serious game (SG) development. Involving end-users is considered a way to give them power and control over an educational software designed for them. It can also help identify areas for improvement in SG design and improve its efficacy on targeted learning outcomes. However, no recognized guidelines or framework exists to guide end-users' involvement in SG development. **Objective:** To describe how end-users are involved in the development of SGs for healthcare professions education. **Methods:** We examined the literature presenting the development of 45 SGs that had reached the stage of efficacy evaluation in randomized trials. One author performed data extraction using an ad hoc form based on a design and development framework for SGs. Data were then coded and synthesized on the basis of similarities. The coding scheme was refined iteratively with the involvement of a second author. Results are presented using frequencies and percentages. **Results:** End-users' involvement was mentioned in the development of 21/45 SGs. The number of end-users involved ranged from 12 to 36. End-users were often involved in answering specific concerns that arose during the SG design ($n = 6$) or in testing a prototype ($n = 12$). In many cases, researchers solicited input from end-users regarding the goals to reach ($n = 10$) or the functional esthetics of the SGs ($n = 7$). Most researchers used self-reported questionnaires ($n = 7$). **Conclusions:** Researchers mention end-users' involvement, which is also poorly described, in the development of less than half of the SGs identified. This represents significant limitations to evaluating the impact of their involvement on SG efficacy and in making recommendations.

Keywords: game-based learning, health professions education, participatory design, systematic review, user-centered design

Introduction

Serious games (SGs) are video games designed with a primary educational purpose (Graafland et al., 2012). SGs are based on the premise that learners who experience high levels of engagement and motivation during an educational experience can achieve better learning outcomes (Alexiou et Schippers, 2018). Thus, SGs combine design elements such as goals, rewards, and narrative events, that are likely to evoke positive emotions in learners (e.g., joy, surprise), capture and

sustain their attention, and fuel their desire to play to offer an engaging and motivating learning experience (Alexiou et Schippers, 2018).

In healthcare professions education, developing an SG can be a long, complex, and expensive undertaking, as the input of a team of several actors including content experts and game designers is required (Fanfarelli et al., 2018; Olszewski et Wolbrink, 2017). Olszewski et Wolbrink (2017) propose a three-stage development framework to promote the efficiency of this process and efficacy of an SG. In the first design stage, the team must establish the learning objectives and map learners' experience in the SG. This entails defining the goals, feedback, rewards, and the narrative and esthetics that will bring the virtual world to life and allow interactions (Alexiou et Schippers, 2018). During the second programming stage, SG design elements are gradually combined into one or several prototypes. In the third testing stage, the team tests these prototypes and suggests modifications to the SG design. Throughout the development process, the team must pay close attention to various design principles to ensure that learners remain motivated and engaged and that the SG is effective for learning (Alexiou et Schippers, 2018; Fanfarelli et al., 2018). For example, the knowledge and skills needed to meet the goals presented in the SG should match learners' knowledge and skill level. If learners perceive the goals as being too easy or difficult, they may become bored or stressed (Nakamura et Csikszentmihalyi, 2014).

The involvement of end-users (in this case, healthcare professionals and students for whom the SG is intended) in the SG development process may help ensure that these design principles are followed and that the SG offers an engaging and motivating learning experience (Crossley et al., 2016). Researchers (Abrás et al., 2004; DeSmet et al., 2016) have described different roles or levels of involvement for end-users in the development of SGs: they can be consulted about their learning needs and design preferences in the first design stage or they can provide feedback and answers to specific concerns that arise later during the second programming stage. Some end-users may be involved at the third stage of prototype testing, while others may be co-designers if they lead or contribute substantially to the development process.

However, involving end-users could increase the complexity of the SG development process and, by extension, the cost and time needed. Assessing end-users' learning needs and design

preferences before establishing learning objectives and mapping their experience, or having end-users test prototypes, are additional steps that require further resources and planning (Abrams et al., 2004; Moore et al., 2019; Persson, 2017; Verschueren et al., 2019) with no guarantee of cost effectiveness, according to current evidence. For example, in their systematic review, DeSmet et al. (2016) found that health games developed with patients as co-designers were not more effective than those in which they were not involved. Along with authors of previous reviews and studies, they underlined a paucity of data on how end-users are selected to participate in SG development, the methods used to elicit their input, elements on which their input is solicited, and the extent to which their input is integrated into the SG (DeSmet et al., 2016; Destyanto et al., 2019; Persson, 2017). Such data could allow researchers and developers to consider the involvement of end-users based on others' experience in this field.

Thus, in the absence of evidence, guidelines, or a design framework to guide end-users' involvement specifically, this systematic review aimed to describe end-users' involvement in the development of SGs for healthcare professions education. Specifically, we sought to answer the following questions:

1. What criteria are used to select end-users in the development of SGs?
2. How are end-users involved in the development of SGs?
3. What SG design elements are assessed and modified following end-users' involvement?

Methods

Review Design

This study was a descriptive review of end-user involvement (concept) in the development of SGs (context) for healthcare professionals and students (population). Descriptive reviews allow the identification of trends in a representative sample of published literature regarding pre-specified methodological or theoretical elements (Paré et al., 2015). This descriptive review builds on the methods used and results found in a previous systematic review aimed to evaluate the efficacy of SGs in healthcare professions education (Maheu-Cadotte et al., 2017; Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2018).

For this review, end-users' involvement was considered an umbrella term for inviting healthcare professionals and students to contribute to the design or refinement of an SG in any of the three stages of the development process prior to efficacy evaluation (Olszewski et Wolbrink, 2017). Healthcare professionals and students with any level of education (from undergraduate to postgraduate education, continuing education) or clinical setting were considered. However, SGs for patients were not considered. All SGs that were included aimed to improve learning outcomes (e.g., knowledge, skills, attitudes, behaviors) related to various clinical situations or topics.

Reference Identification and Selection

For the previous systematic review (Maheu-Cadotte et al., 2021a), we developed a search strategy to identify randomized controlled trials (RCTs), evaluating the efficacy of SGs among healthcare professionals and students. The search strategy combined keywords and index terms related to healthcare professions (e.g., nurses, medical students), SGs (e.g., game-based learning, educational game), and learning outcomes (e.g., knowledge acquisition, skill development). On May 26, 2020, we searched six bibliographical databases: Cumulative Index of Nursing and Allied Health (EBSCO), EMBASE (OVID), ERIC (ProQuest), PsycINFO (APA PsycNET), PubMed (NCBI), and Web of Science – SCI and SSCI (ISI – Thomson Scientific). Two review authors performed reference selection independently, identifying 45 SGs whose efficacy had been evaluated in 46 published RCTs. Further details regarding the search strategy and selection process for this previous review are published elsewhere (Maheu-Cadotte et al., 2017; Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2018). The complete search strategy for all bibliographical databases is also presented in [Multimedia Appendix 1](#).

For the current review, we focused on all development work prior to these 46 RCTs. As evaluating the efficacy of an intervention represents one of the last stages in its development (Craig et al., 2013; Czajkowski et al., 2015; Mummah et al., 2016), we considered that SGs that had been the object of RCTs had gone beyond the prototype programming and testing phases (Olszewski et Wolbrink, 2017). Thus, including only SGs that had been the object of RCTs allowed us to be confident that their development was over as well as end-users' involvement in it. One review author performed a backward reference search in the reference lists of the 46 RCTs to identify

prior work that described the development of the SGs. When the name of an SG was provided, this review author also performed hand searches in Google to identify additional work describing its development. We included all types of work regarding the development of the SGs (e.g., qualitative or quantitative empirical research, discussion on the development process) and all types of reporting (e.g., conference abstract, poster, journal article, web page). A second review author also independently identified works related to the development of eight SGs chosen randomly (18% of included SGs). This was to ensure that all relevant work was included. In medical record reviews, an independent audit of at least 10% of the sample is frequently recommended (Worster et Haines, 2004); however, as no additional references could be identified for these eight SGs, it was deemed satisfactory.

Data Extraction and Synthesis

The unit of analysis were the SGs included. All documents related to a single SG were considered concurrently to describe the characteristics of end-users' involvement during the development of the particular SG. Thus, all frequency counts are based on the number of SGs rather than the number of papers included in this review.

Using an ad hoc data extraction grid based on the review aims and questions, one reviewer extracted all excerpts regarding end-users' involvement in SG development and categorized them according to the research questions:

- What criteria were used to select end-users: end-users' involvement (i.e., reported or not), number of end-users involved, and eligibility criteria.
- How were end-users involved: what role was assigned to end-users in the development of SGs? The roles were as follows: (1) as consultants at the onset of design, to share their learning needs or design preferences; (2) as consultants during design, to provide feedback and answers to specific concerns; (3) as prototype testers, toward the end of development; (4) as co-designers throughout development, as a regular member of the team (Abrams et al., 2004; DeSmet et al., 2016; Olszewski et Wolbrink, 2017). We also extracted the methods used to elicit end-users' input (e.g., individual interviews, think-aloud methods).

- What SG design elements were assessed and modified following end-users' involvement: elements for which end-user input was elicited (see Table 4; p. 96) and its influence on SG development.
- Researchers' views and recommendations on end-users' involvement.

Tableau 4. – Elements in the serious game design framework by Alexiou et Schippers (2018)

Elements	Definition
Esthetics	Audio and visual elements that allow learners to perceive a harmonious and coherent virtual world (hedonic esthetics, e.g., beauty or realism of the audiovisual rendering, background music) and to interact with the serious game (functional esthetics, e.g., the user interface).
Narrative	The perspective through which learners explore the virtual world (protagonist), the figures that inhabit this world with whom learners can interact (secondary characters), and the situations that arise from learners' actions and mark the evolution of this world (narrative events, e.g., new game levels).
Game Mechanics	What learners are expected to achieve in the serious game (goals), what they receive for doing so (rewards, e.g., points, badges), and the help provided to facilitate their progression (feedback).

We coded data of the elements for which end-users' input was elicited and how their input was integrated into the SG (i.e., how the SG was modified following end-user input) based on the SG design framework by Alexiou et Schippers (2018). We further synthesized them using an inductive approach based on data similarities. A second review author independently performed data extraction and coding. We refined the coding scheme until no difference from the results of the first reviewer was noted. This happened after data extraction and coding were performed in a random sample of eight (18%) SGs.

Results are presented narratively and by using descriptive statistics (frequencies and percentages) when appropriate.

Results

Development of the 45 SGs was described in 69 papers. Figure 12 (p. 98) presents the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) flow diagram for paper

selection. End-users' involvement in the development process was explicitly mentioned for 21 SGs (46%; see [Multimedia Appendix 2](#): Key elements of end-users' involvement in the development of serious games in healthcare professions education). The following sections present results regarding end-user involvement in the development of these 21 SGs.

What Selection Criteria Were Used to Select End-Users in the Development of SGs?

The number of end-users involved was reported for 9 SGs (43%) and ranged from 12 to 36, with a median of 27 (interquartile range: 16; Boeker et al., 2009; Diehl et al., 2015; Huiskes et al., 2015; Jarvis et de Freitas, 2009; Jaunay et al., 2019; Kerfoot et al., 2009; Mohan et al., 2018; Scales et al., 2016; Wattanasoontorn et al., 2014). For three SGs (14%), the number of end-users was defined by convenience: all readily accessible individuals were approached and those who agreed to participate were enrolled (Huiskes et al., 2015; Jarvis et de Freitas, 2009; Wattanasoontorn et al., 2014). No justification was found for the number of end-users involved in the remaining six SGs (29%; Boeker et al., 2009; Diehl et al., 2015; Jaunay et al., 2019; Kerfoot et al., 2009; Mohan et al., 2018; Scales et al., 2016).

Eligibility criteria for end-user selection were reported for the development of one SG (5%). Researchers selected an equal number of men and women with varying degrees of experience in gaming, but did not provide a rationale for that decision (Diehl et al., 2015).

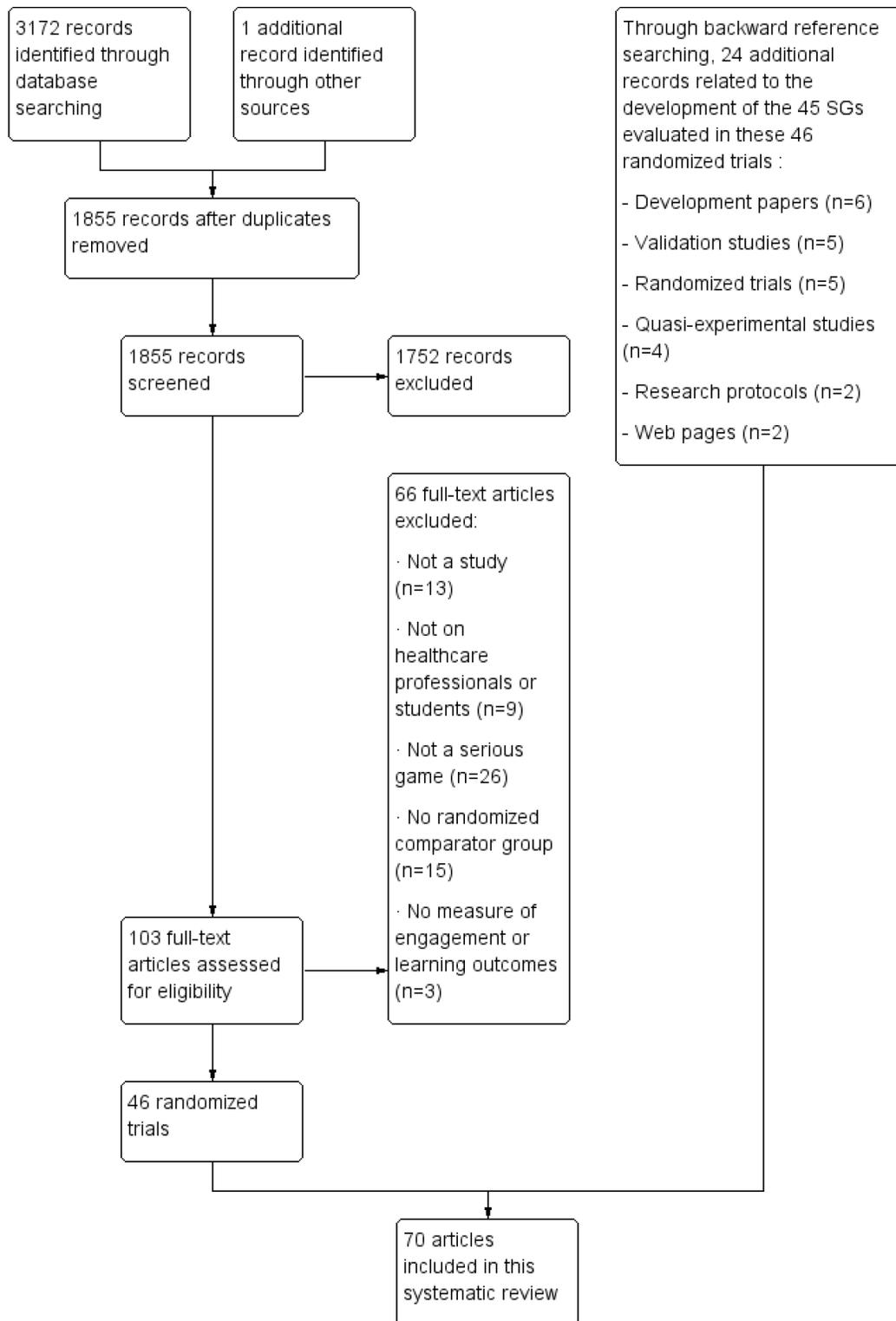


Figure 12. – PRISMA study flow diagram for the systematic review on the description of end-users' involvement in the development of SGs

Tableau 5. – End-users' roles in the development of SGs

Role and methods used to elicit input	<i>n</i> (%)	References
Consultant at the onset of the design stage		
Undescribed questionnaire	1 (5)	(Mordt et al., 2011)
Non-reported	1 (5)	(Panyowat, 2019)
Consultant later in the design stage		
Multiple-choice questionnaire	2 (10)	(Kerfoot et al., 2009; Scales et al., 2016)
Focus group	1 (5)	(Cook et al., 2012)
Non-reported	3 (14)	(Graafland et al., 2014; Mohan et al., 2018; Panyowat, 2019)
Prototype testers		
Ad hoc Likert scales with written comments	3 (14)	(Boeker et al., 2009; Huiskes et al., 2015; Ortega-Rivas et al., 2013)
Adaptation of the System Usability Scale	1 (5)	(Diehl et al., 2015)
Undescribed questionnaire	1 (5)	(Mordt et al., 2011)
Think-aloud method	1 (5)	(Diehl et al., 2015)
Recording of in-game interactions	1 (5)	(Diehl et al., 2015)
Co-designers	1 (5)	(Chee et al., 2019)
Unclear	4 (19)	(Mohan et al., 2016; Polivka et al., 2019; Tan et al., 2017; Van Nuland et al., 2015)

Tableau 6. – End-users' input on serious game design.

Serious game design element	<i>n</i> (%)	References	Aspects for which input was elicited	Modifications made to the serious game
Functional esthetics	7 (33)	(Boeker et al., 2009; Diehl et al., 2015; Huiskes et al., 2015; Mohan et al., 2018; Panyowat, 2019; Wattanasoontorn et al., 2014)	Instructions for interacting with the serious game, interface clarity, and ease of use.	More emphasis on visual cues in the virtual environment, reduction of the written material on the screen, addition of highlights and shadows to facilitate visualization of the cursor, and correction of technical glitches.
Hedonic esthetics	2 (10)	(Diehl et al., 2015; Mordt et al., 2011)	The volume of the background music was assessed.	Addition of options to switch off or turn down the background music.
Protagonist and secondary characters	1 (5)	(Boeker et al., 2009)	Length of the dialogues between the protagonist and secondary characters.	Modifications were not detailed.
Narrative events	0 (0)			
Goals	10 (48)	(Boeker et al., 2009; Chee et al., 2019; Diehl et al., 2015; Graafland et al., 2014; Huiskes et al., 2015; Kerfoot et al., 2009; Mordt et al., 2011; Panyowat, 2019; Scales et al., 2016; Tan et al., 2017)	Level of challenge and validity of the learning content.	Tailoring of the level of challenge.
Feedback	3 (14)	(Diehl et al., 2015; Jarvis et de Freitas, 2009; Ortega-Rivas et al., 2013)	Feedback complexity and how it helped end-users situate their progression.	Addition of a progression bar to provide further feedback on end-users' progression.
Rewards	0 (0)			

How Were End-Users Involved During the Development of SGs?

We identified the role given to end-users in the development process of 17 SGs (81%; Boeker et al., 2009; Buijs-Spanjers et al., 2018; Chee et al., 2019; Cook et al., 2012; Courtier et al., 2016; Diehl et al., 2015; Graafland et al., 2014; Huiskes et al., 2015; Jarvis et de Freitas, 2009; Jaunay et al., 2019; Kerfoot et al., 2009; Mohan et al., 2018; Mordt et al., 2011; Ortega-Rivas et al., 2013; Panyowat, 2019; Scales et al., 2016; Wattanasoontorn et al., 2014). Table 5 (p. 99) reports end-users' roles in SG development and the methods used to elicit their input.

As Table 5 (p. 99) shows, end-users were more often prototype testers ($n = 12$; 57%), and their input was frequently elicited through questionnaires ($n = 7$; 33%). Details regarding the content of these questionnaires and their development process were rarely provided ($n = 4$; 19%). For one SG, authors used the System Usability Scale (Brooke, 1996) with additional items regarding its ease of use and alignment with end-users' design preferences (Diehl et al., 2015; Reichlin et al., 2011). The System Usability Scale consists of 10 statements regarding the ease and speed of use of a software, and end-users are asked to express their level of agreement on a five-point scale. Besides questionnaires, researchers also recorded end-users' interactions with a prototype of the SG and asked them to think aloud during their gaming experience. Based on the effect on end-users' experience with the SG, each interaction was then classified as either positive, neutral, or negative (Diehl et al., 2015).

Only one SG (5%) was developed with end-users as co-designers who oversaw the development of the clinical content (Chee et al., 2019). This SG aimed to improve nurses' confidence and skills in teaching the correct inhaler technique to patients. With these learning objectives in mind, a group of nurses developed the clinical content, which consisted of a description of seven steps to be followed during the self-administration of inhaled medication. The rest of the development team then developed the SG narrative around these seven steps.

What SG Design Elements Were Assessed and Modified Following End-Users' Involvement?

Elements for which end-user input was elicited were reported for 15 SGs (71%; Boeker et al., 2009; Buijs-Spanjers et al., 2018; Chee et al., 2019; Diehl et al., 2015; Graafland et al., 2014;

Huiskes et al., 2015; Jarvis et de Freitas, 2009; Kerfoot et al., 2009; Mohan et al., 2018; Mordt et al., 2011; Ortega-Rivas et al., 2013; Panyowat, 2019; Scales et al., 2016; Tan et al., 2017; Wattanasoontorn et al., 2014). Researchers also stated that they modified 10 SGs (48%) according to end-user input (Buijs-Spanjers et al., 2018; Courtier et al., 2016; Diehl et al., 2015; Huiskes et al., 2015; Jaunay et al., 2019; Kerfoot et al., 2009; Mordt et al., 2011; Ortega-Rivas et al., 2013; Panyowat, 2019; Tan et al., 2017); however, they detailed the modifications for only five SGs (24%; Diehl et al., 2015; Jaunay et al., 2019; Kerfoot et al., 2009; Mordt et al., 2011; Tan et al., 2017). Table 6 (p. 100) reports the results regarding end-users' input in SG design. End-users' input was most frequently elicited on the SG goals ($n = 10$; 48%), although their input regarding hedonic esthetics ($n = 2$; 10%) and narratives ($n = 1$; 5%) were rarely focused on.

Discussion

Principal Results

Our review of 69 references indicated that end-users were involved in the development of less than half the 45 SGs in healthcare professions education. They most often took the role of prototype testers during the later stages of SG development and were rarely involved as co-designers or consultants at the onset of development. In addition, researchers often used questionnaires to elicit end-user input. Other methods such as focus groups and individual interviews were rarely used. The level of challenge and functional esthetics were the aspects of SGs for which end-users' input was most frequently elicited.

Comparison with Prior Works

Several criteria could be used to select end-users in the development of SGs. In this review, criteria were mentioned for only one SG and focused on gender and gaming experience (Diehl et al., 2015). Garber et al. (2017) underlined that current evidence does not clearly support gender differences in learning preferences. Indeed, suggested gender differences in SGs relate to gameplay preferences (i.e., competition for men and collaboration for women) and their perceived educational value (i.e., higher in men than in women; Garber et al., 2017; Kron et al., 2010). However, in healthcare professions education, once SGs reached the stage of efficacy evaluation, gender-based analyses are yet to reveal significant differences in learning outcomes

(Gauthier et al., 2015; Haubruck et al., 2018; Tubelo et al., 2019). Thus, the extent to which SG design should be informed by end-users' gender to improve its efficacy remains unknown. Diehl et al. (2015) mentioned gaming experience as another criterion for end-users' selection, noting that those with a little or lots of gaming experience provided the richest input. Similarly, Boeker et al. (2009) reported that end-users with the least amount of gaming experience had the most issues in their interactions with the SG. Given the limited evidence regarding criteria for end-user selection, we suggest that researchers include all end-users without considering predetermined characteristics. We encourage them to report on differences in the input of end-users based on gender, gaming experience, or other characteristics that could have played a role in the input obtained and in the result of their involvement.

The number of end-users involved in SG development ranged from 12 to 36, and these numbers seemed to be mostly based on convenience as the available end-users were approached. Current sample size estimation approaches that are not focused on statistical power only seem suited to testing SG prototypes, as the numbers they suggest can still be considerable (Eldridge et al., 2016; Whitehead et al., 2016). However, as the development and refinement of an SG is highly iterative, and many versions of its design are proposed during the first development stages (Olszewski et Wolbrink, 2017), including several end-users at the onset of development can represent a challenge. In the broader fields of intervention development and participatory research, authors have suggested that establishing a dialogue with a small number of end-users during the initial development stages—aiming for depth rather than breadth—is more important than a large sample size (Czajkowski et al., 2015; Luck, 2003). This suggestion is consistent with qualitative methods such as individual interviews or focus group discussions. However, the use of qualitative methods was described only twice, and only once before the testing of an SG prototype (Cook et al., 2012; Diehl et al., 2015). Thus, we suggest that researchers explore methods to elicit end-users' input that are suited for smaller samples, such as qualitative ones. This may help them acquire a rich understanding of end-users' perspective on the design of an SG.

The results also elucidate the gap between eliciting and integrating end-user input into the SG design. Few researchers described the changes made to SGs following end-user involvement, and none discussed their decision-making process. Kelly (2018) argued that considering end-users'

input can be uncomfortable for researchers and, therefore recommends they try to find a compromise between deciding everything by themselves and relinquishing all forms of decisions to end-users. It has been suggested that not all end-users' input should be directly integrated into an SG and that experts in the field should review what could potentially improve SG efficacy (Koivisto, 2017; Verschueren et al., 2019). Further research is needed to identify what elements of end-users' input are the most valuable and at what stage of the development process; thus, researchers should describe their rationale for eliciting end-users' input and their decision process for integrating this input.

In this review, we did not identify literature (published or accessible online) on the development of most SGs that were the object of an RCT. However, in papers detailing the results of RCTs, we found many instances of authors referring to previous unpublished works related to the development of their SG (Chee et al., 2019; Mohan et al., 2018; Tan et al., 2017). This could point to the existence of literature on development that researchers or editors of scientific journals did not consider suitable for publication (Conn et al., 2010; Horne et al., 2018). We argue that sharing this type of experience may prove valuable for planning future SG developments. Further, as current publications of works related to the development of SGs often focus on end-users as prototype testers, researchers should consider publishing their experience with end-users as consultants, especially in the first stages of SG development or as co-designers. In this review, we found that end-users often served the needs of researchers and developers either to answer their concerns or to test a prototype through a fixed protocol. This limits end-users' contribution to designing SGs as well as researchers' ability to potentially bring substantial changes to an SG design once it has reached the testing phase.

Limitations

The strengths of this descriptive review are that it entailed a comprehensive literature search to ensure that all SGs that had been the object of an RCT were found. The selection process was conducted independently and in pairs to ensure that all relevant papers were included; however, SGs that had not been the object of an RCT were not considered in this review. If the development of these SGs were still in progress, only a partial portrait of their development would have been

provided. Other limitations include the data extraction process, which was conducted by a single review author for most SGs. This was judged adequate as the aim of this work was descriptive, and no efficacy data were extracted. Finally, as underlined in the discussion, this review was limited to work available online.

Conclusions

Considering that end-users' involvement was poorly described in the SGs under review, we suggest that researchers publish information on the nature of end-user involvement, including the characteristics of end-users selected, content of the instruments used to elicit their input, modifications made to SGs based on end-user input, and lessons learned throughout the development process. As few researchers reported end-users' involvement in the initial development, those opting for this type of involvement should consider sharing their views on the process. Moreover, researchers should consider involving end-users with varying levels of gaming experience and combining different methods to elicit their input to gain further insights into issues that may undermine the efficacy of SGs.

Complément aux résultats du deuxième article

Cette revue systématique des écrits a permis de brosser un portrait des pratiques courantes dans l'implication des utilisatrices et utilisateurs pour le développement de jeux sérieux en santé. Celle-ci a également permis d'identifier des pistes d'amélioration potentielles pour la conception d'un nouveau jeu sérieux.

Sur le plan des pratiques courantes dans l'implication, nous avons identifié qu'un nombre d'utilisatrices et d'utilisateurs variant entre 12 et 36 est actuellement invité lors du développement de jeux sérieux. En cohérence avec les recommandations d'auteurs dans le domaine d'études-pilotes (Hertzog, 2008; Moore et al., 2011), ou dans un autre domaine dont les études ne visaient pas à évaluer formellement l'efficacité d'une intervention, nous inviterons donc 30 utilisatrices et utilisateurs lors de l'étape de raffinement de la présente étude.

Nous avons également identifié que les autrices et auteurs explicitent rarement les caractéristiques recherchées chez les utilisatrices et utilisateurs impliqués. Lorsque des caractéristiques sont mentionnées, celles-ci portent sur une certaine variation dans le niveau d'expérience avec les jeux vidéo et un équilibre entre le nombre de femmes et d'hommes. Sans toutefois bâtir notre échantillon de manière à obtenir une variation dans le niveau d'expérience avec les jeux vidéo ou sur le plan de l'équilibre entre les genres (à cause de l'absence de données appuyant l'impact de ces caractéristiques sur l'apport que les utilisatrices et utilisateurs peuvent avoir sur le développement d'un jeu sérieux), nous collecterons tout de même ces informations afin de décrire notre échantillon.

Quant aux méthodes utilisées pour obtenir l'apport des utilisatrices et utilisateurs, nous avons identifié que, fréquemment, les autrices et auteurs employaient uniquement un questionnaire autorapporté. En accord avec les recommandations de Czajkowski et al. (2015), nous ajouterons des méthodes qualitatives. Ceci permettra d'obtenir un avis plus riche des étudiantes et étudiants quant aux éléments du jeu sérieux qui ont été les plus bénéfiques à leur engagement, leur motivation intrinsèque et le développement de leur RCI en contexte d'ICA.

Sur le plan des pistes d'améliorations potentielles dans la conception d'un nouveau jeu sérieux, cette revue systématique permet de faire certaines propositions. Au niveau des mécaniques de

jeu, les objectifs ont dû être davantage échafaudés au niveau d'habiletés et de connaissances des utilisatrices et des utilisateurs lors de deux développements (Kerfoot et Baker, 2012b; Tan et al., 2017). Nous proposerons donc dans notre jeu sérieux diverses mécaniques par lesquels les objectifs seront échafaudés au niveau de connaissances et d'habiletés des infirmières (p. ex., en offrant des indices). De plus, lors d'un développement, les utilisatrices et utilisateurs n'ont pas apprécié être passifs lors de l'utilisation du jeu sérieux, c'est-à-dire qu'aucune action n'était possible de leur part (Diehl et al., 2015). Nous proposons donc de limiter les moments à l'intérieur du jeu sérieux où aucune action n'est attendue de l'étudiante ou de l'étudiant, par exemple en synthétisant les rétroactions offertes ou en limitant la quantité de dialogues entre le protagoniste et les personnages secondaires. Dans un autre développement, les utilisatrices et utilisateurs n'ont pas apprécié le compte à rebours qui prescrivait une durée maximale allouée pour atteindre un objectif (Mordt et al., 2011). Nous ne prescrivons donc pas de durées maximales dans le jeu sérieux pour que l'étudiante ou l'étudiant atteigne les objectifs proposés.

Quant à l'esthétique, plusieurs modifications ont été apportées aux jeux sérieux au travers des développements à la suite de l'obtention de l'avis des utilisatrices et utilisateurs : l'ajout d'une option afin d'éteindre ou de diminuer le niveau de la trame et des effets sonores; l'ajout d'effets de surbrillance et d'ombrage au pointeur afin de faciliter sa visualisation par les utilisatrices et utilisateurs ainsi que l'ajout d'accents graphiques sur les éléments du monde imaginaire avec lequel il est possible d'interagir (Diehl et al., 2015; Mordt et al., 2011). Ces ajouts sont tous intégrés lors de la conception du présent jeu sérieux.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre de revue des écrits a permis de répondre au premier objectif de la présente étude et associé à la première sous-phase (1a) du modèle de Czajkowski et al. (2015). En effet, à partir du modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018) et de deux revues systématiques des écrits, nous avons identifié l'apport des différentes couches constitutives du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage. Le modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018) a permis de décrire les couches constitutives du jeu sérieux et de théoriser les liens entre le jeu sérieux, l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en

contexte d'ICA. Les deux revues systématiques des écrits (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b) ont permis de décrire, à l'aide de données empiriques, l'avis des utilisatrices et utilisateurs quant aux éléments des couches constitutives du jeu sérieux. Les assises théoriques et empiriques que nous avons construites ont servi au développement d'un premier prototype d'un jeu sérieux et qui est présenté au chapitre suivant.

La deuxième synthèse des connaissances que nous avons réalisée a également permis de brosser un portrait des pratiques courantes quant à l'implication d'utilisatrices et d'utilisateurs dans le développement de jeux sérieux en santé. Les résultats de cette synthèse des connaissances seront réinvestis dans la sous-phase 1b de raffinement du modèle de Czajkowski et al. (2015). Les méthodes associées à cette sous-phase sont présentées dans le chapitre 4 de cette thèse.

Chapitre 3 – Proposition de SIGN@L

Ce chapitre vise à répondre au deuxième objectif de la présente étude, qui est de proposer un de deux prototypes d'un jeu sérieux afin de soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants. Cet objectif s'inscrit dans la sous-phase 1a du modèle ORBIT (Czajkowski et al., 2015). D'abord, nous présentons le design de cette intervention de formation. Puis, nous présentons la démarche d'élaboration suivie.

Design de SIGN@L

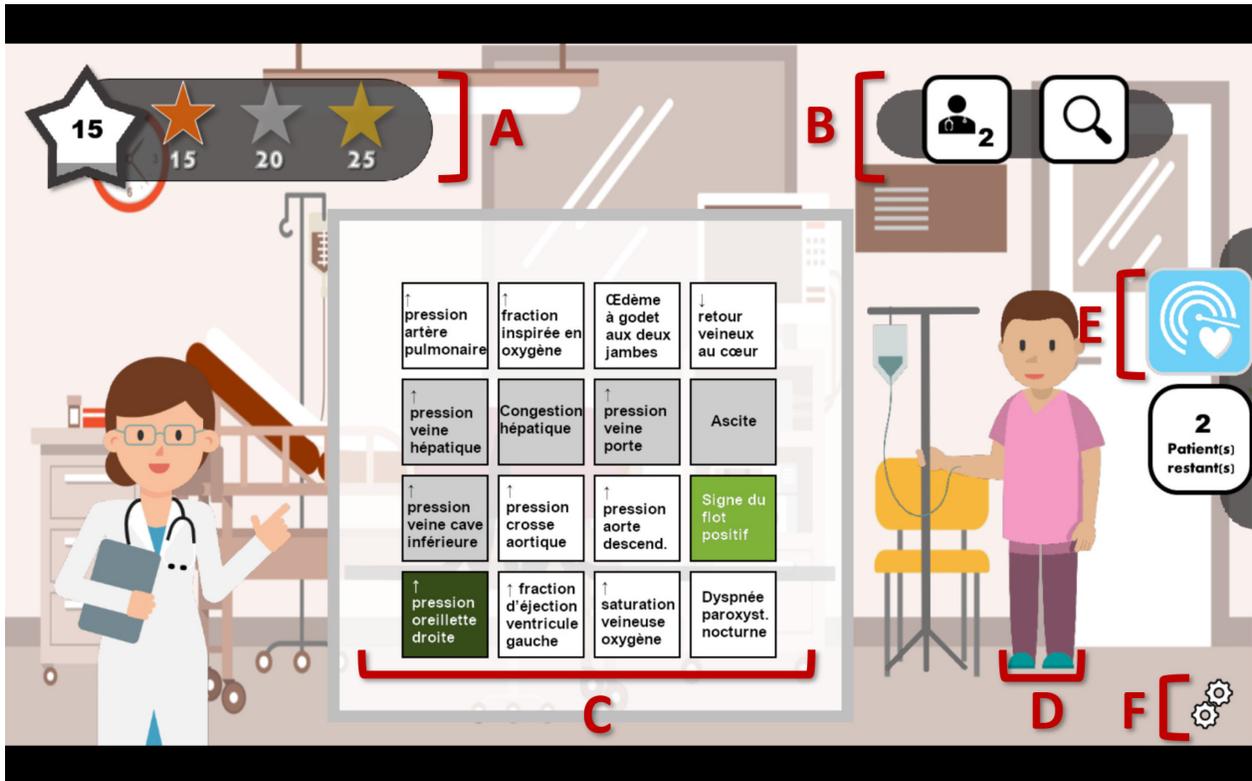
Le design de l'intervention de formation, nommée SIGN@L (en référence aux signes et symptômes de l'ICA et du support numérique du jeu sérieux), est basé sur les trois couches constitutives d'un jeu sérieux, telles que décrites par Alexiou et Schippers (2018a) : 1) les mécaniques de jeu; 2) la trame narrative et 3) l'esthétique. Le design est également basé sur les résultats obtenus par deux revues systématiques des écrits menées par l'étudiant-chercheur (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b). Un vidéo qui présente les premières minutes d'utilisation de ce prototype est accessible ici : <https://youtu.be/znUbKkfJdMA>. Cette vidéo vise à favoriser la visualisation de notre opérationnalisation des éléments du jeu sérieux.

Mécaniques de jeu

En ce qui concerne les mécaniques de jeu, SIGN@L intègre les trois éléments décrits par Alexiou et Schippers (2018), soit des objectifs, des récompenses et des rétroactions.

Les objectifs sont de construire des réseaux logiques entre deux concepts composant des grilles, une méthode inspirée par des interventions de formation de type cartographie de concepts (Khrais et Saleh, 2017). Le choix de cette mécanique de jeu repose sur la nécessité pour les étudiantes et les étudiants d'être en mesure de décrire les relations entre différents concepts importants à maîtriser à l'intérieur d'une situation, par exemple des concepts liés à l'hémodynamie, à l'évaluation de signes et symptômes et à des interventions pharmacologiques, et de dresser une ligne de raisonnement clair et logique afin de soutenir leur jugement clinique. Par cela, on entend un raisonnement rationnel ou crédible d'un point de vue logique et des

connaissances scientifiques actuelles sur l'ICA (Custers, 2019). La Figure 13 (p. 110) illustre comment cette mécanique de jeu s'opérationnalise.



Légende. A. Pointage et emblèmes obtenus; B. Onglets d'aide; C. Grille; D. Patients; E. État clinique actuel du patient; F. Menu des options.

Figure 13. – Écran de construction des réseaux logiques dans SIGN@L

Les concepts qui composent ces grilles portent sur des concepts liés à l'ICA. Spécifiquement, ces concepts sont liés à des modifications hémodynamiques (p. ex., diminution de la perfusion hépatique, diminution du débit cardiaque gauche), physiopathologiques (p. ex., dysfonction systolique ventriculaire droite, hépatomégalie), des résultats d'examens paracliniques (p. ex., augmentation de la concentration sérique des troponines T) et des signes et symptômes évalués à l'examen clinique (p. ex., crépitations aux lobes pulmonaires inférieurs, fatigue) qui reflètent une augmentation des pressions de remplissage cardiaque (ou un statut de congestion) ou une diminution du débit cardiaque (ou un statut d'hypoperfusion; Kurmani et Squire, 2017).

Par exemple, dans la Figure 13 (p. 110), il est demandé à l'étudiante ou à l'étudiant de construire un réseau logique entre le concept d'augmentation de la pression dans l'oreillette droite et de signe du flot positif, c'est-à-dire de décrire la relation qui unit ces concepts afin de bâtir une séquence entre ce premier et ce dernier concept. Ils doivent donc identifier qu'une augmentation de la pression dans l'oreillette droite entraîne une augmentation de la pression dans la veine cave inférieure, dans la veine hépatique, puis une congestion hépatique, une augmentation de la pression dans la veine porte, de l'ascite et, finalement, un signe de flot positif. L'étudiante ou l'étudiant peut uniquement créer des liens entre des concepts de cases adjacentes à l'horizontale et à la verticale (et non en diagonale). Les autres concepts de la grille constituent des mauvaises réponses, car ils ne permettent pas d'expliquer par un rationnel crédible le lien entre les deux concepts en surbrillance. Notons que la construction des réseaux logiques est réalisée de manière individuelle due aux préférences des utilisatrices et utilisateurs, telles que rapportées dans de précédentes études (Adjedj et al., 2017; Boada et al., 2015). De plus, aucun compte à rebours ne limite le temps alloué en raison de la perception négative de cet élément (Cook et al., 2012; Mordt et al., 2011). De plus, à notre connaissance, aucune donnée empirique ne permet de se prononcer sur l'apport de cet élément du jeu sérieux sur la motivation intrinsèque, l'engagement et le développement du RCI en contexte d'ICA

D'après Alexiou et Schippers (2018), les objectifs dans le cadre du jeu sérieux doivent être clairs, proximaux et distaux, et échafaudés en termes de complexité. En ce sens, SIGN@L répond à ces impératifs comme suit :

- Clairs : il est expliqué à l'étudiante ou l'étudiant lors de sa première utilisation du jeu sérieux qu'il est attendu qu'il construise de manière individuelle des réseaux logiques entre les concepts en surbrillance dans les grilles affichées à l'écran;
- Proximaux et distaux : les objectifs proximaux consistent en la construction de réseaux logiques à l'intérieur des grilles. Les objectifs distaux prennent la forme d'un nombre minimal de personnes hospitalisées auprès de qui l'étudiante ou l'étudiant est invité à construire des réseaux logiques afin de progresser à l'intérieur du jeu sérieux;
- Échafaudage : afin de favoriser l'alignement entre les objectifs et le niveau de connaissances et d'habiletés perçues par l'étudiante ou l'étudiant, les grilles sont

initialement de petite taille (2 cases par 2 cases) et augmentent graduellement de taille (2x3, 3x3, 4x3, etc.) au fil de la progression de sa progression à l'intérieur du jeu sérieux. Cela demande de considérer progressivement davantage d'information dans la construction des réseaux logiques.

Trois types d'indices sont offerts afin d'échafauder les objectifs aux connaissances et habiletés de l'étudiante ou de l'étudiant, soit un enjeu relevé lors de précédentes études (Kerfoot et Baker, 2012b; Tan et al., 2017):

- En cas d'erreur dans la construction d'un réseau logique, l'étudiante ou l'étudiant reçoit, sous la forme d'une phrase, une information quant au réseau logique à construire. Par exemple, s'il doit relier « Diminution de la perfusion myocardique » à « Diminution de la contractilité du myocarde », et ce, en passant par « Ischémie myocardique », l'information obtenue en cas d'erreur est : « Si le muscle cardiaque est moins bien perfusé, il risque d'être trop souffrant pour éjecter le sang avec suffisamment de pression ». L'utilisation du terme « trop souffrant » devrait ainsi pister l'étudiante ou l'étudiant vers l'ischémie myocardique comme concept central au réseau logique.
- L'étudiante ou l'étudiant peut utiliser, autant qu'il le souhaite, un outil permettant de définir les concepts présents dans les grilles. Celui-ci est symbolisé par une loupe qu'il peut glisser jusqu'au concept dont il comprend peu la définition à l'intérieur de la grille.
- Pour chaque grille, l'étudiante ou l'étudiant peut obtenir l'indication d'un concept composant le réseau logique à construire. Ce concept devient en surbrillance et il sait alors que celui-ci fait partie du réseau logique à construire.

En ce qui concerne la deuxième mécanique de jeu, les récompenses offertes prennent la forme de points pour chaque réseau logique construit. L'atteinte d'un certain nombre de points permet d'obtenir un emblème de bronze, d'argent ou d'or. L'obtention d'un emblème de bronze, au minimum, permet à l'étudiante ou à l'étudiant d'accéder à un nouveau niveau de jeu. L'obtention des récompenses a donc une incidence sur sa progression dans le jeu sérieux. En effet, celui-ci doit obtenir un score minimal dans chaque niveau pour accéder au prochain.

Concernant la troisième mécanique de jeu, des rétroactions immédiates permettent à l'étudiante ou à l'étudiant d'évaluer l'exactitude des réseaux logiques. Les rétroactions prennent la forme de deux effets sonores distincts qui se font entendre lorsque le réseau logique est soit correct, soit incorrect. Les rétroactions sont offertes directement par le jeu sérieux dû aux préférences des utilisatrices et utilisateurs dans une précédente étude (Hannig et al., 2013). De plus, les rétroactions n'interrompent pas les étudiantes ou les étudiants dans leurs interactions avec le jeu sérieux. En effet, les utilisatrices et utilisateurs ont regretté lors d'une précédente étude le fait qu'ils étaient, à certains moments, passifs lors de l'utilisation du jeu sérieux, c'est-à-dire qu'aucune action n'était possible de leur part (Diehl et al., 2015).

De manière plus indirecte, l'offre automatisée d'un indice (tel que décrite dans la présente section) et la détérioration de l'état clinique d'une personne hospitalisée (telle que décrite dans la section sur la trame narrative) peuvent faire office de rétroactions. En effet, ces événements se produisent en réponse aux actions de l'étudiante ou de l'étudiant alors qu'il tente d'atteindre les objectifs.

Trame narrative

Sur le plan de la trame narrative, SIGN@L intègre les trois éléments décrits par Alexiou et Schippers (2018), soit un protagoniste, des personnages secondaires et des événements narratifs.

La protagoniste de SIGN@L est une infirmière ou un infirmier nouvellement appelé à travailler dans un centre hospitalier spécialisé en soins cardiovasculaires. L'étudiante ou l'étudiant peut donc explorer le monde imaginaire de SIGN@L au travers de la perspective, ou des yeux, de la protagoniste.

Une collègue infirmière de la protagoniste représente un personnage secondaire. Celle-ci guide l'étudiante ou l'étudiant dans sa prise en main du jeu sérieux, lui fournit des indices au besoin dans la construction des réseaux logiques et l'encourage à persévérer. Des personnes hospitalisées aux prises avec une maladie cardiaque représentent les autres personnages secondaires. Notons ici que nous désignons les personnes hospitalisées comme des personnages « secondaires » uniquement pour demeurer cohérent avec les éléments du modèle d'Alexiou et Schippers (2018) et non pas parce que nous considérons que celles-ci soient secondaires dans

l'exercice du rôle infirmier. Leur état clinique s'améliore et celles-ci ont congé de l'hôpital si l'étudiante ou l'étudiant construit correctement les réseaux logiques. Toutefois, leur état clinique se détériore au fur et à mesure que l'étudiante ou l'étudiant commet des erreurs dans la construction des réseaux logiques, et ce, jusqu'à leur transfert aux soins intensifs.

Les événements narratifs se déroulent dans le centre hospitalier où a été engagée la protagoniste. Un grand nombre de personnes ont été admises dans ce centre hospitalier dernièrement et le personnel ne suffit plus à la tâche. On fait donc appel à la protagoniste pour aider le personnel à évaluer les personnes admises. Le centre hospitalier est divisé en quatre unités de soins, chacune traitant des personnes admises pour une des deux principales causes d'ICA, soit des problèmes coronariens ou hypertensifs (Ponikowski et al., 2016). Chaque unité de soins est donc nommée soit « Syndrome coronarien aigu » (A ou B) et « Hypertension artérielle » (A ou B). L'étudiante ou l'étudiant débute à l'unité de soins pour le syndrome coronarien aigu puisqu'il s'agit de la cause la plus fréquente d'ICA (Parikh et al., 2019). Lorsque l'étudiante ou l'étudiant a soigné correctement suffisamment de personnes hospitalisées sur cette unité, il peut avoir accès à une nouvelle unité.

Alexiou et Schippers (2018) précisent que la fonction d'une trame narrative est d'intégrer les objectifs à l'intérieur d'un tout cohérent, plus ou moins complexe sur le plan du nombre de personnages secondaires et d'événements narratifs. Nous avons fait le choix de conserver la trame narrative relativement simple afin de ne pas distraire l'étudiante ou l'étudiant dans son apprentissage. En effet, dans une précédente étude, les utilisatrices et utilisateurs ont rapporté que la survenue de multiples événements narratifs dans un jeu sérieux les avait distraits dans leur apprentissage (Mohan et al., 2017). Ainsi, la trame narrative intègre un faible nombre de personnages secondaires et d'événements narratifs et ceux-ci sont tous en lien direct avec les objectifs du jeu sérieux.

Esthétique

Sur le plan de l'esthétique, Alexiou et Schippers (2018) décrivent que celle-ci a un aspect hédonique, pour donner vie au monde imaginaire du jeu sérieux, et un aspect fonctionnel, pour faciliter les interactions avec celui-ci. SIGN@L adopte un rendu visuel en deux dimensions de type

« dessin animé » afin de donner vie au monde imaginaire (voir Figure 13; p. 110). Un tel rendu visuel serait moins dispendieux à développer qu'un rendu en trois dimensions et ne serait pas associé à une efficacité moindre sur le plan de la motivation intrinsèque, de l'acquisition de connaissance et du développement d'habiletés cognitives d'après les résultats d'une revue systématique (Wouters et al., 2013). En effet, à l'instar de ce que suggèrent Alexiou et Schippers (2018) dans leur modèle, Ravyse et al. (2016) proposent, par une revue systématique, qu'un rendu trop détaillé peut distraire l'utilisatrice ou l'utilisateur des objectifs proposés par un jeu sérieux. D'après ces autrices et auteurs, un rendu moins détaillé, mais cohérent, permettrait de soutenir l'apprentissage et ne nuirait pas à l'engagement ou à la motivation intrinsèque de l'utilisatrice ou de l'utilisateur comparativement à un rendu plus réaliste.

Pour donner suite aux résultats obtenus dans une des revues systématiques (Maheu-Cadotte et al., 2021b), un accent graphique est mis sur les éléments du monde imaginaire avec lesquels l'étudiante ou l'étudiant peut interagir (p. ex., en augmentant l'épaisseur des bordures des éléments interactifs), la quantité de texte à l'écran est conservée au minimum et des jeux d'ombres et de lumière sont ajoutés au curseur afin qu'on puisse bien visualiser sa position. Afin de favoriser la prise en main, le jeu sérieux est entièrement de type « pointer-et-cliquer », c'est-à-dire que l'étudiante ou l'étudiant n'a pas à utiliser les touches d'un clavier. Sur le plan du rendu audio, une trame sonore de fond et des effets sonores contribuent à donner vie au monde imaginaire du jeu sérieux. Le volume peut toutefois être réduit ou éteint, à la convenance de l'étudiante ou de l'étudiant, par le menu des options.

Démarche de conception

L'étudiant-chercheur a conçu SIGN@L avec le soutien de sa direction de recherche et de différentes expertes du contenu clinique. L'étudiant-chercheur a ainsi proposé une première version du contenu clinique compris dans SIGN@L et a réalisé la programmation de cette intervention de formation. Sa direction de recherche a réagi au design proposé de SIGN@L avant sa programmation. Différentes expertes ont participé à la validation de la justesse et de la clarté du contenu clinique de SIGN@L et des collègues de l'étudiant-chercheur ont mis à l'essai la

stabilité du jeu sérieux avant son utilisation dans l'étude. Ces aspects sont décrits au travers de cette section.

Développement du contenu clinique

D'abord, l'étudiant-chercheur a réalisé une analyse des principaux guides de pratique clinique portant sur l'ICA et d'écrits suggérés par des infirmières praticiennes spécialisées en cardiologie et d'une professeure qui possède une expertise en ICA (Ezekowitz et al., 2017; Konstam et al., 2018; Ponikowski et al., 2016; Thibodeau et Drazner, 2018; van Diepen et al., 2017; Yancy et al., 2017). Ces personnes possèdent toutes une maîtrise en sciences infirmières et les infirmières praticiennes spécialisées possèdent également un diplôme complémentaire de deuxième cycle de pratique infirmière avancée. Chacune a également entre 10 et 30 ans d'expérience à titre d'infirmière. Les infirmières praticiennes consultées cumulent entre 3 et 5 années d'expérience à ce titre en cardiologie et minimalement deux années additionnelles à titre d'infirmière clinicienne. Quant à elle, la professeure offre depuis plus de 10 années un cours au baccalauréat en sciences infirmières portant sur l'ICA. L'analyse de ces guides et de ces écrits visait à identifier, en lien avec l'ICA, ses principaux phénomènes hémodynamiques, ses signes et symptômes et les interventions pouvant être requises (voir Annexe A). Vingt-trois grilles ont été proposées à partir de cette analyse (voir l'exemple d'une grille à la Figure 13, p. 110). Un nombre équivalent de grilles portaient sur l'ICA causée par un problème coronarien (11 grilles) ou hypertensif (12 grilles). Six des grilles portaient davantage sur des phénomènes hémodynamiques, six sur des signes et symptômes de l'ICA, trois sur des signes aux examens paracliniques, cinq sur des interventions non pharmacologiques et trois sur des interventions pharmacologiques. Concernant leur taille, ce qui donne une indication de la complexité des réseaux logiques à construire, cinq grilles étaient de petite taille (2x2 ou 2x3), dix de taille moyenne (3x3) et huit de grande taille (4x3, 4x4).

Ensuite, les indices offerts dans SIGN@L ont été élaborés. Une définition de chacun des quatre-vingts concepts uniques composant ces 23 grilles a été proposée; l'étudiante ou l'étudiant peut obtenir, au besoin, une définition grâce à l'outil de clarification intégré à ce jeu sérieux. Une information en lien avec le réseau logique à construire pour chacune des 23 grilles a également

été proposée; l'étudiante ou l'étudiant obtient, en cas d'erreur, cette information afin de le guider dans la construction du réseau logique.

Les grilles, les réseaux logiques jugés corrects et les indices ont été soumis au groupe d'infirmières praticiennes spécialisées et à la professeure ayant une expertise en ICA. Ces personnes ont été invitées à se prononcer par écrit sur la justesse des réseaux logiques proposés dans chacune des grilles ainsi que la justesse et la clarté des indices. Elles pouvaient également proposer des modifications, au besoin. À la suite de la réception de leurs commentaires, certaines de ces expertes ont été sollicitées à une deuxième reprise afin de vérifier que les modifications proposées leur étaient satisfaisantes. L'ensemble des démarches liées au développement et à la validation des grilles et des indices a exigé environ 100 heures de travail.

Programmation

La programmation de SIGN@L a été réalisée à l'aide du logiciel Game Maker Studio 2™ (YoYo Games Ltd, 2021). Ce logiciel offre l'ensemble des outils nécessaires au développement et à l'exportation de jeux vidéo : un éditeur de scripts de programmation propre au logiciel (en anglais, *Game Maker language*), des outils de création, d'édition et d'importation d'éléments graphiques et visuels ainsi que des fonctionnalités de test, de correction d'erreurs informatiques et d'exportation sur la plupart des plates-formes informatiques. L'étudiant-chercheur était déjà familier avec l'utilisation de ce logiciel avant le début de la programmation puisqu'il avait suivi des cours de niveau collégial à ce sujet.

Les éléments graphiques et sonores intégrés à SIGN@L ont été obtenus, pour la plupart, de répertoires en ligne qui proposent, en libre accès ou à faible coût, ce type de ressources (Freesound team, s.d.; Open GameArt organisation, s.d.). Sinon, certains éléments graphiques ont été conçus par l'étudiant-chercheur. La programmation de SIGN@L a exigé environ 600 heures de travail échelonnées sur 15 semaines.

Mise à l'essai de la stabilité

Avant son utilisation par des étudiantes et étudiants, SIGN@L a subi une première mise à l'essai de sa stabilité auprès de collègues de l'étudiant-chercheur. Cinq personnes ont été sollicitées, soit

trois candidates et candidats au doctorat, une chercheuse postdoctorale et un professeur en sciences infirmières. La mise à l'essai visait à s'assurer que SIGN@L pouvait être installé facilement sur des ordinateurs avec différents systèmes d'exploitation et qu'il ne contenait aucune erreur informatique. Les personnes sollicitées avaient été informées de ne pas se prononcer sur leur avis de SIGN@L; cette mise à l'essai visait spécifiquement à identifier et à adresser des enjeux de stabilité, le cas échéant. Ultimement, SIGN@L a pu être installé facilement sur les ordinateurs de toutes et tous. Cette étape a nécessité environ une heure de travail échelonnée sur une semaine.

Conclusion du chapitre

À partir du modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018) et des résultats des deux synthèses des connaissances, nous avons proposé le prototype d'un jeu sérieux nommé SIGN@L afin de soutenir l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmiers. Le prochain chapitre traite des méthodes employées pour répondre au dernier objectif de l'étude. Ce prochain chapitre est associé à la deuxième sous-phase (1b) du modèle de Czajkowski et al. (2015).

Chapitre 4 – Méthodes

Les objectifs de la sous-phase 1a « définir » du modèle ORBIT ont été répondus au chapitre 2 et au chapitre 3 de la thèse. La sous-phase suivante, soit la sous-phase 1b « raffiner », vise à optimiser la conception du prototype en appréciant son apport auprès d'un premier échantillon de la population cible. Ce faisant, la sous-phase 1b permet d'obtenir des données pouvant suggérer quels éléments du prototype semblent produire davantage de résultats sur les variables d'intérêt, quelle est l'avis de la population visée quant au prototype et quelles sont les pistes d'amélioration possibles. À ces fins, l'utilisation de plus d'un prototype de la même intervention est recommandée dans le modèle ORBIT. Ainsi, ce chapitre introduit un deuxième prototype du jeu sérieux développé. Cette sous-phase vise donc à répondre au troisième l'objectif de l'étude qui est d'apprécier l'apport de deux prototypes d'un jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. Les méthodes associées à cette sous-phase sont décrites dans le présent chapitre. Les résultats obtenus sont décrits au chapitre suivant.

Devis

Pour la sous-phase 1b de raffinement, Czajkowski et al. (2015) recommandent l'adoption de méthodes quantitatives et qualitatives afin d'apprécier l'apport de prototypes auprès d'un échantillon de la population cible. Dans le cadre de cette étude, nous avons donc sélectionné un devis multiméthodes, soit un devis où des données quantitatives et qualitatives sont collectées et analysées de manière parallèle (Hunter et Brewer, 2015).

Pour le volet quantitatif, un essai croisé à deux groupes parallèles et allocation 1:1 – communément appelé un devis de type 2x2 – a été réalisé. Dans un essai croisé, les participantes et participants sont affectés aléatoirement à une séquence d'interventions, c'est-à-dire que chacun reçoit une première intervention, A ou B, et qu'elle ou il reçoit ensuite l'autre intervention, B ou A (Dwan et al., 2019). Ainsi, chaque participante et participant reçoit les deux interventions et c'est l'affectation à la séquence AB ou BA qui est randomisée. Notons que les séquences AB ou BA désignent des groupes parallèles. Les participantes et participants à chacune

de ces séquences sont donc invités en même temps à participer à l'étude. Ce type de devis permet d'isoler l'effet d'une variable indépendante sur une ou plusieurs variables dépendantes. De plus, croiser les participantes et participants dans leur allocation aux différents prototypes permet d'isoler au mieux l'effet de la variable indépendante sur la variable dépendante alors que les participantes et participants agissent comme leur propre contrôle (Dwan et al., 2019). Ce type de devis offre donc une meilleure validité interne qu'une étude randomisée où les participantes et participants reçoivent, par exemple, un seul de deux prototypes et que les analyses proposées se basent sur des différences interindividus. Un essai croisé permet donc de retirer l'effet potentiel de la variation dans les caractéristiques personnelles des participantes et participants sur les résultats obtenus. Dans le cadre de ce projet, nous avons développé un second prototype du jeu sérieux (SIGN@L-B) et qui a été utilisé comme une intervention de contrôle. Ce prototype est décrit dans la sous-section correspondante au présent chapitre. L'essai croisé a donc permis d'obtenir des mesures plus précises des différences entre l'engagement et la motivation intrinsèque des participantes et participants à utiliser SIGN@L-A (soit l'intervention de formation décrite au chapitre précédent) et SIGN@L-B. De plus, ce devis a permis d'apprécier les tendances dans l'amélioration du RCI en contexte d'ICA des participantes et participants à la suite de leur utilisation des interventions de formation. La description du volet quantitatif est précisée par les éléments retrouvés dans la grille *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT) pour les essais croisés (Dwan et al., 2019). Cette grille complétée se retrouve en Annexe B.

Pour le volet qualitatif, un devis descriptif qualitatif a été utilisé. Celui-ci permet d'obtenir un résumé d'un phénomène à partir de la perspective des individus qui y prennent part (Bradshaw et al., 2017). Plus précisément, le devis qualitatif descriptif permet d'apporter des réponses quant à la perspective que des personnes ont d'une intervention, leur avis sur ses composantes et leurs idées pour l'enrichir afin de la rendre plus acceptable à leurs yeux (Colorafi et Evans, 2016; Czajkowski et al., 2015). Ce volet a donc permis d'obtenir l'avis des participantes et participants sur le design des deux prototypes qu'elles et qu'ils avaient pu utiliser. Le volet qualitatif est rapporté d'après la grille *Consolidated Criteria for Reporting Qualitative Research* (COREQ) pour les études qualitatives (Tong et al., 2007). Cette grille complétée se trouve à l'Annexe C.

Le protocole de cette étude a été enregistré prospectivement, avant le recrutement de la première participante ou du premier participant, dans le registre « *ClinicalTrials.gov* » (NCT04592432), ce qui permet de favoriser la transparence dans les méthodes employées et les résultats rapportés (Sim et al., 2006). Notons que le formulaire d'enregistrement dans ce registre ne permet pas de décrire les méthodes qualitatives qui ont été employées, et ce, même si les objectifs qui y sont formulés font état d'un volet qualitatif. Une seule modification a été apportée au protocole de l'étude à la suite de son enregistrement; un deuxième rappel à participer à l'étude a été ajouté trois semaines à la suite de la présentation de l'étude. Ce rappel a été publié dans le forum de nouvelles de l'environnement numérique d'apprentissage du cours.

Milieu et population à l'étude

Le milieu de l'étude était une faculté de sciences infirmières au Québec, Canada. Cette faculté francophone propose un programme de baccalauréat initial sur trois années pour les détentrices et détenteurs d'un diplôme d'études collégiales en sciences de la santé ainsi qu'un programme de formation intégrée sur deux années pour les détentrices et détenteurs d'un diplôme d'études collégiales en soins infirmiers. Ces deux programmes proposent au travers des deux ou trois années, selon une approche par compétences, des activités d'apprentissage par problèmes, des activités de simulation haute-fidélité en laboratoire, des stages dans divers milieux cliniques ainsi que des exposés magistraux qui permettent le développement du RCI. Exercer un RCI est d'ailleurs une des huit compétences du référentiel sur lequel s'appuie les programmes de baccalauréat en sciences infirmières offert à cette faculté (Faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal, 2015). Ces deux programmes de baccalauréat en sciences infirmières ont obtenu en 2016 un agrément de l'Association canadienne des écoles de sciences infirmières. Cet agrément témoigne de l'excellence des programmes de formation.

Les participantes et participants à l'étude étaient des étudiantes et étudiants au baccalauréat en sciences infirmières en dernière année de leur programme d'étude (soit la troisième année du programme de formation initiale ou la deuxième année du programme de formation intégrée). Environ 200 étudiantes et étudiants sont inscrits à ce cours. Ces étudiantes et étudiants ont été sélectionnés, car c'est à ce moment de leur parcours académique qu'ils sont initiés aux concepts

cliniques liés à l'ICA dans un cours de soins critiques. La professeure responsable de ce cours a été approchée au sujet de l'étude et était d'accord pour qu'elle soit présentée aux étudiantes et étudiants de son cours.

Un échantillonnage non probabiliste de convenance a été employé. Ce type d'échantillonnage consiste à solliciter la participation à l'étude des personnes correspondant aux critères d'éligibilité et étant facilement accessibles (Creswell, 2013). Le critère d'inclusion au volet quantitatif était donc d'être une étudiante ou un étudiant à l'automne 2020 inscrit à ce cours. Il n'y avait aucun critère d'exclusion. Pour participer au volet qualitatif de l'étude, les étudiantes ou étudiants devaient avoir suivi la séquence complète d'interventions, soit avoir utilisé les deux interventions de formation à l'étude.

Taille de l'échantillon

Pour le volet quantitatif, en accord avec les recommandations de Czajkowski et al. (2015) et celles formulées par d'autres auteurs dans le domaine des études-pilotes (Hertzog, 2008; Moore et al., 2011), il a été convenu qu'un nombre de 15 participantes ou participants par cheminement (30 au total) permettrait d'obtenir une quantité suffisante de données pour juger de l'apport de ces interventions sur les variables de résultat. Toutefois, étant donné que les participantes et participants étaient recrutés dans le cadre d'un cours dont les évaluations portaient sur des concepts abordés dans les prototypes du jeu sérieux, aucune limite supérieure n'avait été fixée quant à la taille de l'échantillon. Cela a permis à toutes les étudiantes et tous les étudiants intéressés à participer à l'étude de le faire. Notons qu'aucun calcul lié à l'atteinte d'un seuil de puissance statistique n'a été réalisé pour déterminer la taille d'échantillon. L'atteinte d'un seuil de puissance statistique est associée à l'évaluation de l'efficacité d'une intervention et est davantage compatible avec une étude de phase 3 (évaluation en contexte contrôlé) ou 4 (évaluation contexte réel) d'après le modèle de Czajkowski et al. (2015).

Puisque le volet qualitatif était complémentaire au volet quantitatif et visait à apporter des pistes d'amélioration aux prototypes du jeu sérieux, nous avons estimé que 10 entrevues permettraient d'obtenir suffisamment de données. Cette estimation s'est basée sur une précédente étude où huit utilisatrices et utilisateurs avaient été impliqués dans l'appréciation du prototype d'un jeu

sérieux (Koivisto et al., 2018). Toutes les participantes et tous les participants qui avaient utilisé chacune des interventions de formation ont été invités à une entrevue.

Interventions

Nous avons développé deux prototypes d'un jeu sérieux dans le cadre de la présente étude, soit SIGN@L-A et SIGN@L-B. La description de l'intervention de formation SIGN@L-A a été réalisée dans le chapitre précédent. Sommairement, SIGN@L-A comprenait chacune des couches constitutives du jeu sérieux d'après Alexiou et Schippers (2018).

Le prototype d'un jeu sérieux SIGN@L-B comprenait uniquement les mécaniques de jeu liées à l'atteinte d'objectifs proximaux, des rétroactions et une esthétique fonctionnelle. D'une part, l'intégration de ces éléments permettait que SIGN@L-B soit utilisable et que les étudiantes et étudiants puissent interagir avec celle-ci. D'une autre part, ceci a permis d'isoler l'apport des autres mécaniques de jeu, de la trame narrative et de l'esthétique hédonique sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement RCI en contexte d'ICA. Ce faisant, il était ainsi possible d'obtenir des données empiriques afin d'appuyer les relations théoriques qui sont proposées dans le modèle d'Alexiou et Schippers (2018) entre les éléments du jeu sérieux, l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA. La Figure 14 (p. 124) présente l'écran de construction des réseaux logiques dans l'intervention contrôle SIGN@L-B et permet ainsi d'apprécier les différences avec SIGN@L-A (voir la Figure 13; p. 110).

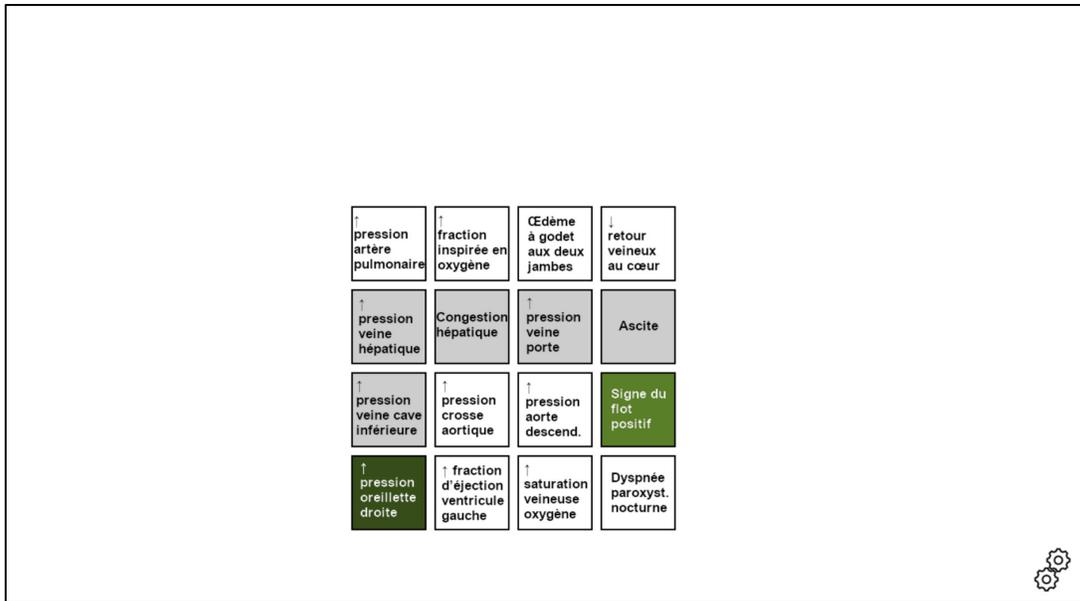


Figure 14. – Écran de construction des réseaux logiques dans l'intervention contrôle de formation SIGN@L-B.

Les mêmes grilles que celles comprises dans SIGN@L-A étaient donc présentées séquentiellement à la participante ou au participant, et ce, dans le même ordre que dans cet autre prototype. La participante ou le participant avait, ici aussi, un maximum de quatre essais afin de construire un réseau logique juste. Après le quatrième essai, SIGN@L-B affichait automatiquement la grille suivante.

Le Tableau 7 (p. 125) présente la comparaison des éléments compris dans les prototypes SIGN@L-A et SIGN@L-B, et ce, d'après le modèle théorique d'apprentissage par le jeu d'Alexiou et Schippers (2018).

Tableau 7. – Comparaison des éléments de SIGN@L-A et SIGN@L-B.

	SIGN@L-A	SIGN@L-B
1^{re} couche constitutive : Les mécaniques de jeu		
Objectifs	X	X
Rétroaction	X	X
Récompenses	X	
2^e couche constitutive : La trame narrative		
Protagoniste	X	
Personnages secondaires	X	
Événements narratifs	X	
3^e couche constitutive : L'esthétique		
Fonctionnelle	X	X
Hédonique	X	

Les participantes et participants ont eu accès séquentiellement aux deux prototypes par un lien qui leur était acheminé par courriel lors de leur signature du formulaire d'information et de consentement. Un document décrivant comment installer chaque prototype sur leur ordinateur personnel leur était également acheminé par ce courriel (voir Annexe D). Les participantes et participants étaient encouragés à utiliser chaque prototype dans les sept jours suivant le moment où le lien lui était acheminé pour utiliser un de ceux-ci. Ces prototypes étaient autoportants, c'est-à-dire qu'ils pouvaient être utilisés par les participantes et participants à leur convenance, à l'endroit et au moment souhaité et sur leur ordinateur personnel. Il était demandé aux participantes et participants de construire au moins 10 réseaux logiques dans chaque prototype du jeu sérieux. De plus, nous suggérions aux participantes et participants au moins une séance d'utilisation de chacune des prototypes.

Un unique rappel par courriel était acheminé à chaque participante et participant à la mi-parcours de son utilisation de chaque prototype pour réitérer la possibilité d'accéder à celui-ci et de remplir les questionnaires de l'étude. Parallèlement, il leur était possible de contacter par courriel l'étudiant-chercheur pour obtenir un soutien technique (p. ex., lié à une difficulté à accéder aux prototypes, à les installer sur leur ordinateur ou à remplir les questionnaires).

Variables et instruments de mesure

Les données sociodémographiques suivantes ont été collectées par un questionnaire développé par l'étudiant-chercheur : genre (femme, homme, préfère préciser), âge (en nombre), programme (formation initiale ou intégrée), pratique actuelle comme infirmière (oui ou non) et adresse courriel (voir Annexe E). Deux questions sur des échelles de 0 à 10 ont également été ajoutées à ce questionnaire, soit une question portant sur la perception des participantes et participants de leur degré d'expérience avec les jeux vidéo (de 0 « Aucune expérience dans l'utilisation de jeux vidéo » à 10 « Une expérience riche dans l'utilisation de jeux vidéo ») et leur perception du degré de maîtrise des concepts liés à l'ICA (de 0 « Aucune maîtrise des concepts » à 10 « Une maîtrise totale des concepts »). Concernant la première de ces deux questions, nous avons décidé de questionner plus largement le degré d'expérience avec les jeux vidéo, et non spécifiquement avec les jeux sérieux, comme il était anticipé que la majorité des participantes et participants n'aient aucune expérience avec les jeux sérieux. De plus, des chercheurs ont suggéré que le degré d'expérience avec les jeux vidéo puisse influencer la facilité d'utilisation d'un jeu sérieux (Boeker et al., 2009; Diehl et al., 2015).

Volet quantitatif

Pour le volet quantitatif, trois échelles de mesure ou questionnaires étaient employés, en partie ou en totalité : 1) l'Échelle d'engagement de l'utilisateur – forme abrégée (Fontaine et al., 2020; O'Brien et al., 2018); 2) l'Échelle de motivation situationnelle (Guay et al., 2000); et 3) un questionnaire original d'évaluation du RCI en contexte d'ICA.

Engagement

L'engagement peut être conceptualisé d'après deux dimensions, soit une dimension cognitive et une dimension émotive (Alexiou et Schippers, 2018). Dans le cadre de la présente étude, l'engagement cognitif référerait à l'attention portée par la participante ou le participant à un prototype du jeu sérieux. L'engagement émotif référerait aux réactions affectives, émotions et sentiments de la participante ou du participant lors de son utilisation d'un des prototypes du jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018). Ces deux dimensions ont été évaluées grâce à la version française de l'Échelle d'engagement de l'utilisateur – forme abrégée (Fontaine et al., 2020;

O'Brien et al., 2018). Cette échelle combine des items de type Likert à cinq niveaux (de 1 « Fortement en désaccord » à 5 « Fortement en accord ») répartis en quatre sous-échelles de trois items chacune : 1) attention soutenue; 2) convivialité perçue; 3) attrait esthétique; 4) gratification. Chacune des sous-échelles permet d'évaluer l'engagement cognitif (sous-échelle « attention soutenue ») et émotif de manière générale (sous-échelle « gratification ») ou plus spécifiquement en lien avec l'esthétique hédonique (sous échelle « attrait esthétique ») ou fonctionnelle (sous-échelle « convivialité perçue »). La variable d'engagement est exprimée de manière continue et son étendue est d'un à cinq, un plus haut score représentant un plus grand engagement vis-à-vis un prototype du jeu sérieux. On peut obtenir la valeur de cette variable en additionnant le score à chaque item et en le divisant par 12. On peut également obtenir un score pour chaque sous-échelle en additionnant le score des trois items qui composent chacune d'entre elles et en divisant par trois. Cette échelle est présentée à l'Annexe F.

Les items composant la version originale anglaise de l'instrument, dans sa forme longue, ont été générés grâce à une revue des écrits sur le concept d'engagement, une révision des instruments existants pour mesurer ce concept et une étude qualitative auprès d'une population générale qui visait à décrire la perception de leur engagement avec la technologie (O'Brien et Toms, 2010). Dans cette même étude, les items générés ont fait l'objet d'une validation de contenu par deux chercheuses ou chercheurs indépendants qui en ont évalué la pertinence. La version originale anglaise abrégée de l'instrument a fait l'objet d'une analyse factorielle confirmatoire auprès de 344 personnes provenant d'une population générale et a confirmé une structure en quatre facteurs et de 12 items. Des coefficients oméga de McDonald entre 0,77 et 0,89 obtenus pour chacune des sous-échelles à la suite d'une validation auprès de 57 étudiantes et étudiants en sciences infirmières témoignent d'une cohérence interne satisfaisante de la version française (Fontaine et al., 2020).

Comme mesure proximale de l'engagement, le temps d'utilisation, en minutes, de chacun des prototypes du jeu sérieux, tels que rapportés par les participantes et participants, a été traité comme une variable continue. Le temps d'utilisation est, d'après une revue portant sur l'engagement à l'intérieur d'interventions numériques, une mesure fréquemment employée pour décrire l'engagement d'utilisatrices et d'utilisateurs (Perski et al., 2017). Puisque des limitations

technologiques aux prototypes ne permettaient pas d'obtenir la durée réelle d'utilisation (p. ex., grâce à une mesure intégrée de cette variable aux prototypes), une mesure rapportée par les participantes et participants a été retenue.

Motivation intrinsèque

La motivation intrinsèque réfère à l'envie de s'investir dans l'intervention de formation pour ce que celle-ci lui propose et non dû à une source de motivation externe. Cette variable a été mesurée grâce à la sous-échelle « motivation intrinsèque » de l'Échelle de motivation situationnelle (Guay et al., 2000). Cette sous-échelle comprenait quatre items présentés sous forme d'énoncés et où il était demandé à la participante ou au participant d'exprimer son degré d'accord (de 1 « Fortement en désaccord » à 7 « Fortement en accord »). Les autres sous-échelles n'ont pas été retenues, car elles portaient sur la motivation extrinsèque de la participante ou du participant à réaliser l'activité, une variable qui ne fait pas partie du modèle d'Alexiou et Schippers (2018). La variable de motivation intrinsèque est exprimée de manière continue. Son étendue est de 4 à 28, une plus grande valeur étant représentative d'une plus grande motivation intrinsèque. Cette valeur est obtenue en additionnant les scores à chacun des items. Cette échelle est présentée en Annexe G.

Les items de cette échelle ont été générés par un panel d'expertes et d'experts du concept de motivation et ont fait l'objet d'une validation de contenu par ce même panel. Des analyses factorielles exploratoires et confirmatoires appuient la structure en quatre facteurs auprès, respectivement, d'échantillons de 195 et 907 étudiantes et étudiants québécois de niveau collégial. Un alpha de Cronbach satisfaisant de 0,93 pour la sous-échelle de motivation intrinsèque est rapporté à la suite d'une validation psychométrique auprès de l'échantillon de 907 étudiantes et étudiants (Guay et al., 2000).

Comme mesure proximale de la motivation intrinsèque, chaque participante ou participant a indiqué, à la suite de son utilisation de chaque prototype, sur une échelle de 0 à 10, à quel point il aimerait l'utiliser à nouveau dans le futur (de 0 « Aucunement » à 10 « Énormément »). À la fin de la séquence d'utilisation des deux interventions, chaque participante ou participant a

également indiqué quelle intervention il préférerait utiliser si une autre séance d'utilisation était prévue.

Raisonnement clinique infirmier en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë

Le RCI référait dans la présente étude au processus cognitif d'interprétation des données recueillies lors de l'évaluation d'une personne (Johansen et O'Brien, 2016). En l'absence d'instrument permettant de mesurer spécifiquement le RCI en contexte d'ICA, cette variable a été mesurée grâce à un questionnaire original (voir l'Annexe K). Nous avons présenté les 10 premières grilles tirées des prototypes du jeu sérieux et à l'intérieur desquelles la participante ou le participant devait construire un réseau logique. Les 10 premières grilles ont été retenues afin de s'assurer que les participantes et participants à l'étude eurent l'opportunité d'interagir avec chacune de celles-ci lors de leur utilisation des prototypes du jeu sérieux. Chaque réseau logique pouvait être noté 0 (incorrect) ou 1 (correct), pour un score total pouvant varier entre 0 et 10. La consigne de ne pas se référer à ses collègues ou à des ouvrages et d'y aller au meilleur de ses connaissances était donnée aux participantes et participants lors de leur achèvement de ce questionnaire.

Comme expliqué au chapitre 3, trois infirmières praticiennes spécialisées en soins cardiovasculaires et une professeure d'université possédant une expertise en ICA ont rétroagi sur la justesse des réponses anticipées. Afin de diminuer le risque que les participantes et participants se souviennent visuellement du chemin des réponses, chaque grille a subi une rotation de 90 degrés à chacun des temps de mesure (voir Figure 15; p. 129).

Ischémie myocardique A	↓ perfusion myocardique B	Sténose significative d'une artère coronaire (Début) C
↓ contractilité du myocarde D	↓ volume télédiastolique ventriculaire gauche E	↑ résistance vasculaire pulmonaire F
↓ volume d'éjection systolique vent. gauche G	↓ débit cardiaque gauche H	↓ pression artérielle systolique (Fin) I

T₋₁

Sténose significative d'une artère coronaire (Début) A	↑ résistance vasculaire pulmonaire B	↓ pression artérielle systolique (Fin) C
↓ perfusion myocardique D	↓ volume télédiastolique ventriculaire gauche E	↓ débit cardiaque gauche F
Ischémie myocardique G	↓ contractilité du myocarde H	↓ volume d'éjection systolique vent. gauche I

T₁

↓ pression artérielle systolique (Fin) A	↓ débit cardiaque gauche B	↓ volume d'éjection systolique vent. gauche C
↑ résistance vasculaire pulmonaire D	↓ volume télédiastolique ventriculaire gauche E	↓ contractilité du myocarde F
Sténose significative d'une artère coronaire (Début) G	↓ perfusion myocardique H	Ischémie myocardique I

T₂

Figure 15. – Exemple d'une grille qui a subi une rotation de 90 degrés à chacun des temps de mesure

Volet qualitatif

Pour le volet qualitatif, l'étudiant-chercheur a développé, en collaboration avec sa direction de recherche, un guide d'entrevue semi-dirigée. L'étudiant-chercheur a soumis une première version de ce guide à sa direction de recherche et, au travers, d'échanges, ce guide a pu être raffiné afin de favoriser son alignement avec l'objectif qualitatif de l'étude ainsi que la clarté des questions. Le guide d'entrevues s'appuyait sur les concepts énoncés dans le modèle théorique d'Alexiou et Schippers (2018). En se basant sur le troisième objectif de la présente étude, le guide contenait six questions ainsi qu'une piste d'exploration et visait à amener la participante ou le participant à s'exprimer sur l'apport des couches constitutives du jeu sérieux sur son engagement, sa motivation intrinsèque et le développement de son RCI en contexte d'ICA. Au travers du dialogue, des précisions ou des clarifications pouvaient être demandées (Sandelowski, 2000). Comme suggéré par Miles et al. (2014), puisque l'étude reposait sur un modèle théorique, le guide visait donc à circonscrire l'objet de l'échange tout en demeurant ouvert aux nouvelles idées qui auraient pu être pertinentes au regard de l'objectif de l'étude.

Lors de l'entrevue, les participantes et participants étaient donc questionnés sur les différences observées entre chacun des prototypes sur le plan de leur design. Ils étaient également questionnés sur leur niveau d'engagement cognitif et émotif, de motivation intrinsèque ainsi que sur les apprentissages réalisés lors de leur utilisation des prototypes. De plus, les participantes et participants étaient sondés sur les raisons qui, d'après eux, pouvaient expliquer les différences entre chacun des prototypes sur le plan de leur engagement, leur motivation intrinsèque et leurs résultats d'apprentissage. Puisque cette étude visait également le raffinement du jeu sérieux, une question était posée quant à des améliorations possibles à apporter à son design. Le guide d'entrevue complet se trouve à l'Annexe I.

Les entrevues, d'environ 30 minutes, ont été réalisées individuellement auprès de chaque participante et participant sur la plate-forme Zoom^{MC} (Zoom Video Communications Inc, 2021) par un auxiliaire de recherche. L'étudiant-chercheur n'a pas réalisé les entrevues puisque celui-ci était également le développeur des prototypes du jeu sérieux. Il a été jugé préférable qu'une autre personne réalise les entrevues afin de diminuer le risque que les participantes et participants puissent se censurer dans leurs réponses et pour éviter tout malaise ou inconfort.

Ceci visait également à ne pas nuire à la crédibilité des résultats. Les participantes et participants pouvaient donc se connecter sur la plate-forme Zoom^{MC} par leur ordinateur personnel, à l'endroit qui leur convenait le mieux et au moment décidé en collaboration avec l'auxiliaire de recherche. Miles et al. (2014) suggèrent que la personne qui conduit les entrevues soit familière avec le sujet d'étude et de porter une attention à ses habiletés à éliciter des réponses de la part des participantes et participants. L'étudiant-chercheur a donc présenté verbalement le guide d'entrevue à l'auxiliaire de recherche responsable de réaliser les entrevues, a répondu à ses questions et l'a conseillé sur la posture à adopter lors des entrevues. Cet auxiliaire de recherche était un infirmier de formation et un candidat au doctorat en sciences infirmières en fin de programme. Celui-ci avait déjà contribué à des projets de revue des écrits portant sur les jeux sérieux avec l'étudiant-chercheur et était donc familier avec cette intervention de formation. Toutefois, bien que cet auxiliaire de recherche possédait une expertise en développement et en évaluation d'interventions numériques de formation, cette expertise ne portait pas spécifiquement sur le jeu sérieux ou l'apprentissage par le jeu. Sa familiarité avec le jeu sérieux était tout de même bénéfique pour la conduite des échanges.

L'auxiliaire de recherche a enregistré électroniquement sous forme de fichiers audio (environ 2 minutes) ses réflexions à la suite de chaque entrevue. Ceci a permis d'obtenir des premières pistes d'interprétation pour enrichir l'analyse. L'objet des réflexions portait sur les informations jugées saillantes, les similitudes et les différences avec ce qui était déjà connu, les interrogations et les doutes qui ont surgi ainsi que les pistes d'approfondissement à considérer pour la suite (Tracy, 2020). L'étudiant-chercheur échangeait également avec l'auxiliaire de recherche à la suite de chaque entrevue quant aux réflexions de ce dernier, et ce, pour le guider davantage lors des entrevues subséquentes sur les éléments à approfondir.

L'audio des entrevues a été enregistré et transcrit sous forme de verbatim par une transcriptrice indépendante à la fin des entrevues. Celle-ci possédait une certification en éthique de la recherche des trois conseils de recherche du Canada et a réalisé les transcriptions dans le respect de la confidentialité des participantes et participants (Conseil de recherches en sciences humaines du Canada et al., 2017). L'exactitude des transcriptions a ensuite été vérifiée par l'étudiant-chercheur qui a écouté chacune des entrevues en les lisant simultanément une première fois. Les

transcriptions ont ensuite été importées dans le logiciel MAXQDA 2020 (VERBI GmbH, Allemagne), un logiciel d'analyse qualitative.

Déroulement de l'étude

La durée de l'étude était, d'au plus, 21 jours pour chaque participante et participant, de la signature du formulaire d'information et de consentement à T₋₁ jusqu'à la fin de l'entrevue individuelle à T₃. Les étudiantes et étudiants pouvaient commencer leur participation à l'étude du 13 octobre 2020, soit la date de présentation de l'étude, jusqu'à la fin de la session d'automne 2020, soit le 21 décembre 2020. La ou le dernier participant est entré dans l'étude le 6 novembre 2020. La collecte de donnée s'est terminée le 8 décembre 2020. Devant le nombre de participantes et de participants déjà randomisés, il a été convenu de ne pas poursuivre le recrutement lors de la session d'hiver 2021. Nous avons estimé que la durée maximale de l'étude serait d'environ deux heures au total pour chaque participante et participant. Ceci incluait le temps nécessaire pour lire et compléter le formulaire d'information et de consentement (10 minutes), le questionnaire de données sociodémographiques (5 minutes), les mesures quantitatives d'engagement, de motivation intrinsèque et de RCI en contexte d'ICA (20 minutes), l'utilisation totale suggérée des deux interventions de formation (40 minutes) et la durée maximale prévue pour l'entrevue individuelle (30 minutes). Il est à noter que l'ensemble des activités prévues à l'étude se déroulait en ligne, sans que les participantes et participants aient à se déplacer ou à entrer en contact direct avec l'étudiant-chercheur ou l'auxiliaire de recherche. Le Tableau 8 (p. 153) présente le déroulement de l'étude.

À T₋₂, une présentation en ligne de 10 minutes a été réalisée auprès des étudiantes et étudiants admissibles à participer au projet. Lors de cette présentation, l'étudiant-chercheur a décrit les objectifs de l'étude ainsi que ce qui était attendu des étudiantes et étudiants s'ils acceptaient de participer. Les étudiantes et étudiants du cours ont été informés qu'il s'agissait du projet de recherche doctorale de l'étudiant-chercheur. L'étudiant-chercheur n'était pas impliqué dans l'offre et le déroulement, ni de ce cours, ni d'un autre cours que les étudiantes et étudiants auraient pu suivre durant leur programme de formation. Les étudiantes et étudiants ont aussi été informés qu'un message contenant un lien vers le formulaire d'information et de consentement ainsi que le courriel de l'étudiant-chercheur serait publié sur un forum de l'environnement numérique d'apprentissage du cours. Les étudiantes et étudiants étaient également informés qu'ils pouvaient écrire à l'étudiant-chercheur s'ils avaient des questions ou souhaitaient davantage d'informations. Deux rappels ont également été publiés sur ce forum, soit à une et trois semaines après la présentation.

À T₋₁, les étudiantes et étudiants intéressés à participer pouvaient remplir, sur la plate-forme SurveyMonkey^{MC} (Momentive, 2021), le formulaire d'information et de consentement, le questionnaire de données sociodémographiques et le premier questionnaire d'évaluation du RCI en contexte d'ICA. Les participantes et participants étaient ensuite randomisés à un des deux cheminements possibles. La différence entre les deux cheminements résidait dans la séquence dans laquelle les prototypes (SIGN@L-A ou SIGN@L-B) étaient offerts. La séquence de randomisation par blocs était générée grâce à un logiciel en ligne (Urbaniak et Plous, 2021) par un auxiliaire de recherche indépendant avec un ratio 1 :1 et par blocs de taille de six. La séquence de randomisation était donc inconnue de l'étudiant-chercheur, et ce, afin de diminuer le risque de biais lié à l'assignation des participantes et participants (Higgins et al., 2021a). L'auxiliaire de recherche informait l'étudiant-chercheur de l'assignation de chaque nouvelle participante ou participant au fur et à mesure de leur entrée dans l'étude. À partir de ce moment, l'étudiant-chercheur n'était plus tenu à l'aveugle quant à l'assignation des participantes et participants aux groupes. De plus, les participantes et participants ne pouvaient être tenus à l'aveugle quant à la nature des deux prototypes évalués. Toutefois, ceux-ci n'étaient pas informés du cadre théorique de l'étude et du fait que, d'après ce cadre, nous pouvions anticiper que SIGN@L-A ait un plus

grand apport que SIGN@L-B sur leur engagement, leur motivation intrinsèque et leur RCI en contexte d'ICA.

À T₁, à la suite de la randomisation, les participantes et participants recevaient un courriel pour les inviter à accéder au premier prototype qui leur était attribué (SIGN@L-A ou SIGN@L-B). Dans ce courriel, les participantes et participants avaient également accès à un lien vers les questionnaires à compléter (engagement, motivation intrinsèque et RCI en contexte d'ICA) lorsqu'ils avaient terminé de construire au moins 10 réseaux logiques dans l'intervention, et ce, dans un délai maximal suggéré de sept jours après la réception de ce courriel. Un second courriel était acheminé aux participantes et participants quatre jours après l'envoi du premier afin de leur rappeler qu'ils avaient accès à un des prototypes et aux questionnaires.

À T₂, soit sept jours après l'envoi du premier courriel (si les mesures n'avaient pas été complétées) ou lors de l'achèvement des mesures à T₁, les participantes et participants recevaient un courriel pour les inviter à accéder au deuxième prototype attribué (SIGN@L-A ou SIGN@L-B). Dans ce courriel, les participantes et participants avaient également accès à un lien vers les questionnaires à compléter lorsqu'ils avaient terminé de construire au moins 10 réseaux logiques, et ce, dans un délai maximal de sept jours. Un autre courriel était acheminé aux participantes et participants à quatre jours post-réception du courriel à T₂ afin de leur rappeler qu'ils avaient accès à une des prototypes et aux questionnaires.

À T₃, soit lors de l'achèvement des mesures à T₂, les participantes et participants qui avaient complété les mesures à T₁ et à T₂ recevaient un courriel les invitant à participer à une entrevue individuelle. Cette entrevue était réalisée à un moment qui convenait à la participante ou au participant, mais le plus tôt possible suivant l'achèvement des mesures à T₂.

Analyse des données

Volet quantitatif

Le logiciel SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY) a été utilisé afin de réaliser les analyses statistiques. Le test de Shapiro-Wilk a permis de vérifier la normalité de la distribution des scores des variables continues. La distribution des scores étant asymétrique pour les variables continues, et en raison

de la petite taille de l'échantillon, des médianes sont rapportées comme mesure de tendance centrale et des écarts interquartiles comme mesure de dispersion. Des fréquences et des pourcentages sont rapportés afin de décrire la distribution des variables catégorielles.

Puisqu'il s'agit d'une première mise à l'essai de ces prototypes et que, d'après Czajkowski et al. (2015), cette première mise à l'essai peut être réalisée sur un échantillon de taille restreinte, aucun calcul de taille d'échantillon liée à l'atteinte d'une puissance statistique n'a été réalisé. De plus, à cause du risque élevé d'erreur de type II, aucun test d'hypothèse n'a été réalisé et aucune valeur p n'est rapportée. De plus, étant donné qu'il est recommandé d'obtenir des données d'un minimum de cinq participantes ou participants par item afin de réaliser une évaluation des propriétés psychométriques d'un instrument de mesure (Sousa et Rojjanasrirat, 2011), aucune évaluation de la cohérence interne des instruments de mesure employés n'a été réalisée.

Les différences quant aux scores des variables de résultat pour les deux prototypes ont été appréciées sur les plans intra-individu et interindividus. Sur le plan intra-individu, compte tenu de l'asymétrie des distributions, la statistique r de Cohen pour échantillons appariés a été employée. Cette statistique a permis de qualifier les tailles d'effet observées dans notre échantillon quant aux différences de scores pour les variables de résultats entre les deux prototypes (c.-à-d., les différences dans l'ensemble des scores fournis par les participantes et participants à la suite de leur utilisation de SIGN@L-A comparativement à l'ensemble des scores fournis par ces mêmes participantes et participants à la suite de leur utilisation de SIGN@L-B). La statistique r de Cohen pour échantillons appariés se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$r \text{ de Cohen pour échantillons appariés} = z \text{ de Wilcoxon} \div \sqrt{(\text{nombre de pairs d'observations})}$$

Puisque la valeur du z de Wilcoxon est affectée par la taille de l'échantillon, diviser celle-ci par la racine carrée du nombre de pairs d'observations permet de retirer l'effet que la taille de l'échantillon pourrait avoir sur le r de Cohen. La valeur du r de Cohen est donc indépendante de la taille d'échantillon, de l'atteinte d'un niveau de puissance statistique associé à un test d'hypothèse ou d'une valeur p . La statistique r de Cohen peut prendre une valeur entre 0 et 1 et s'interprète de la manière suivante : 0 à < 0,1 (effet négligeable), 0,1 à < 0,3 (petit effet), 0,3 à < 0,5 (effet moyen) et \geq 0,5 à 1 (grand effet; Fritz et al., 2012).

De manière post-hoc, à cause du risque d'effet de report (*carryover effect*), nous avons également décrit l'évolution des scores de RCI en contexte d'ICA aux T₀, T₁ et T₂. Pour ce faire, nous avons examiné les différences de médianes dans les scores de RCI en contexte d'ICA des participantes et participants à ces trois de temps de mesure, et ce, en fonction de leur assignation. Cette méthode nous a ainsi permis d'observer si des différences importantes étaient présentes à chacun des temps de mesure entre les deux groupes de l'étude et si les scores de RCI en contexte d'ICA évoluaient différemment. Cette méthode ne permet toutefois pas d'identifier clairement un effet de report ni de contrôler statistiquement les résultats si un tel effet est présent.

Sur le plan interindividus, la statistique *r* de Cohen pour échantillons indépendants a été employée. Cette statistique nous a permis de qualifier les tailles d'effet observées dans notre échantillon quant aux différences de scores pour les variables de résultats, et ce, dépendamment du cheminement des participantes et participants à l'étude (c.-à-d., des différences dans les scores fournis par les participantes et participants des deux cheminements à l'étude aux prototypes alloués, soit avant et après leur croisement). La statistique *r* de Cohen pour échantillons indépendants se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$r \text{ de Cohen pour échantillons indépendants} = z \text{ de Mann-Whitney} \div \sqrt{N} \text{ (nombre de participants)}$$

La statistique *r* de Cohen pour échantillons indépendants peut prendre la même étendue que celle pour échantillons appariés et s'interprète de la même manière. Puisqu'il est recommandé que les analyses statistiques portent principalement sur les différences intra-individus dans le cadre d'un essai croisé (Dwan et al., 2019), les différences interindividus sont rapportées uniquement en Annexe J de la thèse. Les différences interindividus sont parfois utilisées par des chercheurs qui réalisent des analyses secondaires des données ou des méta-analyses et ces résultats peuvent donc leur être utiles (Higgins et al., 2021b).

Des coefficients de corrélation de Spearman ont permis d'explorer les associations bivariées entre les variables à l'étude. Ce type d'analyse a été réalisé de manière post-hoc afin d'apporter un appui empirique aux associations théoriques qui sont proposées par Alexiou et Schippers (2018) dans leur modèle. Ce type d'analyse nous a également permis d'offrir des pistes

d'explication quant aux résultats quantitatifs obtenus au regard du troisième objectif de l'étude. En l'absence d'un consensus clair quant à l'interprétation de la force d'une association à partir d'un coefficient de corrélation de Spearman (Schober et al., 2018), nous avons prospectivement convenu de l'interprétation suivante: 0,0 (association nulle); > 0,0 à 0,2 (association faible); > 0,2 à 0,5 (association moyenne); > 0,5 à 0,8 (association forte); > 0,8 à < 1 (association très forte); 1,0 (association parfaite). Une valeur positive ou négative indique la direction de l'association. Pour ce volet de l'analyse, puisque le calcul d'un coefficient de corrélation de Spearman présuppose l'indépendance des observations, que les associations entre les variables pouvaient différer en fonction de l'intervention de formation auxquelles elles se rapportaient, et afin de considérer toutes les observations disponibles, nous présentons les associations entre les variables de résultats à l'étude pour chacune des interventions de formation.

Volet qualitatif

Nous avons réalisé une analyse de contenu des données d'entrevue selon les méthodes proposées par Miles et al. (2014). D'après ces auteurs, l'analyse peut autant être de contenu que thématique en fonction de l'objet de recherche. Cette méthode est employée lorsqu'une théorie fournissant une description d'un phénomène d'intérêt existe déjà et sur laquelle les chercheurs peuvent s'appuyer. Dans le cadre du présent projet, il s'agissait du modèle théorique d'apprentissage par le jeu d'Alexiou et Schippers (2018). Miles et al. (2014) décrivent trois grandes activités qui forment l'analyse qualitative de données : 1) condenser les données; 2) présenter les données; et 3) formuler et vérifier les conclusions. D'après Miles et al. (2014), ces trois grandes activités ne sont pas séquentielles; l'analyse qualitative exige un va-et-vient continu entre chacune de ces trois activités. Toutefois, par souci de simplicité, chacune des activités est décrite ci-après l'une à la suite de l'autre.

La condensation des données réfère à la sélection et à l'abstraction de segments plus ou moins longs des transcriptions afin de leur attribuer un sens ou une signification jugée pertinente au regard de l'objectif de la recherche. L'objectif ici était d'apprécier les éléments des couches constitutives du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA. La condensation des données permet ainsi de résumer et d'organiser

celles-ci, par exemple sous la forme de synthèses narratives ou de catégories (Miles et al., 2014). L'étudiant-chercheur a d'abord réalisé une lecture des transcriptions et a écouté l'ensemble des enregistrements audio des réflexions de l'auxiliaire de recherche. Ceci lui a permis de produire un résumé narratif de ses impressions. Sous la forme d'un texte suivi, l'étudiant-chercheur a décrit l'apport que chaque élément des couches constitutives du jeu sérieux semblait avoir eu sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA des participantes et participants. Ce résumé a été partagé avec sa direction de recherche qui a pu en prendre connaissance, réagir à celui-ci et transmettre à l'étudiant-chercheur leurs réflexions et questionnements. L'étudiant-chercheur a pris connaissance de leurs réflexions et questionnements avant de débiter formellement la codification des entrevues, ce qui lui a offert des repères préliminaires à l'analyse.

Par la suite, une première codification a été réalisée où des segments plus ou moins larges des transcriptions se sont vus attribuer un code par l'étudiant-chercheur, c'est-à-dire une étiquette qui permettait de catégoriser un segment significatif au regard de l'objectif de ce volet. Tous les codes avaient, dans un premier temps, une fonction descriptive et ont permis d'identifier à quelle couche constitutive du jeu sérieux, d'après le modèle d'Alexiou et Schippers (2018), le segment se rapportait. Dans un deuxième temps, cette codification a été raffinée et chaque segment a été codé d'après les éléments qui composent chacune de couches constitutives du jeu sérieux. L'analyse était, jusqu'à ce moment, déductive, s'appuyant sur les concepts énoncés dans le modèle théorique retenu. À cette étape, puisque l'objectif correspondant de l'étude visait à apprécier l'apport des couches constitutives du jeu sérieux sur les variables d'intérêt, les codes ont également été catégorisés comme faisant référence à un apport positif, négatif ou neutre sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage. À ce stade-ci, la codification était principalement *in vivo*, c'est-à-dire que les codes reprenaient directement l'intégralité des mots ou les phrases des participantes et participants, et ce, afin de demeurer fidèle à leurs propos (Miles et al., 2014). Par exemple, le code « SIGN@L-A: Une mise en scène » a été appliqué au segment suivant :

« La première version, c'était vraiment juste blanc et noir et c'était un peu comme OK... Mais dans la deuxième version [SIGN@L-A], c'était plus attrayant. Comme, il y a une mise en scène. » (Participant n° 06)

Sinon, la codification portait sur des évaluations exprimées (en anglais, *evaluation coding*) d'éléments du jeu sérieux ou des émotions ressenties (en anglais, *emotion coding*) par les participantes et participants. Par exemple, le segment suivant a été codifié « Étoiles dédoublent points » :

« C'est sûr que [les étoiles] c'est quand même visuel, mais c'est un peu un doublon de la note qu'on avait, je trouve. Fait que, que ça soit la note ou les étoiles, [ça ne change rien]. » (P20-L63)

Quant à lui, le segment suivant a été codifié « Émotions positives » :

« Je dirais plus de la joie, de l'accomplissement parce que tu as réussi. Et puis sinon, pas vraiment de la frustration quand tu ne réussis pas, mais juste t'essaies de voir ce qui n'a pas marché, donc plus de la joie ou de l'accomplissement. » (P14-L25)

Une fois cette première codification complétée pour toutes les entrevues, l'étudiant-chercheur a réalisé une deuxième codification. La deuxième codification est décrite par Miles et al. (2014) comme une étape consistant à regrouper les codes générés à l'étape précédente afin de proposer une configuration significative et parcimonieuse des liens entre ces codes. Par exemple, les codes « Permet de sentir que tu as évolué », « Permet de se questionner en cas d'erreurs » et « A aidé pour l'examen » ont été regroupés sous « Positif – Favorise l'apprentissage », soit que de construire des réseaux logiques dans SIGN@L a permis aux participantes et participants d'apprendre.

L'activité de présentation des données réfère à la création de supports permettant d'illustrer l'organisation des données condensées (Miles et al., 2014). Nous proposons donc des résumés narratifs des propos des participantes et participants quant à l'apport de chaque élément du jeu sérieux sur leur engagement, leur motivation intrinsèque et le développement de leur RCI en contexte d'ICA. Des extraits des verbatim des participantes et participants sont offerts en appui de ces résumés narratifs. Nous illustrons également, sous la forme de schémas (en anglais, *network displays*; Miles et al., 2014), l'apport de chaque élément du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage des participantes et participants. D'après Miles et al. (2014), ce type de schéma est utile pour illustrer des

interrelations complexes entre des variables et qui peuvent être plus difficiles à rapporter manière narrative. Ces schémas permettent de modéliser les relations entre les éléments d'une couche constitutive du jeu sérieux, leur opérationnalisation dans SIGN@L et leur apport sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage. Le premier de ces schémas est présenté à la p. 173.

La formulation des conclusions réfère à l'interprétation que les chercheurs offrent des données condensées et qui sont présentées. Cette activité vise donc à définir, de manière synthétisée, les relations qui unissent ces données et au regard de l'objectif de l'étude. La vérification des conclusions réfère quant à elle à l'évaluation de leur plausibilité. Miles et al. (2014) décrivent les chercheuses et les chercheurs comme les outils les plus importants dans l'analyse de données qualitatives et reconnaissent son caractère subjectif. Dans le cadre de la présente étude, afin de s'assurer de demeurer fidèles aux propos des participantes et des participants, les trois grandes activités de l'analyse qualitative ont été réalisées en collaboration avec la direction de recherche de l'étudiant-chercheur. Lors de la condensation des données, la direction de recherche a donc pu examiner chaque code au regard du segment auquel il se rapportait et raffiner avec l'étudiant-chercheur l'ensemble des codes ainsi que leurs définitions. Lors de la présentation des données et de la formulation des conclusions, la direction de recherche a pu questionner l'étudiant-chercheur sur ses interprétations et en offrir de nouvelles.

Les critères de rigueur méthodologique pour le volet qualitatif, soit la crédibilité, la confirmabilité, la fiabilité et la transférabilité (Bradshaw et al., 2017), et une synthèse des actions prises pour assurer leur respect sont présentés au Chapitre 6 de la thèse. Ceux-ci font suite à la discussion de la rigueur méthodologique du volet quantitatif présentée au même endroit.

Considérations éthiques

Le projet a reçu l'approbation du comité d'éthique de la recherche de l'établissement (CERSES-20-123-D). Cette approbation est présentée à l'Annexe K. Le formulaire d'information et de consentement de l'étude est présenté à l'Annexe L. L'analyse des considérations éthiques du présent projet repose sur les trois principes proposés par les trois conseils de recherche du

Canada (Conseil de recherches en sciences humaines du Canada et al., 2017). Ces trois principes sont : le respect des personnes, la préoccupation pour le bien-être et la justice.

Le respect des personnes réfère au respect de l'autonomie et de la capacité décisionnelle de la personne. À cet effet, un consentement écrit a été recueilli de la part de chaque participante ou participant à l'étude au début de celle-ci. Un processus de consentement continu était également en place; les participantes et participants étaient informés de la possibilité pour eux de se retirer de l'étude à tout moment. La participation a un temps de collecte de données ne les obligeaient donc pas à participer à un autre temps de collecte ou à l'entrevue individuelle. De plus, ils étaient informés que leur décision de prendre part ou non à l'étude n'aurait aucun impact sur leur cheminement académique ou leur réussite scolaire.

La préoccupation pour le bien-être réfère à l'assurance par les chercheurs du bien-être des participantes et participants dans tous les aspects de leur vie et de leur protection face à des risques prévisibles associés au projet de recherche. À cet effet, outre le temps requis pour participer au projet et les émotions qui pouvaient surgir lors de l'emploi du jeu sérieux (p. ex., stress, ennui) aucun autre risque pour la santé ou le bien-être des participantes et participants n'était anticipé. Ceux-ci étaient d'ailleurs informés de cet inconvénient et de ce risque lors de la présentation du projet et de leur signature du formulaire d'information et de consentement. Ceux-ci étaient également informés que leur participation à l'étude était confidentielle et ne serait pas divulguée aux autres participants ni à la professeure responsable du cours. De plus, puisque le projet s'est déroulé au cours de la pandémie de COVID-19, nous avons adapté les procédures afin que l'entièreté de l'étude se déroule en ligne. Ceci a été fait afin de limiter les déplacements des participantes et participants et les risques pour leur santé.

La justice réfère au traitement juste et équitable des participantes et participants et une préoccupation et un respect pour chacun d'entre eux. Toutes les étudiantes et tous les étudiants avaient la possibilité de participer au projet de recherche afin de ne pas créer d'inégalités potentielles dans leur réussite à l'intérieur du cours. De plus, les participantes et participants étaient informés que l'étude visait à apprécier l'apport de nouvelles interventions de formation dont la performance à l'intérieur de celles-ci n'était pas nécessairement représentative de leur

niveau de performance en pratique clinique. Les participantes et participants étaient aussi informés que les interventions visaient à améliorer leur RCI en contexte d'ICA et non à évaluer celui-ci. De plus, grâce au devis d'essai croisé, toutes les participantes et tous les participants avaient la possibilité d'utiliser les deux interventions de formation. Ainsi, dans l'éventualité où l'une d'entre elles avait un apport supérieur à l'autre sur leur RCI en contexte d'ICA, aucune participante ni aucun participant ne se serait retrouvé désavantagé dans ses études face à un autre.

Chapitre 5 – Résultats

Dans ce chapitre, nous présentons d’abord, sous la forme d’un article scientifique, la description de l’échantillon, les principaux résultats quantitatifs et une version abrégée des résultats qualitatifs. À la suite de cet article, nous présentons un complément de résultats quantitatifs et une version détaillée et schématisée des résultats qualitatifs.

Introduction au troisième article

Dans ce troisième article, nous présentons une synthèse des méthodes de recherche employées pour répondre aux trois objectifs de l’étude ainsi que les résultats associés (avec un accent sur le troisième objectif). À titre de rappel, le premier objectif de l’étude visait à déterminer l’apport des différents éléments des couches constitutives d’un jeu sérieux sur l’engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d’ICA chez des étudiantes et des étudiants. Cet objectif a été atteint au chapitre 2 de la thèse à l’aide du modèle théorique d’Alexiou et Schippers (2018) et des résultats de deux revues systématiques réalisées sur les jeux sérieux dans la formation des professionnels de la santé (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b). Le deuxième objectif de l’étude visait à proposer deux prototypes d’un jeu sérieux. Cet objectif a été atteint au chapitre 3 grâce à la proposition du jeu sérieux SIGN@L-A et au chapitre 4 avec SIGN@L-B. Finalement, le troisième objectif de l’étude visait à apprécier, par des méthodes quantitatives et qualitatives, l’apport de deux prototypes du jeu sérieux sur l’engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d’ICA. La réponse à cet objectif se trouve dans l’article qui suit.

Development and contribution of a serious game to improve nursing students' clinical reasoning in acute heart failure: a multimethod study

Maheu-Cadotte, M.A., Lavoie, P. et Dubé, V.

Rôle et contribution de l'étudiant-chercheur

L'étudiant-chercheur a développé le protocole de l'étude, mené le recrutement de participantes et participants, collecté les données et analysé celles-ci. L'étudiant-chercheur a aussi rédigé une première version de l'article. PL et VD ont contribué à la révision du protocole de l'étude et à l'analyse des données. PL et VD ont aussi fait une relecture critique de l'article. Tous les auteurs ont approuvé de l'article avant sa soumission. L'article est maintenant soumis pour publication dans *Computers, Informatics, Nursing* (Maheu-Cadotte et al., 2022).

Abstract

Clinical reasoning is essential for nurses and nursing students to recognize and intervene when hospitalized patients present acute heart failure. Serious games are digital educational interventions that could foster the development of clinical reasoning through an engaging and intrinsically motivating learning experience. However, elements from a playful approach (e.g., rewards, narrative elements) are often absent or poorly integrated in existing serious games, which may limit their contribution to learning. Thus, we developed and studied the contribution of a novel serious game on nursing students' engagement, intrinsic motivation, and clinical reasoning in the context of acute heart failure. We adopted a multimethod design and randomized 28 participants to receive two serious game prototypes in a different sequence, one that fully integrated elements of a playful approach (SIGN@L-A) and one that only offered objectives, feedback, and a functional aesthetic (SIGN@L-B). Through self-reported questionnaires, participants reported higher levels of engagement and intrinsic motivation after using SIGN@L-A. However, negligible differences in clinical reasoning scores were found after using each serious game prototype. During interviews, participants reported on the contribution of design elements to their learning. Quantitative findings should be replicated in larger samples. Qualitative findings may guide the development of future serious games.

Keywords : Education, nursing, baccalaureate; Clinical decision-making; Video games; Heart diseases; Shock, cardiogenic.

Introduction

Patients hospitalized for a cardiac issue are at risk of acute heart failure (AHF; Chan et Cochrane, 2016; Harjola et al., 2015). AHF is defined as the onset or rapid deterioration of a syndrome characterized by increased cardiac filling pressures (or a high-volume status) and a decreased cardiac output (or an hypoperfusion status; Kurmani et Squire, 2017). While chronic heart failure is the fastest-growing cardiovascular disease, it is estimated that hospitalization rates for AHF will continue to increase over the next several years (Tran et al., 2016). This is especially concerning since the in-hospital mortality rate for patients diagnosed with AHF ranges from 4% to 7% and can reach 50% for those who experience cardiogenic shock (van Diepen et al., 2017). Early recognition and appropriate management of AHF are essential to prevent the development of serious complications and reduce mortality (Mebazaa et al., 2016).

Since patients with unstable or critical conditions such as AHF are now hospitalized on most acute care units (Andersen et al., 2019; Perrin, 2017), it is essential that all nurses be introduced to the recognition and management of AHF as part of their initial education. Recognition and management of AHF rest on nurses' clinical reasoning, i.e., the cognitive process by which they interpret the data they collect through patient assessment (Johansen et O'Brien, 2016; Mebazaa et al., 2016; Thibodeau et Drazner, 2018).

Serious games (SGs) are digital educational interventions that could promote the development of nursing students' clinical reasoning (Havola et al., 2020; Koivisto et al., 2018). According to the game-based learning model of Alexiou et Schippers (2018), SGs feature game mechanics to improve cognitive processes such as clinical reasoning. Game mechanics include a series of short- and long-term goals that users attempt to achieve. In doing so, they recall their current knowledge, analyze components of situations or problems, and explore and apply strategies to solve them (Alexiou et Schippers, 2018). They receive feedback that validates their strategies or prompts them to consider new ones—another game mechanic intended to support learning.

SGs are based on the premise that users who are highly engaged and motivated during a learning experience can achieve better learning outcomes (Alexiou et Schippers, 2018). Thus, SGs combine additional game mechanics associated with a playful approach, such as rewards and

hints. Other elements include a protagonist, secondary characters, and narrative events that form a narrative or story. Finally, an aesthetic gives life to the imaginary world of the SG, a world that is more or less like ours. Aesthetic has two dimensions, a functional one, to allow interactions with the imaginary world of the serious game, and a hedonic one, to allow learners to perceive a harmonious and coherent imaginary world. According to Alexiou et Schippers (2018), these elements are expected to evoke positive emotions in users, capture their attention, and promote their inner desire to use the intervention (i.e., intrinsic motivation).

In healthcare professions education, results from a meta-analysis suggest that SGs are more effective than other educational interventions (i.e., classroom learning, e-learning, or written material) to improve confidence in skills. However, a negligible and non-significant difference was found for the improvement of cognitive processes, such as clinical reasoning (Maheu-Cadotte et al., 2021a). This could be due to the absence of many elements of a playful approach that are supposed to support users' engagement and intrinsic motivation (Alexiou et Schippers, 2018). Indeed, SGs are rarely designed through a game-based learning model that could help in fully integrating a playful approach and its related elements (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Xu et al., 2021). Of note, in medical education, two SGs that integrated such a playful approach were effective in improving physicians' and surgeons' cognitive processes (Graafland et al., 2017; Mohan et al., 2017).

Since the contribution of SGs on the engagement, intrinsic motivation, and clinical reasoning of nursing students in the context of AHF remains unknown, we aimed to develop a SG prototype and study its contribution to learning. Furthermore, it is not only essential to study *if* the playful approach of SGs contributes to learning, but also *how* this contribution occurs (Krath et al., 2021). Thus, the purpose of this study was to assess *if* (through quantitative methods) and *how* (through qualitative methods) a SG fully integrating a playful approach contributes to nursing students' clinical reasoning in the context of AHF. This study is part of the first phase of the development of a new serious game, where a first prototype is designed and refined before moving on to a pilot evaluation phase (Czajkowski et al., 2015).

Methods

This was a multimethod study in which quantitative and qualitative data were collected and analyzed in a parallel fashion (Hunter et Brewer, 2015). For the quantitative component, two prototypes of a single SG were developed and tested using a randomized crossover design with two parallel groups and a 1:1 allocation ratio. For the qualitative component, we used a descriptive design to elicit participants' perspective on the prototypes (Bradshaw et al., 2017). Both study components aimed to elucidate the contribution of the playful approach of the SG to nursing students' engagement, intrinsic motivation, and clinical reasoning in the context of AHF.

The study protocol was approved by an Institutional Review Board (CERSES-20-123-D) and prospectively registered in ClinicalTrials.gov (NCT04592432). The sole modification to the protocol following registration was the addition of a second reminder to increase enrollment. The quantitative component is reported based on the standards described by Dwan et al. (2019) and the qualitative one is reported based on the criteria described by Tong et al. (2007).

Participants

Study participants were nursing students from an undergraduate critical care course covering the recognition and management of AHF. Some students had already completed a three-year college degree in nursing and were pursuing a two-year bachelor's degree. Thus, these students were already practicing as nurses since, in Quebec, obtaining college degree in nursing allows access to the nursing profession. The other students were in a pre-licensure three-year Bachelor of Nursing program and were not practicing yet as nurses. There were no exclusion criteria. Consistent with recommendations for pilot studies (Hertzog, 2008; Moore et al., 2011), it was deemed that 15 participants per sequence (30 in total) would provide enough data for the quantitative component. Regarding the qualitative component, based on a previous study where eight nursing students were involved in the testing of a SG prototype (Koivisto et al., 2018), we estimated that ten interviews would yield enough data to assess how a serious game can contribute to learning. However, all participants that had used both prototypes were invited for an interview.

Serious game

A SG named SIGN@L was designed according to the game-based learning model by Alexiou et Schippers (2018) that links SG elements to intrinsic motivation, engagement, and learning outcomes. In addition, two systematic reviews on the use of SGs in healthcare professions education provided empirical support to the design of SIGN@L (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b). When using SIGN@L, students build logical networks related to AHF (i.e., a chain of elements that explains the relationship between two concepts). Building logical networks can help develop students' knowledge of AHF as well as a rational or credible line of reasoning. The SG features 23 grids of varying dimensions (e.g., 2x2, 3x3, 5x5). Each square in a grid represents a different concept that may or may not be part of the logical network. For example, students may be asked to build a logical network in a 2x3 grid to connect the concepts "arterial hypertension" and "left ventricular hypertrophy." Students would need to connect the following squares: 1) arterial hypertension (start), 2) increased aortic pressure; 3) increased left ventricular afterload, 4) left ventricular hypertrophy (end; see Supplementary Digital Content 1 for a screenshot).

For this study, two prototypes of SIGN@L were developed. The SIGN@L-A prototype included all design elements described by Alexiou et Schippers (2018), which are game mechanics (i.e., goals, feedback, and rewards), a narrative (i.e., a protagonist, secondary characters, and narrative events), and aesthetics (i.e., functional and hedonic aesthetics). The SIGN@L-B prototype only included essential elements for participants to interact with the SG: minimal game mechanics (i.e., goals, feedback) and functional aesthetic. This allowed participants to interact in a similar way with both prototypes while isolating the playful approach to SIGN@L-A. Thus, this made it possible to specifically assess the contribution of the playful approach of a SG on learning outcomes. The operationalization of each element is presented in Table 9 (p. 153).

Based on clinical guidelines (Ezekowitz et al., 2017; Mebazaa et al., 2016; Yancy et al., 2017), the first author developed the clinical content of the prototypes which was then reviewed for clarity and accuracy by two cardiac nursing professors and three cardiac nurse practitioners. Minor modifications were made to reduce the amount of text in the hints and to standardize the vocabulary. The first author programmed both prototypes using a game development software

(YoYo Games Ltd, 2021). Once both prototypes were programmed, four doctoral students and a nursing professor installed and tested them on their personal computers. A single bug was identified and resolved before starting the study: completion of the last grid of SIGN@L-B caused the prototype to shut down.

The development and revision of the clinical content took two months, and the programming took over three months. In total, it took about 700 hours of work. The combined cost of the license for a game development software and certain audiovisual elements integrated into SIGN@L-A was around CA\$300.

Tableau 9. – Design elements of SIGN@L-A and -B, based on the model by Alexiou et Schippers (2018)

Elements	SIGN@L-A	SIGN@L-B
<i>Definition</i>		
Game mechanics		
Goals <i>What users are trying to accomplish</i>	Build logical networks that link two concepts related to acute heart failure within 23 grids of varying dimensions.	
Feedback <i>Indications regarding the correctness of actions</i>	Two different sound effects may be heard after a logical network is built, one if it is correct and another if it is wrong.	
Rewards <i>Positive consequences of actions</i>	Points are awarded for each logical network built correctly and lost for each mistake. If enough points are collected in a level, a bronze, silver, or gold emblem is awarded. A bronze emblem is required to progress to the next level.	None
Hints <i>Optional support to guide actions</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. On demand, participants may view the definitions of concepts inside the grids. 2. Once per grid, participants may view one of the squares composing a logical network. 3. In case of a mistake, participants automatically receive information to guide them on the logical network to build. 	None
Narrative		
Protagonist <i>The perspective through which users navigate inside the imaginary world</i>	A nurse recently hired in a fictional cardiac care hospital.	None

Elements	SIGN@L-A	SIGN@L-B
<i>Definition</i>		
Secondary characters <i>Figures controlled by the serious game that populate the imaginary world</i>	Another nurse who guides participants by explaining how to use SIGN@L and by giving them information on the logical network to build, in cases of mistakes.	
Narrative events <i>Situations marking the evolution of the protagonist, the secondary characters, and the imaginary world</i>	<p>Participants progress through four levels symbolized as new care units (i.e., two related to acute coronary syndrome and two related to arterial hypertension) and must care for a total of 23 patients that present signs of acute heart failure.</p> <p>Each mistake in the construction of a logical network leads to clinical deterioration in the corresponding patient; clinical deterioration is symbolized by the image of a “radar” that gradually changes color. Participants can make up to three mistakes per grid before they are told their patient is transferred to an intensive care unit.</p>	None
<i>Aesthetics</i>		
Hedonic aesthetics <i>Audio and visual elements that allow learners to perceive a harmonious and coherent imaginary world</i>	<p>Bright colors and a two-dimension cartoon-like design.</p> <p>An optional background soundtrack accompanies participants throughout their learning experience. Sound effects may be heard when secondary characters speak.</p>	Black and white visuals, except for the green color on the two concepts in each grid that need to be linked together.
Functional aesthetics <i>Audio and visual elements that allow users to interact with the serious game</i>	<p>The game is entirely playable with a computer mouse. A two-to-three-minute tutorial is shown to participants when they first use the game to introduce them to it.</p> <p>Sound effects when users click on something.</p>	Identical, except for the absence of sound effects when users click on something.

Instruments

At enrollment, participants completed a sociodemographic questionnaire and reported on their perceived level of mastery of concepts related to AHF and experience with video games using 0-10 scales. Three instruments in French were used for the quantitative component of the study.

We measured engagement with the User Engagement Scale – Short Form (Fontaine et al., 2020; O'Brien et al., 2018). Four dimensions (i.e., focused attention, perceived usability, aesthetic appeal, feeling of rewards) with three Likert-type items each compose this instrument (1 “Strongly disagree” to 5 “Strongly agree”). An overall engagement score between 1 and 5 (a higher score represents a higher degree of engagement) is calculated by adding the score to each item and dividing by 12. A score from 1 to 5 can also be calculated for each dimension. Researchers that conducted the French translation of this scale reported satisfactory McDonald omega coefficients between 0.77 and 0.89 in a sample of 57 nursing students, supporting its internal consistency (Fontaine et al., 2020). As a proximal measure of engagement, we also considered the self-reported time spent with the SG (in minutes).

We measured intrinsic motivation with the corresponding subscale of the Situational Motivation Scale (Guay et al., 2000). This subscale is composed of four items in the form of Likert-type scales (1 “Strongly disagree” to 7 “Strongly agree”). The overall score of this subscale, which ranges from 1 to 7, is obtained by adding each item score and dividing by four. A higher score represents a higher degree of intrinsic motivation. A satisfactory Cronbach's alpha of 0.93 for the intrinsic motivation subscale was reported in a sample of 907 college students (Guay et al., 2000). As a proximal measure of intrinsic motivation, each participant indicated on a 0 to 10 scale their level of interest in using again the prototype in the future. At the end of their use of both prototypes, participants also indicated which prototype they would be most interested in using again.

We measured clinical reasoning in the context of AHF with an ad hoc questionnaire. We asked participants to construct logical networks in the first 10 grids of the SG, which were the same for both prototypes, that we extracted from the SG and put on an online survey platform. To prevent participants from visually memorizing the path for each grid, we rotated the grids 90 degrees between each of the three measurement times. Each logical network was scored either 0

(incorrect) or 1 (correct), for a total score that could vary between 0 and 10. Participants were not informed of their scores. The clarity and the accuracy of these grids were determined by a team of cardiac nursing professors and cardiac nurse practitioners.

For the qualitative component of the study, we used a semi-structured interview guide based on the concepts (i.e., game mechanics, narrative, and aesthetics) found in the theory of Alexiou et Schippers (2018). Six questions were included in this guide. Participants were asked to describe if they felt more engaged, motivated, or that they learned more using one prototype over another, and to discuss what design elements could explain this difference, if any. They were also asked how each prototype could be improved to offer a more engaging and motivating learning experience. If not mentioned, they were probed on specific design elements. We planned for each interview to last for about 25 minutes; the actual median duration was 23 minutes (interquartile range (IQR): 9).

Data collection and study procedures

Due to the COVID-19 pandemic, all study procedures were online. The study was presented to nursing students in October 2020 during one of their classes. A post was made the same day to the course forum to describe the study and provide students with a link to the consent form. Students were invited to ask questions, to read the consent form, and to indicate if they agreed to participate. Reminders to participate were posted to the course forum at one and three weeks following the initial study presentation.

At T_0 , once students agreed to participate, they were randomly allocated to one of two intervention sequences, starting either with SIGN@L-A or SIGN@L-B. The randomization sequence list was generated by an independent individual using an online program (randomizer.org). Authors did not have access to this list. The first author was only informed by this individual of the intervention sequence assignment for each participant every time a new student consented to participate. Due to the nature of the prototypes evaluated, participants could not be blinded to group allocation. However, participants were not informed about the theoretical basis of the prototypes and that SIGN@L-A could be expected to have a greater contribution than SIGN@L-B on their learning experience, from a theoretical point of view.

At T₁, in the 24 hours following the reception of the consent form, participants received a standardized e-mail inviting them to access the first SG prototype. Participants could install the SG on their personal computer and access it whenever they wanted. They were also encouraged to contact the researchers if they had any issue in installing or playing with the SG. We suggested that participants access at least the first ten grids of a prototype (see Supplementary Digital Content 1 for an example of a grid from each prototype) before completing the associated questionnaire. A single email reminder was sent to participants at four days post-receipt of the T₁ email to encourage use of the SG and data collection.

At T₂, the same procedure as at T₁ was followed, but for the second assigned intervention (SIGN@L-A or SIGN@L-B).

At T₃, all participants who had completed measures for each SG received an email inviting them to participate in an online individual interview with a research assistant. The audio of the interviews was recorded and transcribed as verbatim. Study participants were informed that the research assistant was not involved in the design of the prototypes nor did he have access to the quantitative data they provided to encourage the free expression of their impressions.

Data analysis

SPSS 25.0 software (IBM, Armonk, NY) was used to perform the statistical analyses. Because score distributions were skewed for continuous variables, medians and IQR are reported. Frequencies and percentages are reported for categorical variables. Since this was a first test of these prototypes, no sample size calculation related to statistical power was conducted. Due to the high risk of type II error, no hypothesis testing was performed. Cohen's *r* statistic for paired samples was used to assess the contribution of these prototypes on the outcome variables. Cohen's *r* statistic can take on a value between 0 and 1 and is interpreted as 0 to < 0.1 (negligible effect), 0.1 to < 0.3 (small effect), 0.3 to < 0.5 (medium effect), and ≥ 0.5 to 1 (large effect; Fritz et al., 2012). Regarding the clinical reasoning scores, due to the risk of carryover effect, we compared the evolution of these scores at each data collection time point for each group. This allowed us to observe if there were important differences in clinical reasoning scores between groups across

study periods (and which could have suggested a prototype had a greater contribution than the other one).

Interview transcripts were imported in MAXQDA 2020 (VERBI GmbH, Germany) and analyzed based on the methods described by Miles et al. (2014), which includes data condensation, data display, and drawing and verifying conclusions. The trustworthiness of qualitative findings was based on the four criteria suggested by Bradshaw et al. (2017). First, confirmability is supported by the description of methods and by the inclusion of verbatim to support results. Second, data analysis was conducted by the first authors in close collaboration with the second and third author over a period of six months to ensure reliability. Reliability is also favored by the natural context in which the SG prototypes were used by participants. However, because some participants reported not remembering certain elements of the prototypes, findings may be subject to a recall bias. Third, findings are coherent with the model at the basis of the SG prototypes and, when findings appeared incoherent with it, explanations were sought from participants to favor the credibility of the findings. Fourth, the characteristics of participants were described in detail for readers to assess the transferability of findings.

Results

Twenty-eight nursing students consented to participate in the study and were randomized. Fourteen participants (50%) provided quantitative data at all time points and ten accepted to be interviewed. The flow of study participants is presented in Figure 16 (p. 160). Participants' characteristics at baseline are provided in Table 10 (p. 158). Both groups were comparable at baseline.

Tableau 10. – Participants' sociodemographic characteristics at baseline

	A then B (<i>n</i> = 14)	B then A (<i>n</i> = 14)	Overall (<i>n</i> = 28)
Female, <i>n</i> (%)	12 (86)	14 (100)	26 (93)
Age, median (IQR)	25.0 (8.0) ¹	23.0 (6.0)	24.0 (7.0) ²
Program type, <i>n</i> (%)			
- Initial training	11 (79)	9 (64)	20 (71)
- Integrated training	3 (21)	5 (36)	8 (29)
Currently practicing as a nurse, <i>n</i> (%)	3 (21)	5 (36)	8 (29)

	A then B (n = 14)	B then A (n = 14)	Overall (n = 28)
Mastery of AHF concepts, <i>median (IQR; 0-10)</i>	6.0 (1.0)	7.0 (1.0)	7.0 (1.0)
Experience with video games, <i>median (IQR; 0-10)</i>	5.0 (5.0)	5.0 (2.0)	5.0 (3.0)
Clinical reasoning, <i>median (IQR; 0-10)</i>	7.5 (5.0) ³	7.5 (6.5)	7.5 (5.5) ⁴

Note. AHF : acute heart failure; IQR : interquartile range

¹ n = 12; ² n = 26; ³ n = 10; ⁴ n = 24.

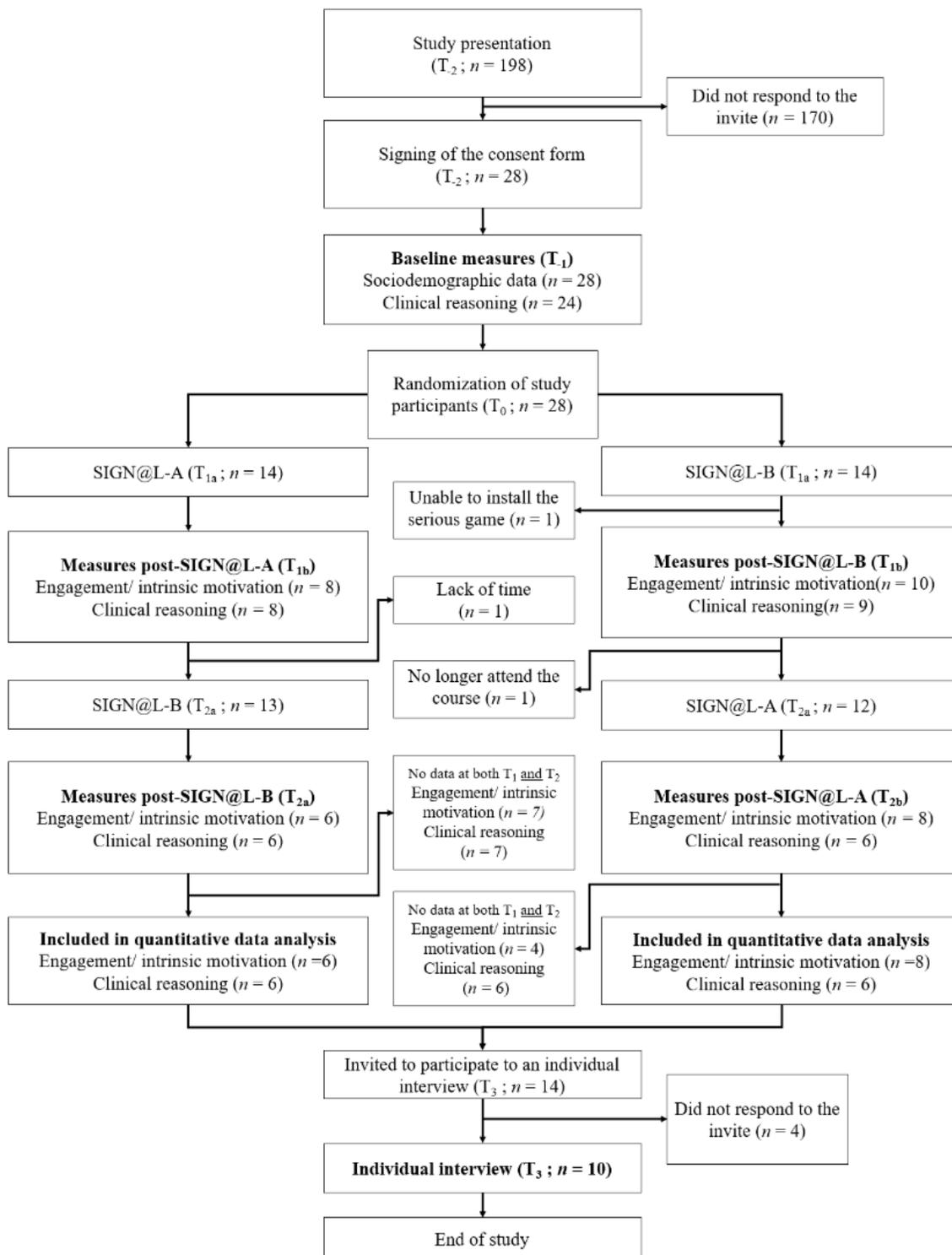


Figure 16. – Flow of study participants

Considering the high attrition rate, sociodemographic characteristics of participants who dropped out of the study ($n = 14$) were compared to those who completed the study procedure. Six out of eight participants who were already registered nurses dropped out. Furthermore, participants who dropped out tended to have lower clinical reasoning scores at baseline (median 6.0; IQR 8.0) compared to other participants (median 8.0; IQR 2.0). No other difference was observed.

Quantitative results

Quantitative results are reported in Table 11 (p. 161). We identified large effect sizes in favor of SIGN@L-A for engagement, intrinsic motivation, and interest in using this SG again. In addition, we identified a small effect size in favor of SIGN@L-B for the self-reported number of minutes spent using the SG. Almost all participants reported that they preferred SIGN@L-A over -B.

We identified a small-to-negligible effect size in favor of SIGN@L-B for clinical reasoning. When considering median clinical reasoning scores at different time points, negligible differences were found between groups at each time point (SIGN@L-A then SIGN@L-B, T_0 : 7.5, T_1 : 8.5, T_2 : 9.0; SIGN@L-B then SIGN@L-A, T_0 : 7.5; T_1 : 9.0; T_2 : 9.5). Furthermore, when looking only at the clinical reasoning scores before the crossover period and at a between-subject level, differences remain negligible (r -0.09).

Tableau 11. – Outcome results for each serious game prototype

	SIGN@L-A	SIGN@L-B	r
	$(n = 14)$		
Engagement (1-5)	4.3 (1.4)	3.5 (1.1)	0.83*
Attention (1-5)	3.7 (1.4)	3.3 (1.5)	0.64*
Usability (1-5)	4.8 (1.3)	3.7 (1.5)	0.50*
Aesthetics appeal (1-5)	4.0 (1.2)	2.8 (1.2)	0.80*
Feeling of reward (1-5)	4.2 (1.0)	4.0 (0.8)	0.78*
Intrinsic motivation (1-7)	5.0 (1.9)	4.1 (1.6)	0.70*
Interest to use this serious game again (0-10)	8.0 (5.0)	6.0 (2.8)	0.63*
Minutes spent using the serious game	17.5 (16.3)	20.0 (16.3)	0.24
Clinical reasoning ¹ (0-10)	9.0 (2.8)	9.0 (2.8)	0.10
Preferred SIGN@L-A, n (%)	13 (92)		

Note. Medians and interquartile ranges are reported unless specified otherwise.

*In favor of SIGN@L-A

¹n = 12

Qualitative findings

During individual interviews, participants reflected on their use of each prototype and described the contribution that each prototype and specific elements of their design had on their engagement, intrinsic motivation, and learning.

Game mechanics

Participants reported that making mistakes while building logical networks made them reconsider their existing knowledge, acquire new knowledge to be able to build these networks, and allowed them to make connections between existing knowledge. Yet, the distribution and position of concepts within the grids gave indications regarding the expected logical networks, which could reduce the contribution of this game mechanic to the development of their clinical reasoning:

Building the networks was fun. But I feel that it also kind of gives you the answers. If you cannot go up because it doesn't make sense, then you will go to the side because that is the answer that makes the most sense. There is this process of elimination whereas, if each element was not associated with one another, you would have to order them and you would really need to use your clinical reasoning.²

Participants mentioned that the repetition of grids between SIGNAL-A and SIGNAL-B contributed to their learning by allowing them to further review AHF concepts. However, they also felt that this repetition negatively affected their level of attention and fun, both concepts being linked to cognitive engagement or intrinsic motivation.

Participants reported that the hints integrated in SIGN@L-A allowed them to obtain optional support in reaching goals. However, some participants did not remember that hints were available, and others reported not using them at all. These participants believed that they had mastered the concepts of AHF enough that they did not feel the need to seek support.

² L'éditeur du périodique retenu pour la soumission de cet article ne permet pas l'attribution d'un verbatim à une participante ou un participant spécifiquement de l'étude. Le n° de la participante ou du participant auquel se rapporte un verbatim n'est donc pas indiqué.

Earning points allowed participants to feel pleasure, joy, and a sense of accomplishment. Some participants reported trying to get as many points as possible and repeat a level as often as necessary to achieve this, which can be linked to their intrinsic motivation:

Yes, I wanted my 3 stars for each level and if I didn't have all my points, I would start the level again.

However, the meaning of the emblems was not clear to many participants who saw them as a repetition of the points.

Narrative

Participants described that the fact that SIGN@L-A took place in a hospital made their experience more interesting and fun. Taking on the role of a nurse brought them a sense of responsibility as if they were in real clinical practice; they felt a duty to take care of the patients. When a patient started to deteriorate due to a mistake they made, they reported paying more attention to the grids. Yet, some participants did not remember that patients could deteriorate and believed that they probably did not make enough mistakes to notice this element.

Participants greatly appreciated that SIGN@L-A was divided in levels and that they could easily situate themselves (i.e., what they had achieved and what they still needed to accomplish). In contrast, participants described a sense of length in SIGN@L-B as they kept wondering when they would reach the end. One participant summarized this aspect:

In SIGN@L-A, there was a final goal to reach, and there were like four levels in between. This motivated you to go to the second level where there was another disease also. Whereas, in SIGN@L-B, you just kept doing the same thing repeatedly and you did not know when it was going to end.

Furthermore, the levels of SIGN@L-A and their title (all associated with causes of AHF) allowed participants to contextualize the logical networks to specific diseases, which they felt had a positive impact on their learning.

Aesthetics

Participants had mixed feelings about the contribution of the hedonic aesthetics to their use of SIGN@L-A. Some participants reported that the presence of a two-dimensional cartoonish visual

and a soundtrack was relaxing and supported their immersion in the SG. The following participant talked about how the visual rendering of SIGN@L-A helped reduce their stress:

It looked like cartoon characters from kid shows. [...] Maybe it was less stressful because they were cartoons. I felt like it was softer, not aggressive, and made you feel like playing. It is not like real people or doctors and there was no stressful music. It makes you want to learn when the environment is less stressful.

However, others reported that the audiovisual rendering was distracting to them and could hinder their attention during the construction of logical networks.

Regarding functional aesthetics, both prototypes were described as easy to use even if most participants reported having read quickly or not entirely the tutorial. Since only in SIGN@L-A could participants hear sound effects when clicking on something, participants regretted the absence of this element in SIGN@L-B. Thus, they reported that they were unsure whether the SG had recorded their actions correctly. When they made a mistake in constructing a logical network, they wondered whether their reasoning was at fault or if it was an error of manipulation.

Discussion

In this study, we developed the SG prototype SIGN@L-A to offer an engaging and motivating learning experience for nursing students to develop their clinical reasoning in the context of AHF. We found that participants had higher levels of engagement and motivation to use the prototype that fully integrated a playful approach, rather than the one with limited integration of it. However, negligible differences in clinical reasoning scores were found after the use of each prototype. Qualitative findings suggest that participants felt that they learned by constructing logical networks in the prototypes. The division of SIGN@L-A in levels and with a clear end were particularly appreciated by participants who could easily situate their progression. The two-dimensional cartoonish visual rendering was perceived as either relaxing or distracting. According to recent reviews, this is one of the first studies in healthcare education to provide empirical data on the contribution of specific design elements stemming from a playful approach in SGs (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Xu et al., 2021).

In line with characterizations of SGs as engaging and motivating (Ellaway, 2016; Tettegah et al., 2015), participants reported higher engagement and intrinsic motivation with SIGN@L-A, the SG

prototype that included all elements from a playful approach (Alexiou et Schippers, 2018), rather than SIGN@L-B. This is in contrast with the results of a systematic review that suggested wide differences in the effect of SGs on engagement and intrinsic motivation (Maheu-Cadotte et al., 2021a). One potential explanation for this contrasting result might be the lack of conceptual clarity surrounding SGs (Maheu-Cadotte et al., 2020; Panzoli et al., 2017; Tettegah et al., 2015) and the absence of a theoretical framework to support most SGs (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Xu et al., 2021). Since SIGN@L-A had a greater contribution than SIGN@L-B on engagement and intrinsic motivation, these results suggest that differences in SGs contribution could be attributed to the absence or limited integration of a playful approach in previous SGs. Indeed, authors have expressed concerns about the integration of a playful approach in SGs (Arnab et al., 2015; Giessen, 2015), which often appears as an afterthought during the design phase. As our sample was small and since we did not aim to test hypotheses, the contribution of a playful approach should be further evaluated in experimental studies with larger samples.

Contrary to what is suggested in the model by Alexiou et Schippers (2018), higher intrinsic motivation and engagement with SIGN@L-A did not lead to better learning outcomes (i.e., higher clinical reasoning scores) compared to SIGN@L-B. Methodologically, this could be explained by the small sample size, the high dropout rate, and relatively high clinical reasoning scores at baseline (ceiling effect). From a theoretical point of view, it is possible that the time needed to reach all goals was not long enough for participants' level of engagement and intrinsic motivation to become important factors in the development of their clinical reasoning. Engaged and motivated users are expected to show greater persistence in an activity and invest more time and effort in it. Thus, users' persistence in trying to successfully reach the goals of a SG should lead to better learning outcomes (Garris et al., 2016). However, since each prototype use was only around 20 minutes, even poorly motivated or engaged users may have been able to interact with the entirety of the prototypes (Eseryel et al., 2014). Empirically, a recent review found a weak, statistically significant association between motivation and learning outcomes (Brom et al., 2018). Thus, large differences between the two prototypes in terms of intrinsic motivation may not have been sufficient to lead to a measurable difference in clinical reasoning scores. Regarding engagement, heterogeneous definitions of this concept preclude comparisons across studies of its

relationship with learning outcomes (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Perski et al., 2017). Future research is needed to describe the association between engagement, motivation, and the development of clinical reasoning. Current evidence points to weak associations (in the case of motivation) or is largely theoretical (in the case of engagement).

Qualitative findings suggest that SG goals that do not focus solely on clinical situations in which users must care for realistic virtual patients can still have a positive contribution to nursing students' clinical reasoning. Providing care to realistic virtual patients is frequently seen in a popular subset of SGs sometimes referred to as simulation games (Havola et al., 2020; Koivisto et al., 2018; Maheu-Cadotte et al., 2020). Participants described how building logical networks challenged their existing knowledge, led them to seek new knowledge, and helped them make connections in their knowledge. Building logical networks sits at the interface of reality and fantasy. On one hand, it is related to the cognitive process of clinical reasoning and is very much expected of nursing students when they enter clinical practice. On the other hand, this game mechanic incorporates a fantasy aspect, i.e., some differences with reality, since building logical networks inside grids is not actually expected from nurses in clinical practice. Furthermore, it is obviously a fantasy that only and specifically after three reasoning errors, all patients will automatically need to be sent to an intensive care unit. The right balance between realism and fantasy in SGs is still unknown. Trying to mirror our reality too closely presents a risk of distorting the nature of a serious game and negatively affecting users' engagement and intrinsic motivation (Garris et al., 2016). Still, the SG must target knowledge and skills that are used in real life.

According to Lee (2015), there are two major types of fantasy: portrayal fantasy and creative fantasy. The fact that the fantasy aspect in SIGN@L-A was more closely related to *portrayal fantasy*—a reconfiguration of the rules and attributes of the real world that can be recognizable to users—and not *creative fantasy*—the creation of totally new rules and attributes—may explain why participants felt that they were able to learn while remaining engaged and motivated. Indeed, participants appreciated that the narrative of SIGN@L-A was taking place inside a hospital center and that the protagonist was a nurse, two realistic components of the narrative that provided them with a sense of responsibility. Studies that compare the effect of SGs that

incorporate portrayal or creative fantasy are still needed to compare the contribution that each can have on nursing students' engagement, intrinsic motivation, and clinical reasoning.

Participants were mitigated about the use of a two-dimensional cartoonish design for SIGN@L-A. Although some felt that that this type of rendering was relaxing, others felt distracted by it. We opted for this type of visual rendering based on arguments that a highly realistic visual rendering could cause a cognitive overload in participants and impede their learning experience as they start focusing on elements possibly irrelevant to their goals (Dankbaar et al., 2016). Authors have suggested that SGs should include a visual rendering *relevant* to the goals and that a high level of realism is not necessary to engage and motivate users (Alexiou et Schippers, 2018). Since study participants appreciated the option to turn off the audio in SIGN@L-A, an option to tone down the visual rendering could be integrated and tested in future developments, for example by allowing participants to remove background elements. Besides, gradually getting users accustomed to a more complex visual rendering as they use a SG may decrease their mental effort (Dankbaar et al., 2016). Such variations in SG visuals could be explored and tested in experimental studies.

Strengths and limitations

Internal validity of study findings is strengthened by the fact that we obtained two comparable groups of participants at baseline through randomization. Engagement and intrinsic motivation were also measured with content-validated instruments that showed satisfactory internal consistency in previous studies (Fontaine et al., 2020; Guay et al., 2000). Transparency of research methods is enhanced by the prospective registration of the study protocol and their reporting according to recognized guidelines. (Dwan et al., 2019; Tong et al., 2007)

Interpretation of the study findings should be made considering the following limitations. This was a first test of the SG prototypes with a small sample. Thus, we did not formally test hypotheses, nor did we report results in terms of statistical significance due to the high risk of type II error. Also, we had a 50% rate of dropouts, which can introduce biases due to missing outcome data. Since participants who dropped out generally had lower clinical reasoning scores at baseline than those who stayed, data do not appear to be missing at random. Studies with

crossover designs are at risk of important dropout rates since they are generally longer than parallel-group studies (Higgins et al., 2021b) and may thus become burdensome to participants (Houghton et al., 2020). We had expected that the possibility to use the prototypes and complete the online questionnaires at the time and place of their choosing would mitigate possible dropout rates. However, the study was also conducted during the COVID-19 pandemic and nurses, as well as nursing students, were heavily solicited by healthcare settings (Bohsra, 2020). This may have affected their willingness to participate or stay in the study. Of the 198 students presented with the study, only 28 (14%) agreed to participate. Furthermore, the study was conducted with students from a single course in a single academic setting, and we used a convenience sampling method, which may limit the external validity of results.

Conclusion

We developed an evidence- and theory-based SG called SIGN@L. We found that participants reported higher engagement and intrinsic motivation to use a prototype of SIGN@L that fully integrated a playful approach rather than another prototype in which the integration was limited. However, differences in clinical reasoning scores between prototypes were negligible after using both prototypes. Since quantitative findings were obtained from a small sample and due to the high dropout rate, these findings should be replicated in larger samples. Researchers should assess the contribution that engagement and intrinsic motivation can have on the development of clinical reasoning since current empirical evidence is limited and inconclusive on that matter. Researchers should explore the integration of different types of fantasy, portrayal or creative, in SG design. The impact of different visual styles in SGs on mental effort and its impact on engagement, intrinsic motivation, and clinical reasoning development should also be assessed.

Complément de résultats à l'article n° 3

En complément des résultats présentés dans l'article n° 3, nous présentons d'abord une analyse des résultats obtenus sur le plan des variables mesurées, et ce, en fonction de la séquence de prototypes à laquelle les participantes et participants ont été randomisés. Ceci permet de considérer si les résultats ont pu être influencés par la séquence dans laquelle les prototypes ont été offertes. Ensuite, nous explorons, de manière post hoc, les associations entre les variables mesurées. Ceci permet de considérer si les scores aux variables étaient associés entre eux, tel que proposé dans le modèle d'Alexiou et Schippers (2018). En l'absence de différences importantes entre les scores de RCI en contexte d'ICA à la suite de l'utilisation de chaque prototype, de telles analyses permettent d'explorer si des associations ont tout de même pu être observées entre l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA (comme théorisé par le modèle retenu). Nous présentons finalement une version détaillée et schématisée des résultats qualitatifs de l'étude.

Appréciation quantitative de l'apport des couches constitutives du jeu sérieux

Le Tableau 12 (p. 170) présente les résultats quantitatifs de l'étude pour les 14 participantes et participants qui ont fourni des données quantitatives à chacun des temps de mesure, et ce, en fonction de la séquence d'interventions à laquelle ils avaient été répartis. Ces données indiquent que les tailles d'effet pour les variables d'engagement, de motivation intrinsèque et d'intérêt à utiliser de nouveau un prototype sont toujours en faveur de SIGN@L-A, et ce, peu importe la séquence d'attribution. Notons que la durée médiane d'utilisation diminue au deuxième prototype, et ce, peu importe la séquence d'attribution. Finalement, comme mentionné dans l'article présentant les résultats, les scores de RCI en contexte d'ICA continuent de s'améliorer après l'utilisation de chaque prototype, et ce, sans différence importante entre les deux séquences.

Nous avons également exploré si le délai de réponse entre l'achèvement des questionnaires à la suite de l'utilisation de chaque prototype variait entre chaque groupe (et qui pourrait suggérer un effet de report plus grand dans un groupe que dans l'autre dû à une période de *washout*

différente). Une différence de négligeable à petite a été identifiée (SIGN@L-A puis -B, médiane : 10,5, écart interquartile : 16,8; SIGN@L-B puis -A, médiane : 8,0, écart interquartile : 16,5; r de Cohen : -0,14).

Tableau 12. – Différences intra-individus aux variables de résultat en fonction de la séquence d'attribution des interventions de formation

	SIGN@L-A	SIGN@L-B	r	SIGN@L-B	SIGN@L-A	r
	(n = 6)			(n = 8)		
Engagement (1-5)	3,5 (0,6)	3,2 (0,9)	0,73*	3,6 (1,3)	4,7 (0,8)	0,89*
Attention (1-5)	3,3 (0,9)	3,5 (1,5)	0,44*	3,2 (1,7)	4,3 (1,5)	0,84*
Utilisabilité (1-5)	4,0 (1,7)	3,7 (0,8)	0,09*	4,2 (2,3)	5,0 (0,3)	0,78*
Esthétique (1-5)	3,7 (1,3)	2,8 (1,2)	0,65*	2,8 (1,7)	5,0 (1,0)	0,84*
Gratification (1-5)	4,0 (0,4)	4,0 (1,7)	0,67*	4,0 (0,5)	5,0 (0,9)	0,86*
Motivation intrinsèque (1-7)	4,8 (1,7)	4,0 (1,6)	0,52*	4,1 (1,4)	5,5 (2,4)	0,82*
Intérêt à réutiliser cette version du jeu sérieux (0-10)	5,0 (3,0)	4,0 (3,0)	0,45*	7,0 (2,0)	9,5 (2,0)	0,80*
Nombre de minutes passées à utiliser le jeu sérieux	22,5 (23,0)	17,5 (18,0)	0,83*	25,0 (15,0)	15,0 (23,0)	0,15
Raisonnement clinique infirmier (0-10)	8,5 (3,3)	9,0 (1,5)	0,41	9,0 (3,3) ¹	9,5 (2,5) ¹	0,20*

Note. Des médianes et des écarts interquartiles sont rapportés.

* En faveur de SIGN@L-A

¹ n = 6

Exploration de l'association entre les variables de résultats

Nous avons exploré l'association entre les variables de résultats. Les Tableaux 13 et 14 (p. 171) présentent les associations identifiées. Dans le paragraphe qui suit, nous décrivons les associations fortes.

Nous avons identifié des associations fortes et positives entre le niveau de motivation intrinsèque et le score global d'engagement lors de l'utilisation des deux prototypes. De plus, nous avons identifié une association forte et positive entre le niveau de motivation intrinsèque et l'intérêt à utiliser de nouveau un prototype pour chacune de ceux-ci. Pour SIGN@L-A, nous avons identifié une association forte et positive entre le score d'engagement global et l'intérêt à utiliser de

nouveau ce prototype. Pour SIGN@L-B, cette association s’approchait du seuil proposé par Schober et al. (2018) pour être considérée comme forte. Les associations entre le RCI en contexte d’ICA et les autres variables de résultats allaient de faibles (pour la motivation intrinsèque et le nombre de minutes passées à jouer) à moyennes (pour l’intérêt à utiliser à nouveau le jeu sérieux) ou n’étaient pas constantes entre les prototypes (pour l’engagement, la motivation intrinsèque et l’intérêt à réutiliser l’intervention de formation).

Tableau 13. – Associations entre les variables de résultat post-utilisation de SIGN@L-A ($n = 16$).

	RCI ¹	EG	MI	MIN
EG	-0,28			
MI	-0,16	0,75		
MIN	0,03	-0,17	0,21	
INT	-0,32	0,81	0,68	-0,30

Note. En gras, association forte ($> 0,5$) d’après les barèmes de Schober et al. (2018).

EG : Engagement global; INT : Intérêt à utiliser de nouveau le jeu sérieux; MI : Motivation intrinsèque; MIN : Nombre de minutes passées à utiliser le jeu sérieux : RCI Développement du raisonnement clinique infirmier (calculé d’après la différence des scores immédiats avant et après l’utilisation de SIGN@L-A).

¹ $n = 14$

Tableau 14. – Associations entre les variables de résultat post-utilisation de SIGN@L-B ($n = 16$).

	RCI ¹	EG	MI	MIN
EG	0,03			
MI	0,06	0,68		
MIN	0,18	-0,09	-0,02	
INT	0,32	0,41	0,61	0,25

Note. En gras, association forte ($> 0,5$) d’après les barèmes de Schober et al. (2018).

EG : Engagement global; INT : Intérêt à utiliser de nouveau le jeu sérieux; MI : Motivation intrinsèque; MIN : Nombre de minutes passées à utiliser le jeu sérieux : RCI Développement du raisonnement clinique infirmier (calculé d’après la différence des scores immédiats avant et après l’utilisation de SIGN@L-A).

¹ $n = 15$

Version détaillée et schématisée des résultats qualitatifs

Nous présentons ici une version détaillée et schématisée des résultats qualitatifs de l’étude. À titre de rappel, les entrevues individuelles visaient à apprécier, de manière qualitative, l’apport

des couches constitutives du jeu sérieux, d'après Alexiou et Schippers (2018), sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. Les résultats sont donc rapportés d'après les éléments qui composent chacune des couches constitutives du jeu sérieux, soit les mécaniques de jeu, la trame narrative et l'esthétique.

Mécaniques de jeu

Les mécaniques de jeu comprennent trois éléments d'après Alexiou et Schippers (2018) : les objectifs, les récompenses et les rétroactions. Bien que les indices soient traités comme un sous-élément des objectifs d'après ce modèle, nous les traitons indépendamment étant donné la richesse des propos des participantes et participants à ce sujet. Les résultats liés à l'apport des mécaniques de jeu sont illustrés dans la Figure 17 (p. 173).

Objectifs

Les objectifs réfèrent à ce que l'utilisatrice ou l'utilisateur tente d'accomplir ou les résultats souhaités au travers de la réalisation d'actions (Alexiou et Schippers, 2018). Dans SIGN@L-A et SIGN@L-B, les objectifs étaient de construire des réseaux logiques entre deux concepts composant des grilles. Les participantes et participants ont rapporté que ce type d'objectif était adapté à leur niveau, puisque la construction de réseaux logiques s'appuyait sur leurs connaissances antérieures de l'ICA. Les connaissances acquises dans le cadre du cours de soins critiques leur auraient permis de construire plus facilement les réseaux logiques. À l'inverse, il aurait peut-être été difficile de les construire sans avoir abordé antérieurement l'ICA :

Je suis en train de faire le cours de soins critiques, j'avais déjà vu cette matière-là. Pour quelqu'un qui n'a jamais vu cette matière-là, ça va être difficile. Et, pour quelqu'un disons que ça fait des années qu'il travaille là-dedans, peut-être que ça va être facile – trop facile – pour lui. Mais pour moi, c'était un bon niveau en tant qu'étudiante. (P03-L65)

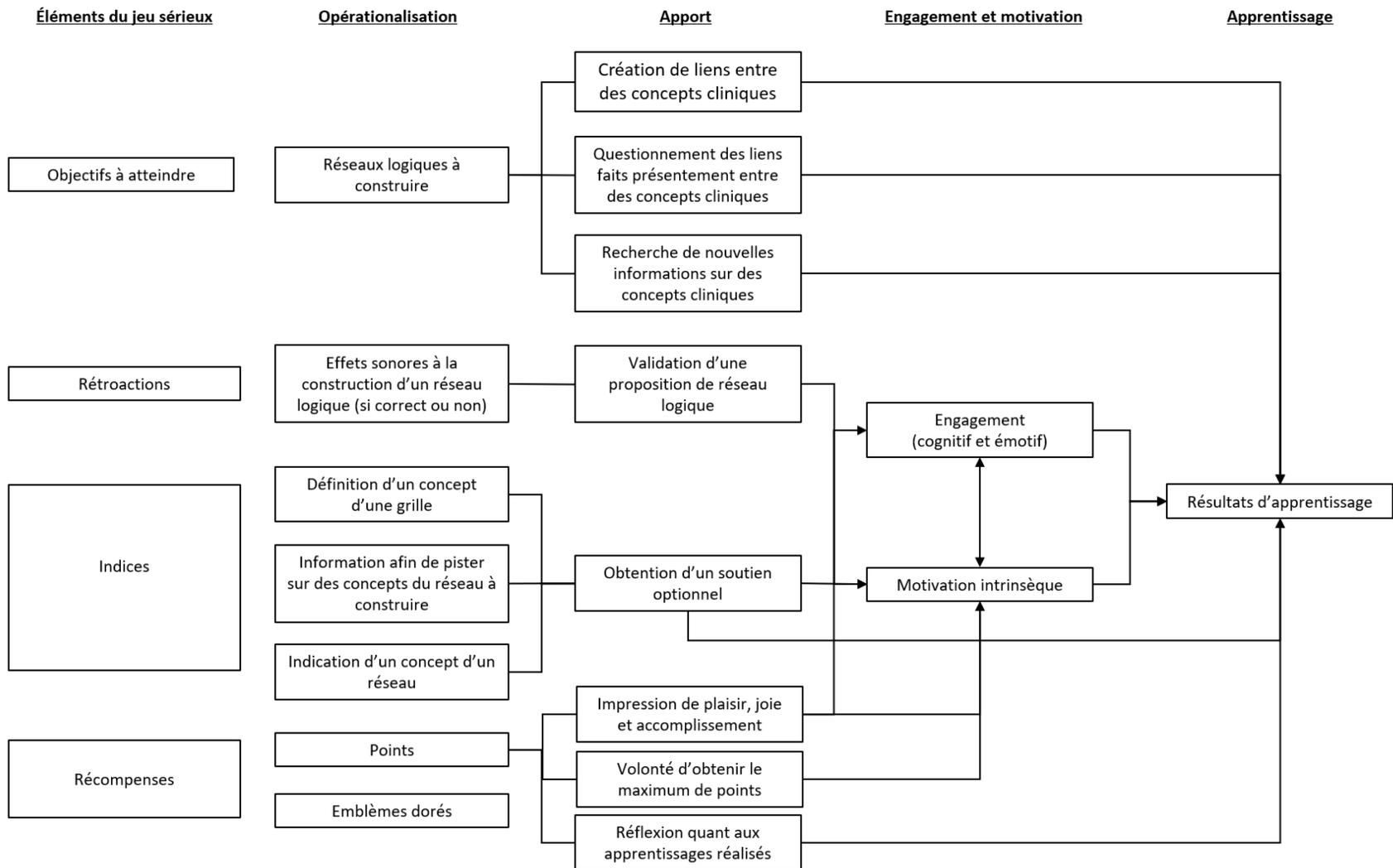


Figure 17. – Apport des mécaniques de jeu à l'engagement, la motivation intrinsèque et à l'apprentissage

En plus de solliciter leurs connaissances antérieures, les participantes et participants ont rapporté que la construction de réseaux logiques avait un apport positif sur leur apprentissage en leur permettant de faire des liens de trois manières. Premièrement, cela leur permettait de faire des liens entre des concepts sur le plan de l'hémodynamie ou de la physiopathologie de l'ICA. Deuxièmement, cela leur permettait de remettre en question les liens qu'ils faisaient entre des concepts en cas d'erreur :

Tu as toujours plusieurs possibilités. Puis, quand tu ne réussis pas, de toute manière, tu vas te reposer des questions. Donc, tu vas peut-être changer ta façon de raisonner. [...] Quand tu vas finir par avoir le bon résultat, tu vas te dire [que] ce n'est pas comme ça qu'il fallait réfléchir, c'était plus tel chose qui influençait telle chose. (P14-L28)

Troisièmement, lorsqu'ils ne savaient pas la réponse, cela les incitait parfois à aller chercher eux-mêmes des informations sur des concepts liées à l'ICA. Cela leur permettait d'acquérir les connaissances nécessaires pour construire un réseau logique :

Ça m'a fait travailler. Il y a certains bouts qu'on n'a pas vus en soins critiques. Tout ce qui est avec la fonction hépatique, ce n'est pas quelque chose qu'on a couvert. Fait que là, j'ai revérifié un peu sur internet, tout ça, pour faire les liens. (P27-L41)

Sur le plan des grilles, les participantes et participants ont décrit trois caractéristiques qui ont aidé ou eu un apport mitigé à leurs résultats d'apprentissage. D'abord, il a été noté que la présence de certains concepts plutôt que d'autres dans les grilles les orientait vers les concepts les plus pertinents à maîtriser. En décrivant sa difficulté à identifier parfois les concepts importants lorsqu'elle lit un texte, une participante a rapporté que l'intégration de certains concepts dans les grilles l'orientait vers ce qu'il était important de connaître :

Les schémas sont déjà faits [...] comme les concepts sont là. Il y a des éléments que parfois [lorsque je lis], je ne sais pas si je dois les connaître ou si c'est trop poussé. Par exemple, en choc, quand c'est la phase réfractaire, c'est super fascinant, mais ce n'est pas pertinent pour le cours. (P06-L79)

Toutefois, la disposition des concepts à l'intérieur des grilles (c'est-à-dire l'endroit où les concepts étaient positionnés à l'intérieur d'une grille) pouvait orienter les participantes et participants vers le réseau logique attendu lorsque certains concepts leur semblaient moins pertinents à considérer. Conséquemment, l'apport de la construction de réseaux logiques sur leurs résultats

d'apprentissage pouvait être moindre alors que cette mécanique de jeu offrait en soi une certaine forme de soutien vers la réponse attendue.

Par ailleurs, les grilles étaient identiques entre SIGN@L-A et SIGN@L-B. Plusieurs participantes et participants ont remarqué cette répétition, mais son apport n'était pas le même pour toutes et tous. De manière plus positive, certains ont rapporté que la répétition des grilles leur permettait de réviser davantage la matière abordée. De manière plus négative, certains ont rapporté que la répétition diminuait leur attention et leur plaisir. Nous associons respectivement ces deux concepts à l'engagement et à la motivation intrinsèque. Une participante a rapporté :

J'avais vraiment du fun dans [SIGN@L-A] puis je suis passé à [SIGN@L-B]. Et là, j'ai fait : « Ah, bien... C'est la même affaire, mais j'ai moins de fun. » Donc je n'ai pas fini tous les *puzzles*, tous les tableaux. (P07-L15)

Sur le plan de la longueur, plusieurs participantes et participants ont trouvé que la durée d'utilisation de chaque prototype était courte. Ils ont suggéré qu'une future version de SIGN@L intègre davantage de grilles et de réseaux logiques à construire afin de diminuer l'impression de répétition. Ils ont notamment suggéré d'ajouter davantage de réseaux en lien avec la médication ou les interventions infirmières en situation d'ICA. Des participantes et participants ont également suggéré que SIGN@L intègre éventuellement d'autres maladies que l'ICA.

Rétroactions

Les rétroactions sont des réponses qui sont offertes par l'intervention de formation et qui portent sur l'exactitude des actions posées par l'utilisatrice ou l'utilisateur afin d'atteindre les objectifs. Dans les deux prototypes, les rétroactions prenaient la forme d'effets sonores lorsque l'utilisatrice ou l'utilisateur construisait un réseau logique. Ces effets sonores différaient si le réseau logique construit était correct ou non. Ils étaient les mêmes dans les deux prototypes.

Les participantes et participants ont rapporté que les effets sonores leur permettaient de saisir si le réseau logique construit était le bon. Conséquemment, la confirmation de l'exactitude du réseau logique les a motivés à persévérer. Bien que les effets sonores étaient les mêmes pour les deux prototypes, des participantes ou participants ont davantage remarqué sa présence dans SIGN@L-A :

La version A était beaucoup plus motivante. Un, parce que tu pouvais savoir si t'étais sur la bonne piste ou pas [...] j'ai trouvé ça beaucoup plus motivant de savoir si c'était la bonne réponse, c'est-à-dire le bon trajet. (P09-L08)

Une participante a rapporté que l'effet sonore en cas d'erreur pouvait causer de la frustration alors que celui-ci ressemblait davantage à un signal d'avertissement. Par ailleurs, certains participantes et participants ont eu de la difficulté à distinguer les effets sonores qui indiquaient que le réseau logique était correct ou incorrect, ce qui a entraîné de l'incertitude.

Indices

Les indices représentent un soutien optionnel offert à l'utilisatrice ou l'utilisateur pour le guider dans ses actions, par exemple en lui rappelant certaines informations ou en attirant son attention sur des concepts particuliers. Dans SIGN@L-A, trois indices étaient offerts : 1) une information afin de pister l'utilisatrice ou l'utilisateur sur les concepts compris dans le réseau logique à construire, en cas d'erreur; 2) la définition d'un concept dans une grille, à la demande de l'utilisatrice ou de l'utilisateur; 3) l'indication d'un concept composant le réseau logique à construire, à la demande de l'utilisatrice ou de l'utilisateur. SIGN@L-B n'offrait aucun indice.

Les participantes et participants ont rapporté que les indices leur offraient un soutien optionnel en cas d'erreur et leur permettaient de progresser dans SIGN@L-A sans se décourager en raison des erreurs, ce qui peut être associé à leur motivation intrinsèque :

Je pense que c'était plus motivant. [...] Quand on avait des mauvaises réponses, [...] on pouvait avoir des indices ou [...] il y avait comme plus d'outils pour nous aider à réussir. [...] J'avais les réponses, puis je pouvais continuer au lieu d'être découragé et de simplement dire : « Ah, bien là, je ne l'ai pas eu, donc il faut que je recommence du début. » (P13-L20)

Les participantes et participants ont rapporté que l'offre d'une information sur les concepts compris dans le réseau logique à construire, en cas d'erreur, et la définition d'un concept dans une grille, à leur demande, avaient un apport positif sur leurs résultats d'apprentissage en leur permettant d'acquérir des connaissances sur des concepts liés à l'ICA. L'absence de ces indices dans SIGN@L-B a d'ailleurs été déplorée :

Par exemple, je suis arrivée à une grille et je ne savais pas vraiment la matière liée au réseau à construire. De plus, je n'avais pas d'indice pour me guider vers le réseau qui

était attendu. Je n'avais pas envie d'ouvrir mes manuels non plus. Mais, avec les indices [dans SIGN@L-A], ça m'a vraiment aidé. OK, c'est ça la piste qu'on veut employer pour se rendre jusqu'à la fin. (P06-L30)

Donc, il y avait des choses que je n'avais pas vues du tout et j'essayais de faire le lien, mais ça ne marchait pas... Donc, avoir l'indice, bien ça m'a aidé à comprendre que, par exemple, tel mot c'est ça dans le fond, puis de réussir finalement. Versus, dans [SIGN@L-B], bien il n'y avait pas cette possibilité-là. (P09-L28)

Des participantes et participants n'ont toutefois pas remarqué que des indices étaient offerts dans SIGN@L-A. Certains ont suggéré leur excellente maîtrise des concepts liés à l'ICA pour expliquer qu'ils n'avaient pas remarqué les indices. D'autres ont remarqué la présence d'indices, mais ont dit ne pas avoir eu à les utiliser pour la même raison.

Plus rarement, les participantes et participants ont mentionné que le contenu des indices, en particulier la définition de concepts dans la grille, n'était pas suffisant pour les aider à construire le réseau logique. Ceci était plus fréquent lorsque les participantes ou participants disaient ne pas avoir du tout de connaissances antérieures sur des concepts intégrés aux grilles :

Parfois, ça m'aidait beaucoup. Mais, parfois ça ne m'aidait pas dans le sens où, si c'était un concept qu'on n'avait pas du tout vu dans le cadre du cours, même si j'avais un mot ou une explication de ce mot spécifiquement, ça ne m'aidait pas à comprendre le réseau derrière le concept qu'on voulait approfondir et le réseau qu'on voulait former. (P13-L74)

Afin d'améliorer l'apport des indices à leurs résultats d'apprentissage, des participantes et participants ont suggéré d'ajouter la possibilité d'avoir davantage d'indices. Plus spécifiquement, les participantes et participants ont suggéré que l'information sur les concepts compris dans le réseau logique à construire puisse être obtenue sans avoir à faire d'erreur. En effet, ils pouvaient obtenir cet indice uniquement après avoir réalisé au moins une erreur dans la construction d'un réseau logique. Ils ont également suggéré que des informations différentes quant aux concepts compris dans un réseau logique à construire soient offertes après plusieurs tentatives infructueuses de construire un réseau logique. Dans le prototype, le même indice était répété après chaque erreur dans la construction d'un réseau logique.

Récompenses

L'atteinte des objectifs et les efforts déployés par l'utilisatrice ou l'utilisateur sont associés à un système de récompenses, soit des conséquences positives à l'intérieur du jeu sérieux (Alexiou et

Schippers, 2018). Des récompenses étaient offertes uniquement dans SIGN@L-A, sous la forme de points pour chaque réseau logique correct. L'obtention d'un certain nombre de points, variable pour chaque niveau, permettait à l'utilisatrice ou à l'utilisateur d'obtenir un emblème de bronze, d'argent ou d'or. L'obtention d'un emblème de bronze permettait d'accéder à un nouveau niveau de jeu.

Plusieurs participantes et participants ont rapporté qu'ils suivaient le nombre de points qu'ils cumulaient à chaque niveau. Certains n'hésitaient pas à recommencer un niveau afin d'obtenir le maximum de points possible. Obtenir des points menait les participantes et participants à ressentir du plaisir et de la joie et à jauger leur maîtrise de la matière. Lorsque les participantes ou participants avaient cumulé tous les points d'un niveau de jeu, ils en comprenaient qu'ils avaient une excellente maîtrise de la matière. Lorsqu'ils n'avaient pas obtenu tous les points, cela les amenait à réfléchir aux erreurs qu'ils avaient commises et aux apprentissages réalisés :

Il y a des niveaux où j'ai perdu des points, et puis ça m'a amené à réfléchir à quel moment est-ce que j'avais perdu les points. « OK, c'était sur tel réseau... Ah, mais ça c'était une erreur bête, en réalité je connaissais la réponse. J'aurais pu ne pas faire cette erreur ». Ou, ça pouvait être : « Ah oui, bien là, j'ai perdu des points, j'avoue que ça m'a permis d'apprendre quelque chose qu'en réalité je ne savais pas du tout ». Donc, je me faisais cette réflexion à chaque niveau où j'avais perdu des points. (P11-L44)

Toutefois, certaines participantes et certains participants ont dit ne pas avoir remarqué la présence de récompenses. Lorsque questionnés sur de possibles améliorations, certains ont d'ailleurs suggéré l'ajout d'un système de pointage à SIGN@L-A:

On pourrait mettre un comptage de points pour te dire [...] tu as eu tant de points. Puis après, ça permet à la personne de voir où elle pas réussi puis c'était quoi la réponse. Pourquoi je n'ai pas réussi avec la rétroaction? Puis, ça te permet de refaire le niveau, de le réviser puis de voir si tu peux avoir plus de points. (P02-L39)

Concernant les emblèmes sous forme d'étoiles (bronze, argent ou or), la plupart des participantes et participants ont dit ne pas avoir compris leur signification. Certains se sont demandé s'ils étaient associés à la rapidité de réponse ou à la possibilité d'accéder à du contenu unique.

Trame narrative

La trame narrative comprend trois éléments d'après Alexiou et Schippers (2018) : le protagoniste, les personnages secondaires et les événements narratifs. Il a été difficile de délimiter l'apport des personnages secondaires de celui des événements narratifs dans les propos des participantes et participants. En effet, ceux-ci abordaient les personnages secondaires à travers les événements narratifs vécus par ces derniers. Ces deux éléments sont donc traités conjointement ici. Uniquement SIGN@L-A comprenait les éléments de la trame narrative. Les résultats liés à son apport sont illustrés dans la Figure 18 (p. 180) et décrits plus bas.

Protagoniste

La ou le protagoniste réfère au personnage central, ou à la perspective à travers laquelle l'utilisatrice ou l'utilisateur explore ce monde imaginaire, et lui propose une identité (Alexiou et Schippers, 2018). Uniquement SIGN@L-A comprenait une ou un protagoniste, soit une infirmière ou un infirmier nouvellement appelé à travailler dans un centre hospitalier spécialisé en soins cardiovasculaires.

Les participantes et participants ont rapporté que la présence du ou de la protagoniste avait un apport positif sur leur engagement alors que cela leur donnait l'impression d'être en pratique clinique et d'avoir la responsabilité des soins aux personnes hospitalisées. Cela permettait de concrétiser auprès de personnes hospitalisées des concepts qu'ils avaient principalement abordés sur le plan théorique. À ce sujet, une participante a dit :

Lorsqu'on te met dans un contexte d'hôpital, tu te dis : « OK, il y a le patient, il y a ce qu'on apprend théoriquement, mais il y a aussi ce qui se passe dans la vraie vie ». Il y a des choses que tu lis dans tes livres, [...] mais je pense que le fait qu'on te dise oui, tu es dans un hôpital, tu as tel patient, ça te met plus dans cet état d'esprit-là plutôt que de demeurer à un niveau théorique. (P14-L56)

Des participantes et participants ont suggéré qu'une future version de SIGN@L-A intègre une représentation visuelle du protagoniste et qu'elle permette aux utilisatrices et utilisateurs de personnaliser leur apparence physique afin d'augmenter l'apport de cet élément sur leur engagement.

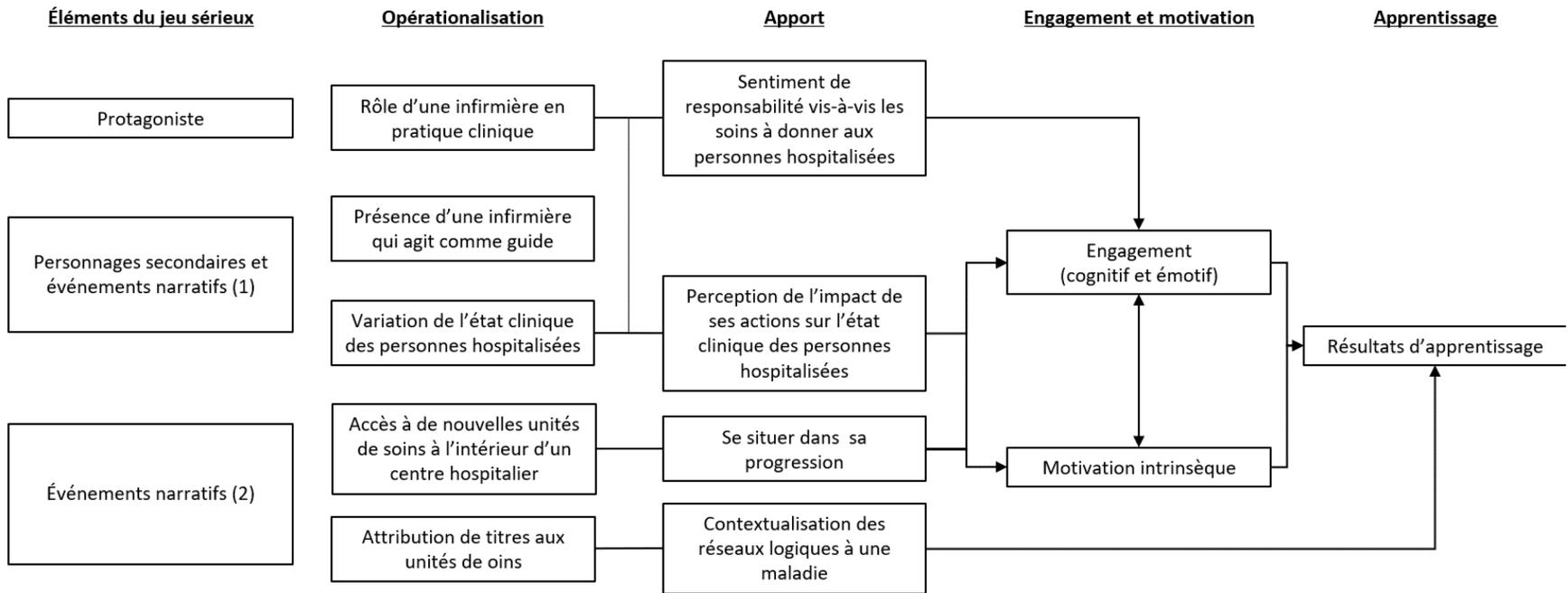


Figure 18. – Apport de la trame narrative à l'engagement, la motivation intrinsèque et à l'apprentissage

Personnages secondaires et événements narratifs

Les personnages secondaires sont contrôlés par le jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018). Une collègue infirmière du protagoniste représentait un personnage secondaire. Celle-ci assistait l'utilisatrice ou l'utilisateur dans sa prise en main du jeu sérieux, lui fournissait de l'aide au besoin dans la construction des réseaux logiques et l'encourageait à persévérer. Des personnes hospitalisées et diagnostiquées avec une maladie cardiaque représentaient les autres personnages secondaires. Les participantes et participants n'ont pas décrit l'apport que la présence de l'infirmière (personnage secondaire) a eu sur leur utilisation de SIGN@L-A. Les indices fournis par celle-ci ont été traités précédemment dans la section correspondante des mécaniques de jeu. L'assistance que celle-ci fournissait dans la prise en main du jeu sérieux est traitée dans une prochaine section portant sur l'esthétique fonctionnelle.

Les événements narratifs sont les situations qui surviennent et marquent l'évolution du ou de la protagoniste, des personnages secondaires et du monde imaginaire du jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018). Ils étaient centrés autour du centre hospitalier où avait été engagé le ou la protagoniste. Ils portaient sur la modification de l'état clinique des personnes hospitalisées ainsi que l'accès progressif à de nouvelles unités de soins à l'intérieur du centre hospitalier (chaque unité de soins représentant un des quatre niveaux de jeu).

Plusieurs participantes et participants ont rapporté que le fait que leurs actions avaient un impact sur l'état clinique des personnes hospitalisées favorisait leur engagement et leur motivation intrinsèque. À leur avis, cela était représentatif de la pratique clinique et du fait que les actions de l'infirmière puissent avoir des répercussions sur les patients. De manière similaire à ce qui était rapporté pour la ou le protagoniste, les participantes et participants ont rapporté que prendre soin de personnes hospitalisées les motivait à continuer d'utiliser SIGN@L-A. Ils ont aussi rapporté qu'ils portaient davantage attention aux concepts composant les grilles ainsi que les réseaux logiques à construire lorsque l'état de la personne hospitalisée commençait à détériorer, soit un aspect davantage en lien avec leur engagement cognitif. Une participante a d'ailleurs dit :

Mais, il y a peut-être eu une ou deux questions où là mon patient se détériorait, puis j'ai comme commencé à faire : « Ah oui, attend là, je vais me concentrer un peu plus ». J'ai essayé de plus penser à mon affaire. (P09-L71)

En parallèle, le fait qu'il n'y avait pas un nombre de tentatives maximales clairement indiqué pour construire correctement un réseau logique dans SIGN@L-B a été perçu comme démotivant, tel qu'expliqué par cette participante :

C'est arrivé comme deux fois où je ne savais pas la matière, je ne savais pas ce qu'était la protéine de « je ne-sais trop-quoi ». Alors, je me suis dit, si je n'arrive pas à faire le réseau, je vais rester ici 10 minutes, là, il ne va pas me laisser passer. Parce que quand tu as trois chances, si tu n'y arrives pas, ce n'est pas grave, on va passer à autre chose. Tu n'as pas comme à rester là éternellement. Parce qu'à un moment donné, c'est démotivant de penser que je ne vais jamais passer. (P06-L06)

Toutefois, plusieurs participantes et participants ont rapporté ne pas avoir remarqué que leurs actions avaient un impact sur l'état clinique des personnes hospitalisées ou, du moins, ne pas s'en souvenir. Encore une fois, certaines participantes et certains participants ont justifié ceci par le fait qu'ils eurent rarement commis des erreurs dans la construction de réseaux logiques.

Certains ont toutefois jugé que l'impact de leurs actions sur l'état clinique des personnes hospitalisées était trop discret et auraient souhaité que celui-ci soit beaucoup plus évident, et ce, autant lors d'une détérioration que lors d'une amélioration de l'état clinique. Plusieurs participantes et participants ont d'ailleurs suggéré d'approfondir cet aspect de la trame narrative. Certains ont suggéré que plusieurs grilles soient ordonnées de manière à créer un scénario pour une seule et même personne hospitalisée; le passage d'une grille à une autre marquerait une évolution dans l'état clinique de la personne hospitalisée. La suggestion d'introduire plus formellement chaque personne hospitalisée pour faire sa connaissance et celle d'ajouter une conclusion à son épisode de soins afin d'apprécier l'amélioration de son état clinique ont également été faites.

Les participantes et participants ont apprécié que l'action de SIGN@L-A se déroule à l'intérieur d'un centre hospitalier. D'après eux, cela rendait l'utilisation du jeu sérieux plus intéressante, plaisante et concrète que SIGN@L-B, qui était décrite comme plus abstraite, ce qui peut être lié principalement à leur motivation intrinsèque. Une participante a d'ailleurs dit :

[SIGN@L-A] nous amène dans le milieu de l'hôpital. Puis là, il faut que tu ouvres les portes pour aller faire tes soins. Donc ça, j'ai quand même trouvé ça bien. Puis oui, c'était vraiment plus concret, ce n'est même pas comparable [à SIGN@L-B]. (P09-L87)

Plusieurs participantes et participants ont rapporté que l'accès progressif à de nouvelles unités de soins, ou à de nouveaux niveaux de jeu, avait un apport important sur leur engagement et leur motivation intrinsèque. Cela leur permettait de situer leur progression à l'intérieur de SIGN@L-A et d'identifier clairement où se situait la fin du jeu sérieux. Au contraire, l'absence de cet élément dans SIGN@L-B entraînait une impression de longueur et exerçait un apport négatif sur l'attention qu'ils portaient au jeu sérieux. Les participantes et participants disaient se questionner fréquemment à savoir s'ils avaient bientôt terminé. Une participante a d'ailleurs rapporté :

[Dans SIGN@L-A], il y avait un but final, puis il y avait comme des étapes. Il y avait comme quatre paliers aussi et ça te motivait à aller au palier suivant où c'était une autre maladie aussi. Tandis que dans la première version [SIGN@L-B], tu continuais à faire la même affaire puis tu ne savais pas ça allait finir quand là. (P03-L25)

Les participantes et participants ont également particulièrement apprécié qu'un titre (ex. : Niveau 1 – Syndrome coronarien aigu) soit donné aux niveaux de jeu. Cela leur permettait de contextualiser explicitement les réseaux à construire à une maladie. Une participante a d'ailleurs décrit cette contextualisation de la manière suivante :

C'est plus comme une espèce de préparation mentale, comme quand on parle du syndrome coronarien aigu, c'est vraiment plus en phase aiguë [...] Donc, ça aide à un peu plus se situer au niveau de la continuité des soins puis à réfléchir sur les interventions qui agissent plus en phase aiguë. (P06-L34)

Certaines participantes et certains participants ont dit qu'ils auraient toutefois apprécié que les deux causes de l'ICA traitées dans le jeu sérieux (le syndrome coronarien aigu et l'hypertension artérielle) soient regroupées afin d'éviter une « gymnastique mentale » (P06-L59) ou de faire du « coq à l'âne » (P13-L88).

Esthétique

L'esthétique désigne les éléments audiovisuels qui permettent de donner vie au monde imaginaire du jeu sérieux. L'esthétique comprend un aspect hédonique et fonctionnel (Alexiou et Schippers, 2018). Les résultats liés à l'apport de l'esthétique sont illustrés à la Figure 19 (p. 184) et décrits plus bas.

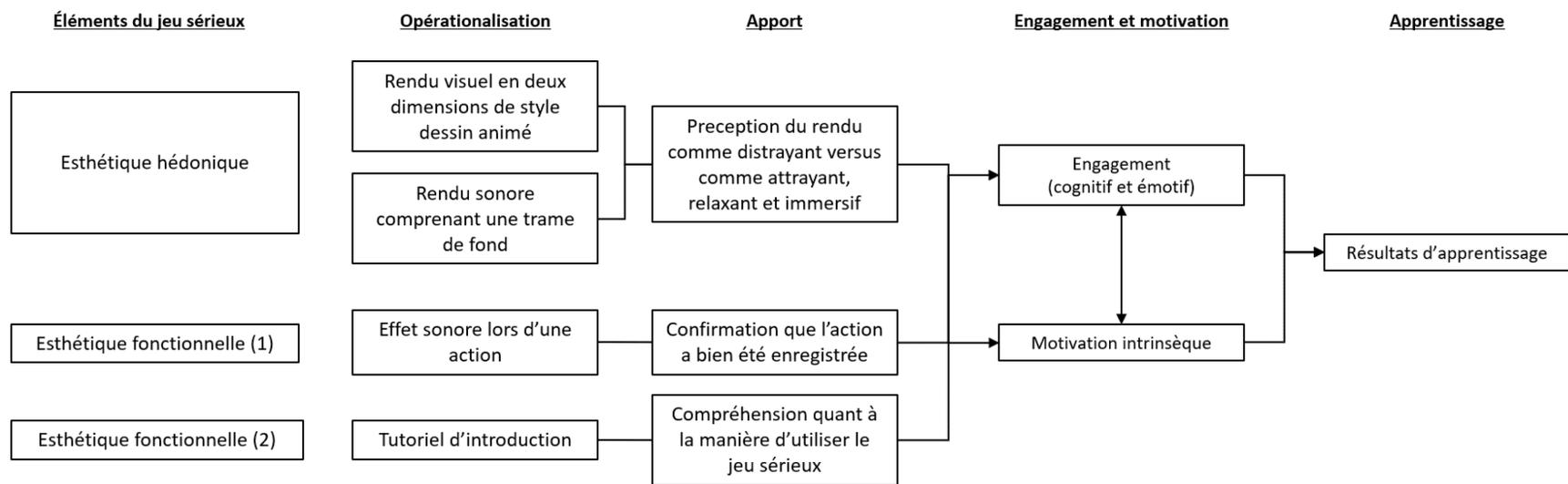


Figure 19. – Apport de l'esthétique à l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage

Esthétique hédonique

Sur le plan hédonique, les éléments audiovisuels du jeu sérieux offrent des stimuli à l'utilisatrice ou l'utilisateur qui peuvent favoriser la survenue d'émotions plaisantes (Alexiou et Schippers, 2018). SIGN@L-A adoptait un rendu visuel en deux dimensions de type « dessin animé ». Le rendu sonore, composé d'une trame sonore de fond et d'effets sonores, contribuait également à donner vie au monde imaginaire de SIGN@L-A. SIGN@L-B était présenté sur un fond entièrement blanc et n'affichait que les grilles à l'écran. Il n'y avait aucune trame sonore de fond et les seuls effets sonores étaient ceux, présents également dans SIGN@L-A, qui indiquaient si le réseau logique construit était correct ou non (voir la section portant sur les rétroactions).

Plusieurs participantes et participants ont rapporté que le rendu visuel de SIGN@L-A avait eu un apport positif sur leur engagement et leur motivation intrinsèque. Celui-ci était décrit comme attrayant, simple et plaisant. Certaines participantes et certains participants ont d'ailleurs rapporté que le rendu visuel de SIGN@L-A leur rappelait celui d'émissions de télévision ou de jeux vidéo destinés à des enfants. Des participantes et participants ont également expliqué que ce rendu visuel leur permettait de se détendre durant leur utilisation de SIGN@L-A, telle que cette participante :

Ça avait de l'air des petits bonhommes animés, c'est-à-dire les émissions pour enfants [...] En fait, on dirait que c'était moins stressant le fait que ça soit animé. On dirait que c'était comme plus doux et « pas agressif ». Et puis, tu avais plus envie d'y jouer. Ce n'est pas comme s'il s'agissait des vraies personnes, des médecins et puis là avec de la musique stressante. Je pense que ça donne plus envie d'apprendre dans un environnement moins stressant. (P07-L90)

Le rendu visuel de SIGN@L-A était également considéré comme immersif par les participantes et participants alors que celui-ci leur donnait l'impression d'être transportés à l'intérieur d'une unité de soins. Plusieurs ont d'ailleurs rapporté que le rendu visuel de SIGN@L-A était un élément qui distinguait significativement ce jeu sérieux de SIGN@L-B et qui permettait ainsi à SIGN@L-A d'avoir l'air d'un jeu. Dans cette optique, une participante a dit :

La différence visuelle, comme esthétique si je peux dire. [SIGN@L-B], c'est vraiment juste une version de base pour faire le... Eh bien, ce n'est même pas similaire à un jeu, ou c'est vraiment un jeu de base, là... C'est à peine si on peut appeler ça un jeu. Tu peux faire des liens entre des carrés, c'est vraiment juste ça. (P03-L04)

Des participantes et participants ont également rapporté qu'ils se sentaient plus attentifs lors de leur utilisation de SIGN@L-A grâce à son rendu visuel. À cet effet, un participant a dit :

[SIGN@L-A] m'a beaucoup plus activé l'attention. C'était plus tourné vers le jeu. J'étais plus attentionné à ce que je faisais parce qu'il y avait un décor. Dans [SIGN@L-B], c'était comme un tableau quelconque que je remplissais. J'ai dû me forcer à le terminer parce que je me suis dit que c'était pour le travail de recherche que je le terminais. (P12-L06)

À l'opposé, certaines participantes et certains participants ont jugé le rendu visuel de SIGN@L-A distrayant en comparaison à SIGN@L-B. La construction de réseaux logiques dans SIGN@L-A a d'ailleurs représenté un défi supplémentaire pour cette participante qui a eu de la difficulté à se concentrer sur l'objectif dû au rendu visuel :

J'avais vraiment de la misère à me concentrer sur le jeu [SIGN@L-A] où il y avait beaucoup d'action puis beaucoup de petits bonhommes. Tandis que l'autre [SIGN@L-B), pour moi, c'était plus facile de me concentrer puisque c'était épuré et simple. (P27-L 13)

L'autre [SIGN@L-A), j'avais de la misère à me concentrer. J'avais de la misère à me concentrer dessus puis c'était comme « OK, place les affaires pour que ça finisse ». Tandis que l'autre [SIGN@L-B), je me suis vraiment plus concentré sur le chemin qui était demandé puis les liens à faire. (P27-L32)

Sur le plan des améliorations possibles au rendu visuel de l'une ou l'autre des interventions de formation, plusieurs participantes et participants ont rapporté ne pas savoir quoi suggérer. Ceux-ci ont dit qu'ils n'étaient pas suffisamment connaisseurs du design de jeux vidéo ni jouer assez souvent à des jeux vidéo pour suggérer quoi que ce soit. Néanmoins, un participant a suggéré de diminuer la quantité de texte dans les grilles pour y ajouter plutôt des images. Une autre participante a suggéré de modifier spécifiquement une des couleurs retrouvées dans les grilles afin de rendre celle-ci davantage cohérente avec le reste des couleurs de SIGN@L-A.

Concernant le rendu sonore, plusieurs participantes et participants ont rapporté que celui de SIGN@L-A, en particulier la trame sonore de fond, les aidait à se détendre et à demeurer attentifs au jeu sérieux, ce qui peut être lié à leur engagement cognitif. Des participantes et des participants ont aussi rapporté que le rendu sonore de SIGN@L-A leur donnait l'impression d'être transportés dans une unité de soins. D'autres ont rapporté qu'il était normal pour eux qu'un jeu sérieux, à l'instar des jeux vidéo, contienne une trame sonore de fond.

Certaines participantes et certains participants ont rapporté ne pas avoir porté beaucoup d'attention au rendu sonore et ne pratiquement plus s'en souvenir lors des entrevues. Ceux-ci disaient alors que ce manque de souvenir devait être dû au fait que le rendu sonore ne les avait pas dérangés lors de leur utilisation des interventions de formation. Cependant, d'autres ont rapporté se souvenir du rendu sonore et que celui-ci pouvait être dérangeant lors de la construction de réseaux logiques, comme cette participante :

Dans une version il y avait une petite ambulance qui passe et de la musique. J'ai été obligé de la fermer [la musique] parce que c'était trop pour moi là. À part ça, quand tu cliquais sur les réponses, ça, ça faisait du bruit ça aussi. [...] J'avais de la misère à me concentrer. Ce n'était pas le fun pour moi. J'ai vraiment aimé mieux la version épurée [SIGN@L-B] qui était plus le fun à faire. (P27-L06)

À cet effet, certaines participantes et certains participants ont souligné avoir apprécié la possibilité d'éteindre complètement la trame sonore de fond ou les effets sonores.

Esthétique fonctionnelle

Sur le plan fonctionnel, l'esthétique réfère aux manipulations que peut réaliser l'utilisatrice ou l'utilisateur afin d'interagir avec le jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018). Les deux interventions de formation étaient entièrement de type « pointer-et-cliquer » avec la souris ou le pavé tactile. Elles comprenaient également un court tutoriel d'introduction lors de la première utilisation afin que les participantes et participants puissent comprendre comment les utiliser.

Les participantes et participants ont rapporté, de manière générale, que les deux interventions de formation étaient faciles à utiliser. Certains ont d'ailleurs rapporté que leur facilité à utiliser les interventions de formation s'améliorait avec le temps et lors de leur utilisation de la deuxième intervention de formation à l'étude. Certains ont toutefois mentionné que SIGN@L-A était plus agréable et facile à utiliser que SIGN@L-B. D'après eux, la présence d'effets sonores lorsqu'ils réalisaient une manipulation dans SIGN@L-A augmentait leur certitude que le jeu sérieux avait bien enregistré cette manipulation, tel que rapporté par cette participante :

Il y avait des effets sonores, par exemple quand on faisait les liens. Il y avait le « clac, clac, clac » [...] Parce que je suis sur un ordinateur portable, je n'ai pas de souris. Donc, savoir que, quand je sélectionne quelque chose, ça a vraiment sélectionné... Parce que, parfois, si on clique sur quelque chose, on ne peut pas vraiment savoir si ça a

fonctionné. Parfois je me demande « est-ce que j'ai vraiment double cliqué »? (P06-L71)

L'absence d'effets sonores lors de manipulations, en particulier lors de la construction de réseaux logiques, amenait parfois de la frustration chez les participantes et participants et menait ceux-ci à se demander s'il y avait des erreurs informatiques avec SIGN@L-B :

Bien de la frustration, parce que parfois ça ne marche pas. [...] Tu n'as pas réussi le niveau. Mais, tu ne sais pas si c'est le jeu qui a bogué, si tu n'as pas bien relié les concepts ou si tu n'as peut-être pas bien cliqué sur un concept pour pouvoir le relier à un autre. Tu sais juste que ça n'a pas marché. Donc, tu sais que ça ne marche pas, mais tu ne sais pas si tu as eu la mauvaise réponse ou si le jeu a bogué. (P14-L27)

Deux erreurs informatiques ont d'ailleurs été découvertes par les participantes et participants lors de leur utilisation des interventions de formation. D'une part, des grilles identiques se répétaient parfois au sein d'une même intervention de formation. D'une autre part, certaines participantes ou certains participants uniquement ont rapporté une légère disparité (de quelques millimètres d'après eux) entre la position des boutons à leur écran et l'endroit où ils devaient poser leur curseur afin d'être en mesure de cliquer dessus.

Concernant le tutoriel d'introduction, plusieurs participantes et participants ont rapporté que celui-ci était clair et leur permettait de comprendre comment utiliser les interventions de formation. Une participante a toutefois proposé qu'une future version des interventions de formation inclue une option afin de permettre de passer par-dessus le tutoriel d'introduction pour les utilisatrices et utilisateurs qui comprennent déjà le fonctionnement.

Sinon, certaines participantes et certains participants ont rapporté ne pas avoir lu entièrement ou attentivement le tutoriel d'introduction. Un participant a d'ailleurs mentionné que ses difficultés à cliquer sur des boutons l'avaient mené à ne pas lire attentivement le tutoriel. Les participantes et participants n'ont cependant pas rapporté de difficultés à comprendre le fonctionnement des interventions de formation, et ce, même s'ils n'avaient pas lu le tutoriel d'introduction entièrement.

Conclusion du chapitre de résultats

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats obtenus au regard du dernier objectif de l'étude. Celui-ci visait à apprécier, par des méthodes quantitatives et qualitatives, l'apport d'un de deux prototypes d'un jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Sous la forme d'un article scientifique, nous avons décrit les participantes et participants composant notre échantillon, les principaux résultats quantitatifs et une version abrégée des résultats qualitatifs. Sur le plan quantitatif, nous avons trouvé que les participantes et participants avaient des niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque plus élevés avec SIGN@L-A qu'avec SIGN@L-B. Nous avons toutefois identifié des différences négligeables, d'après les barèmes proposés par Fritz et al. (2012), sur le plan du RCI en contexte d'ICA à la suite de l'utilisation de chacune des prototypes. Sur le plan de l'association entre les variables, nous avons identifié des associations fortes et positives entre le niveau de motivation intrinsèque et le score global d'engagement lors de l'utilisation des deux prototypes. Nous n'avons identifié que de petites associations entre les scores d'engagement et de RCI et ceux de motivation intrinsèque et de RCI.

Sur le plan qualitatif, les participantes et participants ont rapporté que la construction de réseaux logiques dans les interventions de formation sollicitait leurs connaissances antérieures, leur demandait d'en acquérir de nouvelles, les amenait à se questionner en cas d'erreurs et leur permettait de faire des liens entre leurs connaissances. Dans SIGN@L-A, l'offre d'indices permettait aux participantes et participants d'obtenir un soutien optionnel dans l'atteinte des objectifs. Les rétroactions permettaient de saisir si le réseau logique construit était correct. Les récompenses permettaient aux participantes et participants de ressentir du plaisir, de la joie et de l'accomplissement alors que certains tentaient d'obtenir le maximum de celles-ci. Quant à la trame narrative de SIGN@L-A, occuper le rôle d'une infirmière offrait aux participantes et participants un sens des responsabilités similaire à celui retrouvé en pratique clinique. Devoir prendre soin de personnes hospitalisées et percevoir l'impact de ses actions sur leur état clinique amenaient les participantes et participants à porter davantage attention au contenu des grilles

lors de la construction de réseaux logiques. Situer l'action à l'intérieur d'un centre hospitalier et diviser celui-ci en niveaux permettaient aux participantes et participants de se situer dans leur progression et de contextualiser les réseaux logiques à des causes explicites d'ICA. L'apport de l'esthétique hédonique de SIGN@L-A était mitigé alors que certaines participantes et certains participants ont considéré le rendu visuel comme attrayant, relaxant et immersif, et d'autres l'ont considéré comme distrayant. Les deux interventions de formation ont été perçues comme faciles à utiliser, et ce, même si des participantes et des participants ont rapporté ne pas avoir lu entièrement ou attentivement le tutoriel d'introduction. La présence d'effets sonores dans SIGN@L-A lors de manipulations offrait une forme de confirmation que les actions avaient bien été enregistrées par le jeu sérieux.

Le chapitre qui suit présente une discussion des résultats obtenus au regard des trois objectifs de l'étude, des principales forces et limites méthodologiques de l'étude ainsi que des recommandations pour la formation et la recherche.

Chapitre 6 – Discussion

Dans cette thèse par articles, d'après le modèle de développement d'interventions ORBIT (Czajkowski et al., 2015), nous avons présenté les résultats d'une étude dont le but était de développer et d'apprécier l'apport d'un jeu sérieux afin d'améliorer le RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. Trois objectifs étaient proposés pour atteindre ce but, soit : 1) déterminer l'apport des éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux; 2) proposer deux prototypes de celui-ci; et 3) apprécier, par des méthodes quantitatives et qualitatives, leur apport sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le RCI en contexte d'ICA.

Dans ce chapitre, nous discuterons d'abord de l'utilisation du modèle de développement d'intervention ORBIT (Czajkowski et al., 2015), puisque celui-ci a permis de structurer l'ensemble de l'étude. La suite de la discussion est présentée d'après la contribution des résultats au développement des connaissances, soit les résultats liés à chacun des trois objectifs de la thèse. Des propositions et des points de réflexion pour la formation et la recherche sont également présentés. Nous décrivons ensuite les forces et les limites méthodologiques de l'étude. Finalement, nous présenterons une synthèse des propositions et des points de réflexion ainsi que de la contribution de l'étude à l'avancement des connaissances en sciences infirmières.

Utilisation du modèle de développement d'interventions ORBIT

Nous avons utilisé le modèle de développement d'interventions ORBIT en raison de son accent sur les premières étapes de développement d'une nouvelle intervention (Czajkowski et al., 2015). Alors que plusieurs modèles étaient explicites sur les différentes étapes d'évaluation d'une nouvelle intervention, ceux-ci nous informaient peu sur les étapes pour la développer. L'étude-pilote, ou une étude où l'acceptabilité d'une intervention ou la faisabilité d'utiliser certaines méthodes de recherche sont évaluées, était fréquemment proposée comme une première étape dans la mise à l'essai d'une nouvelle intervention avant un essai randomisé à large échelle (Craig et al., 2013; Mummah et al., 2016). Il nous apparaissait toutefois prématuré de conduire une étude-pilote. Sur le plan empirique, nous avons plusieurs zones d'incertitude quant à la manière

de concevoir un jeu sérieux et l'apport de ses éléments à l'apprentissage. Par exemple, nous étions incertains de l'apport à l'apprentissage qu'aurait l'intégration d'un caractère imaginaire au jeu sérieux. Bien que ce caractère imaginaire soit théorisé comme pouvant soutenir la motivation intrinsèque et l'engagement (Alexiou et Schippers, 2018; Alexiou et al., 2020; Lee, 2015; Naul et Liu, 2020), son apport sur le développement du RCI en contexte d'ICA était inconnu. Le modèle ORBIT offrait donc un cadre à l'intérieur duquel situer et structurer les travaux en amont d'une étude-pilote, soit la définition des éléments clés de notre intervention de formation à partir d'appuis théoriques et empiriques et le raffinement d'un premier prototype de celle-ci.

Dans cette section, nous discuterons de considérations liées à notre opérationnalisation du modèle ORBIT (Czajkowski et al., 2015) pour la présente étude. En particulier, nous partagerons nos réflexions liées à l'identification de l'importance clinique d'un résultat, à l'imprécision potentielle des résultats quantitatifs et à la faisabilité et la pertinence des devis suggérés dans ce modèle afin de raffiner une intervention.

Identification de l'importance clinique des résultats

Les autrices et auteurs du modèle ORBIT précisent que cette première sous-phase devrait viser à identifier ce qui sera considéré comme des améliorations cliniquement importantes des mesures de résultats. Par « améliorations cliniquement importantes », on réfère à une amélioration qui sera jugée comme suffisante par les chercheuses et chercheurs sur le plan, par exemple, de comportements de santé, de résultats à un examen clinique ou paraclinique et de la survenue d'une maladie (Czajkowski et al., 2015). À notre avis, ceci illustre une limite à la transférabilité de ce modèle d'un contexte de modification de comportements de santé à un contexte de formation. En effet, il est courant de quantifier les associations entre des comportements liés à la santé, tels que l'alimentation et la pratique de l'activité physique, et des variables cliniques, tels que le profil lipidique ou la pose d'un diagnostic de dyslipidémie (Warburton et Bredin, 2017). Toutefois, le pendant de ce type d'associations dans les études sur la formation des professionnelles et professionnels de la santé est plus rarement défini. À la connaissance de l'étudiant-chercheur, quelques rares études quantifient les associations entre des résultats d'apprentissage et des retombées dans la pratique clinique (Galan et al., 2019; Urashima et al.,

2021). Malheureusement, des limites accompagnent souvent la réalisation de telles études, par exemple le fait que des mesures autorapportées soient utilisées, qu'une variable non mesurée puisse expliquer les résultats obtenus ou que ces études visent des professionnelles et professionnels de la santé et non des étudiantes et étudiants. Ainsi, l'association entre de meilleurs résultats d'apprentissage et des retombées sur la pratique est avant tout basée sur l'opinion d'expertes et d'experts ou sur des résultats qualitatifs (Allen et al., 2017; Kirkpatrick, 2008; World Health Organization, 2013; Yost et al., 2014). De plus, puisque le RCI se développe au travers d'années de formation et de pratique (Benner et al., 1992; Goudreau et al., 2014), il est peu cohérent de supposer qu'une intervention de formation offerte à un seul moment puisse mener directement à des retombées importantes sur la future pratique clinique d'étudiantes et étudiants. Néanmoins, puisque le RCI est essentiel pour intervenir auprès de patientes et patients dont l'état est instable ou critique, tel qu'en contexte d'ICA (Johansen et O'Brien, 2016; Mebazaa et al., 2016; Thibodeau et Drazner, 2018), on peut postuler qu'une amélioration du RCI soit un facteur qui puisse conduire à une amélioration de la reconnaissance et de la gestion de l'ICA.

Soutenir le développement du RCI revêt une importance sur le plan clinique pour toutes les organisations de santé afin d'assurer la sécurité des personnes hospitalisées (Brown Tyo et McCurry, 2019; Holder, 2018; Richmond et al., 2020). Bien que le rôle que les infirmières et infirmiers peuvent avoir dans l'accompagnement des personnes dans la phase chronique de l'insuffisance cardiaque soit davantage connu, leur rôle en contexte d'ICA demeure, encore aujourd'hui, peu mis en valeur (Riley, 2015). Dans la profession infirmière et en contexte d'insuffisance cardiaque, les études visant à évaluer l'effet ou l'efficacité d'interventions de formation portent sur le rôle infirmier dans l'enseignement aux personnes atteintes d'insuffisance cardiaque chronique (Mahramus et al., 2014; Rodríguez-Gázquez et al., 2012; Sundel et Ea, 2018). Il apparaît donc essentiel de continuer à proposer des interventions de formation afin de soutenir les infirmières et infirmiers dans leur interprétation, par le RCI, des données recueillies chez des personnes atteintes d'ICA (Jurgens et al., 2015; Masters et al., 2019). De plus, en l'absence d'études décrivant la pratique des infirmières en contexte d'ICA, il semble aussi important de proposer des études en ce sens. Ces études pourraient permettre, par exemple, de bonifier notre compréhension du rôle infirmier dans ce contexte et suggérer des

pistes afin de soutenir ou développer davantage le RCI. Le contenu clinique à la base des interventions de formation et qui a été développé dans le cadre de cette étude (présenté à l'Annexe A) synthétise d'ailleurs, d'après des guides de pratique clinique, les principaux éléments du rôle infirmier dans ce contexte et peut guider l'infirmière ou l'infirmier dans sa pratique.

Imprécision potentielle quant à l'apport de l'intervention

La sous-phase 1b, soit celle de raffinement, vise à proposer des pistes d'amélioration pour l'intervention et finaliser celle-ci avant de passer à la phase d'évaluation pilote (Czajkowski et al., 2015). D'un côté, on précise dans ce modèle que ces études puissent être réalisées auprès d'un petit groupe de participantes et participants. D'un autre côté, on précise que les chercheuses et chercheurs devraient être confiants à l'issue de cette sous-phase que l'intervention est complète et peut avoir un effet important lors du passage à la phase d'évaluation pilote.

D'un point de vue strictement quantitatif, une taille d'échantillon non déterminée par un calcul de puissance statistique et l'absence de statistiques inférentielles représentent des limites majeures à la confiance qu'il est possible d'avoir dans les résultats quantitatifs (Leon et al., 2011). La précision des résultats est probablement faible (dû à la petite taille d'échantillon) et il est impossible de juger de cette précision (à cause de l'absence de statistiques inférentielles). Les résultats pourraient donc être considérablement surestimés (et générer un engouement disproportionné) ou sous-estimés (et mener à l'abandon d'une intervention pourtant efficace) vis-à-vis l'effet réel de l'intervention auprès de la population (Hertzog, 2008; Leon et al., 2011). Czajkowski et al. (2015) semblent partiellement tenir compte de cet aspect statistique alors qu'elles et ils recommandent de viser des cibles de résultats ambitieuses, ou des tailles d'effet importantes, lors de la phase 1. D'après ces autrices et auteurs, les effets d'une intervention tendent à s'atténuer lors des phases subséquentes alors que le nombre de participantes et participants inclus dans les études augmente.

Le propos de ces autrices et auteurs rejoint celui de Slavin et Smith (2008) qui ont trouvé, dans leur revue de 185 études en formation, que la force des tailles d'effet était inversement associée au nombre de participantes et participants inclus dans ces études. D'après ces auteurs et d'après Higgins et al. (2021c), les études de petite taille ont tendance à produire des estimés imprécis des

mesures de variation, ce qui, conséquemment, peut produire des estimés biaisés des tailles d'effet. Les résultats quantitatifs qui sont présentés dans une étude comme celle que nous avons menée ne devraient donc pas être interprétés sous la lentille de l'efficacité. Par exemple, même si nous avons identifié des tailles d'effet importantes en faveur de SIGN@L-A pour les variables d'engagement et de motivation intrinsèque, ces tailles d'effet témoignent de l'apport du jeu sérieux au sein de notre échantillon. Celles-ci ne sont pas nécessairement généralisables à une population d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières à leur dernière année d'études au programme ni même à une population qui posséderait des caractéristiques similaires à notre échantillon. Nos résultats quantitatifs devraient donc être interprétés comme potentiellement imprécis; ils peuvent être des estimateurs biaisés des véritables valeurs de notre population d'intérêt. Nous jugeons d'ailleurs que la présentation d'intervalles de confiance et de valeurs p dans une étude comme la nôtre est non-pertinente au regard des objectifs et présente le risque que les résultats soient interprétés comme étant indicatifs de l'efficacité du jeu sérieux.

Nous recommandons aux chercheuses, chercheurs, formatrices et formateurs de tenir compte de ces limites lors de leur interprétation des résultats. Ceux-ci représentent des premières données permettant de décrire l'apport du jeu sérieux, et ce, uniquement au sein d'un échantillon restreint. Nous recommandons également aux chercheuses et chercheurs d'aligner la présentation de leurs résultats avec les objectifs d'un tel type d'étude; si celle-ci vise à fournir des premières données afin de juger du potentiel d'une intervention, nous recommandons, sur le plan quantitatif, uniquement l'emploi de statistiques descriptives (et non des statistiques inférentielles) afin d'apprécier l'apport de l'intervention.

Faisabilité et pertinence des devis suggérés

Les autrices et auteurs du modèle ORBIT proposent à la phase 1b, entre autres, l'utilisation de devis factoriels ou d'autres devis expérimentaux afin d'isoler l'apport des éléments d'une intervention (Czajkowski et al., 2015). Nonobstant la taille d'échantillon, ces devis demeurent complexes à mettre en place, nécessitent une expertise méthodologique et peuvent paraître prématurés dans une optique où, lors de la sous-phase 2a, les autrices et auteurs suggèrent la réalisation d'études pré/post à groupe unique. En effet, ces devis visent tous, d'une manière ou

d'une autre, à apprécier l'apport d'éléments de l'intervention afin de cibler ceux qui semblent les plus prometteurs. De manière quantitative, si l'objectif d'une étude est d'isoler l'apport d'éléments d'une intervention, alors les méthodes de recherche qui devront être employées risquent d'être plus élaborées que celles d'une étude pré/post à groupe unique ou même d'un essai randomisé. Par exemple, l'utilisation d'un devis factoriel peut permettre d'isoler l'apport d'éléments d'une intervention. En fonction du nombre d'éléments à isoler, les participantes et participants peuvent alors être répartis à l'intérieur d'au moins quatre groupes, ce qui peut être complexe à mettre en place (Casler, 2015). Dans le domaine des jeux sérieux en santé, les résultats de nos revues systématiques montrent que de telles études ne sont, pour ainsi dire, jamais réalisées (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b).

À la lumière de ces constats et dans la lignée de la discussion de la revue descriptive (Maheu-Cadotte et al., 2021b), nous avons proposé l'emploi de méthodes qualitatives et quantitatives lors de la sous-phase 1b de raffinement (Czajkowski et al., 2015). L'utilisation de méthodes qualitatives peut pallier certaines limites des méthodes quantitatives, en particulier lorsque l'échantillon est de taille restreinte, et appuyer davantage l'apport d'une nouvelle intervention sur des variables de résultats (Hong et al., 2017). Nous jugeons que d'être en mesure d'expliquer qualitativement cet apport peut permettre de rehausser la confiance que nous portons en des résultats quantitatifs obtenus auprès d'un échantillon restreint. De plus, l'utilisation de méthodes qualitatives peut permettre d'explorer en profondeur l'apport de chacun des éléments d'une intervention aux yeux des participantes et participants. Nos résultats qualitatifs ont d'ailleurs permis d'offrir des appuis empiriques aux propositions théoriques des mécanismes par lesquels le jeu sérieux peut mener à l'apprentissage selon Alexiou et Schippers (2018).

En résumé, que le modèle ORBIT (Czajkowski et al., 2015) représente un excellent modèle pour le développement d'une nouvelle intervention et appuyons son utilisation. Les suggestions qui sont faites par les autrices et auteurs de ce modèle, soit d'adopter une démarche structurée lors du développement d'une nouvelle intervention et de prévoir des temps d'arrêt après chaque sous-phase pour juger de la pertinence de progresser dans le développement et l'évaluation, nous apparaissent judicieuses, en particulier pour une intervention aussi complexe et dispendieuse à développer que le jeu sérieux. Nos constats à la suite de l'utilisation de ce modèle et les

recommandations formulées dans cette section peuvent aussi guider les chercheuses et chercheurs dans leur utilisation du modèle.

Dans les prochaines sections de la discussion, nous discuterons des résultats obtenus à chacun des trois objectifs de l'étude.

Apport des éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux

Les résultats au premier objectif de la thèse ont été décrits au deuxième chapitre. Dans cette section de la discussion, nous partagerons nos réflexions liées aux difficultés, en début d'étude, de définir le concept de jeu sérieux. Ensuite, nous discuterons de notre opérationnalisation du modèle d'Alexiou et Schippers (2018) et de la contribution des résultats de notre étude à celui-ci. Finalement, nous discuterons de la contribution des deux revues systématiques et offrirons des pistes de réflexion pour de prochaines synthèses des connaissances dans le domaine des jeux sérieux.

Définition du jeu sérieux et caractère imaginaire

Le développement d'un jeu sérieux est fréquemment décrit comme complexe et plusieurs autrices et auteurs jugent difficile de considérer conjointement la dimension ludique du jeu ((c'est-à-dire imaginaire et qui vise à soutenir la motivation intrinsèque des utilisatrices et utilisateurs) à celle « sérieuse » de l'apprentissage (Arnab et al., 2015; Giessen, 2015). Dimitriadou et al. (2021) écrivent que le développement d'un jeu sérieux requiert de la créativité de la part des membres de l'équipe de projet afin que ses éléments soutiennent l'engagement et la motivation intrinsèque des utilisatrices et utilisateurs tout en étant efficaces pour l'apprentissage. Mordt et al. (2011) écrivent d'ailleurs que des tensions se sont fait sentir entre les membres de leur équipe au début du développement d'un jeu sérieux alors que les formatrices et formateurs en sciences infirmières avaient peu ou pas d'expérience dans l'apprentissage par le jeu. Conséquemment, la vision de ce que pouvait être un jeu sérieux n'était pas partagée entre les formatrices et formateurs en sciences infirmières et les autres membres de l'équipe, soit des développeurs de jeux vidéo. À la suite de la réalisation de ce projet, nous partageons une vision similaire, soit que l'explicitation de ce que peut être un jeu sérieux représente un défi.

La question de ce qu'est un jeu sérieux et aussi de comment celui-ci se distingue d'autres interventions de formation a occupé une partie importante du présent projet dans ses débuts. Cette question a d'ailleurs donné lieu à l'analyse de neuf définitions de jeux sérieux (Akl et al., 2010; Annetta, 2010; Bauman, 2012; Bergeron, 2006; Graafland et al., 2012; Gredler, 2004; Kapp, 2012; Koivisto et al., 2015; Michael et Chen, 2005) et de sept théories d'apprentissage utilisées pour soutenir le développement de jeux sérieux (Ausubel, 1963; Bandura, 1997; Ericsson, 2008; Garris et al., 2016; Kaufman, 2003; Kiili, 2005; Kolb, 1984). L'analyse des définitions a permis d'identifier que le jeu sérieux offrait des objectifs clairs, des rétroactions, une forme de récompense, qu'il était distinct du monde réel, régi par des règles qui lui étaient propres et qu'il visait à soutenir la motivation intrinsèque et l'apprentissage des utilisatrices et utilisateurs (Maheu-Cadotte et al., 2020).

Toutefois, les théories d'apprentissage examinées n'ayant pas été proposées avec la visée de soutenir le développement de jeux sérieux, elles ne tenaient pas compte de plusieurs des éléments identifiés lors de notre analyse des définitions du jeu sérieux. La présence de ces éléments à l'intérieur de jeux sérieux existants était donc fréquemment ambiguë et leur apport à l'apprentissage était peu mis de l'avant. Par exemple, les chercheuses et chercheurs faisaient souvent référence à des théories, telles que l'auto-efficacité de Bandura (1997) ou l'apprentissage expérientiel de Kolb (1984), qui ne tiennent pas compte du caractère imaginaire du jeu sérieux, ou du fait que celui-ci présente, à un degré variable, un monde distinct du réel (Huizinga, 2014). En effet, le jeu propose un cercle magique, soit un espace régi par un ensemble de règles qui lui est propre, plus ou moins à l'image du monde réel. Ce caractère imaginaire permettrait d'ailleurs de soutenir la motivation intrinsèque des utilisatrices et utilisateurs et, conséquemment, de favoriser leur apprentissage (Malone, 1980). Le jeu ne peut jamais être totalement identique au monde réel, sans quoi le jeu cesse d'en être un dû à la perte de son caractère imaginaire, soit une de ces caractéristiques essentielles (Huizinga, 2014). La quête de l'authenticité, ou de la représentation fidèle des différentes dimensions du monde réel, semblait néanmoins être une préoccupation pour un bon nombre de chercheuses et chercheurs, ce qui découle potentiellement d'associations avec le domaine de la simulation (Lavoie et al., 2020). Cette difficulté s'est d'ailleurs poursuivie lors de la réalisation de la revue systématique d'efficacité des

jeux sérieux alors que plusieurs des interventions de formation décrites comme des jeux sérieux s'apparentaient plutôt à ce que nous considérons être de la simulation virtuelle, où la fidélité et l'authenticité sont au premier plan dans une intervention numérique de formation (Maheu-Cadotte et al., 2021a).

L'ambiguïté conceptuelle entre le jeu sérieux et la simulation virtuelle a mené à l'écriture d'un article théorique où nous avons tenté de distinguer les éléments communs et propres à ces deux interventions de formation (Maheu-Cadotte et al., 2020). Ce travail a donné lieu à l'identification d'une multitude de cas limites, ou d'interventions de formation semblant se situer à la frontière entre la simulation virtuelle et le jeu sérieux (Aksoy, 2019; Blanie et al., 2020; Chon et al., 2019; Middeke et al., 2020; Middeke et al., 2018). L'intégration d'éléments fréquemment associés à l'univers du jeu vidéo à l'intérieur de contextes autres que le jeu (un phénomène fréquemment décrit comme de la "gamification"; Krath et al., 2021) a certainement contribué à cultiver cette ambiguïté conceptuelle en décloisonnant les frontières entre le jeu sérieux et d'autres interventions de formation. Par exemple, une intervention numérique de formation combinant le visionnement de vidéos et la lecture d'articles pourrait offrir un emblème aux utilisatrices et utilisateurs chaque fois que ceux-ci visionnent un nouveau vidéo ou lisent un nouvel article. Les emblèmes pourraient ainsi permettre de répondre à leur besoin de se sentir compétents (en servant de représentations visuelles de leurs accomplissements) et ainsi favoriser leur motivation intrinsèque (Krath et al., 2021). Ceci constitue une forme de gamification, sans que l'intervention corresponde à un jeu sérieux. Il est donc fréquent de voir aujourd'hui des interventions numériques de formation « gamifiées », dont la simulation virtuelle, adopter des éléments traditionnellement associés aux jeux vidéo, tels qu'une forme de pointage (Cook et al., 2012; Polivka et al., 2019).

Au final, de manière similaire à ce que rapportent Ricciardi et De Paolis (2014), nous jugeons que les distinctions conceptuelles entre le jeu sérieux et la simulation virtuelle s'expriment mieux à l'aide d'un spectre plutôt qu'à l'aide de cloisons. Ce spectre unidimensionnel porte ainsi sur la représentation avec le monde réel. D'un côté de ce spectre se trouve la simulation virtuelle (et son caractère authentique) et de l'autre côté se trouve le jeu vidéo (et son caractère imaginaire). Entre ces deux extrémités se situent le jeu sérieux et la simulation virtuelle « gamifiée », soit des

interventions qui vont adopter un caractère plus ou moins authentique ou imaginaire (voir Figure 20; p. 200).

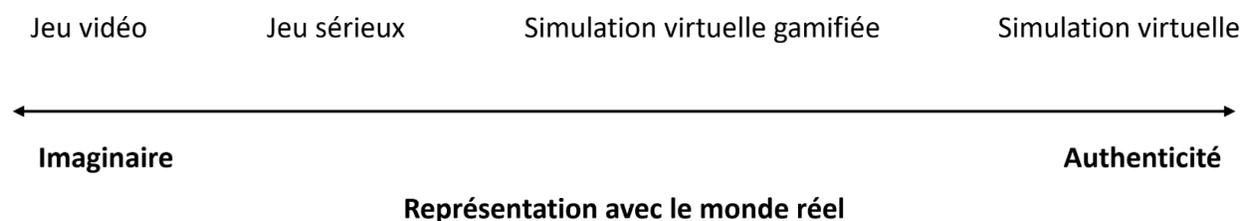


Figure 20. – Distinctions conceptuelles entre le jeu vidéo et des interventions numériques de formation en fonction de leur représentation avec le monde réel

Afin de diminuer l'ambiguïté conceptuelle entre le jeu sérieux et la simulation virtuelle, nous recommandons aux chercheuses, chercheurs, formatrices et formateurs de réserver l'emploi du terme « jeux sérieux » aux interventions de formation qui intègrent, d'une manière ou d'une autre, ce caractère imaginaire ou distinct du réel. Si l'intention est de proposer un scénario clinique à l'image du réel ou une représentation authentique d'une interaction entre une infirmière ou un infirmier et une personne hospitalisée, le terme « simulation » devrait être préféré. Si cette simulation intègre certains éléments traditionnellement associés aux jeux vidéo et aux jeux sérieux, tels qu'un pointage, un compte à rebours, des emblèmes ou un tableau de classement, le terme de simulation gamifiée devrait lui être préféré.

Utilisation du modèle d'Alexiou et Schippers (2018)

À notre connaissance, il s'agit du premier prototype d'un jeu sérieux développé d'après le modèle d'apprentissage par le jeu d'Alexiou et Schippers (2018). Nous avons retenu ce modèle, puisqu'il s'agissait d'un des seuls à mettre de l'avant le caractère imaginaire et ludique que l'on associe au jeu sérieux. De plus, ce modèle permettait d'identifier chacun des éléments des couches constitutives d'un jeu sérieux et de théoriser les mécanismes par lesquels le jeu sérieux pouvait mener à des résultats d'apprentissage. Mentionnons que le modèle paraît s'appuyer principalement sur des écrits du domaine de l'apprentissage par le jeu. Ceci permet donc d'obtenir un portrait global des principaux discours dans ce domaine (McArthur et al., 2020). Le modèle apparaît également s'appuyer sur les avis de son auteur et de son autrice à partir de leurs

expériences dans le domaine. Bien que les précédentes études qu'ils ont menées ne fassent pas l'objet de références directes dans la description du modèle (Alexiou et al., 2013; Alexiou et al., 2012), ils possèdent une expérience dans le domaine de l'apprentissage par le jeu. Par la rareté des données empiriques permettant de guider le design de jeux sérieux (Brull et al., 2017; Dankbaar et al., 2017), il apparaît raisonnable de se tourner vers des avis crédibles d'individus ayant de l'expérience dans le domaine (p.ex., les chercheuses et chercheurs ayant proposé le modèle théorique retenu dans le cadre de cette thèse) et leur analyse de travaux théoriques jugés pertinents.

Il nous a donc été possible de mettre à l'essai, pour une première fois, ce modèle dans la proposition d'un jeu sérieux et de suggérer des pistes pour contribuer à son développement. Nous avons ainsi ressenti davantage d'incertitude lors de l'intégration d'indices et d'un rendu sonore à SIGN@L-A puisque les appuis théoriques ou empiriques se faisaient plus rares pour nous guider dans nos décisions. Nous discuterons donc de notre contribution relativement à ces aspects. Les autres éléments du modèle sont discutés dans l'article de résultats et plus loin dans ce chapitre. Puis, nous proposerons certaines pistes de réflexion quant aux traits des utilisatrices et des utilisateurs suggérés dans ce modèle.

Intégration d'indices et progression de la complexité

Alexiou et Schippers (2018) suggèrent l'intégration d'indices pour permettre aux utilisatrices et utilisateurs de ressentir un niveau optimal de défi dans l'atteinte des objectifs proposés par le jeu sérieux; les indices représentent un soutien optionnel afin que le défi ressenti ne paraisse pas trop important. Cependant, les considérations liées à l'intégration d'indices à l'intérieur d'un jeu sérieux sont encore aujourd'hui peu connues. Les utilisatrices et utilisateurs de jeux sérieux ont déjà manifesté préférer qu'un soutien dans l'atteinte des objectifs du jeu sérieux soit intégré et non externe au jeu sérieux (p. ex., qu'il soit offert par une enseignante ou un enseignant qui observe l'utilisatrice ou l'utilisateur dans son utilisation du jeu sérieux; Hannig et al., 2013). Nous avons donc décidé d'intégrer trois formes d'indices au jeu sérieux, allant d'un soutien plus faible (la définition, à la demande, d'un élément dans une grille ou, automatiquement en cas d'erreur, l'offre d'une information sur les concepts compris dans le réseau logique à construire) à un soutien plus important (l'indication, à la demande, d'un élément composant un réseau logique).

Les résultats qualitatifs suggèrent que les indices ont favorisé la motivation intrinsèque des participantes et participants en leur permettant, d'après eux, de progresser dans SIGN@L-A sans se décourager en raison d'erreurs. De plus, la définition d'un élément dans une grille et l'offre d'une information sur les concepts compris dans le réseau logique leur permettaient d'acquérir des connaissances sur les concepts liés à l'ICA sans retour nécessaire dans leurs ouvrages de référence. Les participantes et participants ont toutefois mentionné qu'ils aimeraient, d'une part, qu'une future version de SIGN@L intègre davantage d'indices pouvant être utilisés sans tentative de leur part d'atteindre un objectif et que, d'une autre part, chaque tentative infructueuse de construire un réseau logique leur permette d'obtenir un indice différent du précédent.

Concernant l'offre d'indices sans tentatives d'atteindre un objectif, les chercheuses et chercheurs expriment des réserves sur son apport possible sur l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage. D'un point de vue théorique, les objectifs doivent offrir un niveau optimal de défi aux utilisatrices et utilisateurs; s'ils sont perçus comme trop faciles, ils peuvent mener à l'ennui et, s'ils sont perçus comme trop difficiles, ils peuvent créer du stress et du découragement (Alexiou et Schippers, 2018). Si les utilisatrices et utilisateurs peuvent obtenir directement une multitude d'indices avant même de tenter d'atteindre un objectif, il existe un risque que les utilisatrices et utilisateurs choisissent de toujours prendre connaissance des indices offerts avant même de tenter d'atteindre l'objectif (Aleven et Koedinger, 2000; O'Rourke et al., 2014). Conséquemment, cela pourrait avoir comme effet que les utilisatrices et utilisateurs perçoivent les objectifs comme faciles à atteindre ce qui, ultimement, nuirait à leur engagement et leur motivation intrinsèque (Alexiou et Schippers, 2018; Hamari et al., 2016; Lyons, 2015). La nécessité de se remémorer ses connaissances antérieures serait également diminuée alors que les informations nécessaires pour atteindre chaque objectif proposé seraient offertes directement. Ultimement, cela pourrait donc avoir un effet délétère sur l'apprentissage.

Toutefois, si la suggestion d'intégrer davantage d'indices sans commettre d'erreurs provient du fait que les objectifs sont perçus comme trop difficiles, une alternative à ce problème pourrait consister à augmenter de manière plus progressive leur complexité, ou la quantité d'informations à considérer pour les atteindre. Dans SIGN@L-A, chacun des quatre niveaux de jeu commençait par des grilles de petites tailles (p. ex., 2x2 ou 2x3) et se terminait par des grilles de tailles plus

importantes (p. ex., 3x4, 4x4). L'ordre des grilles était le même pour SIGN@L-B, mais sans la division par niveaux. Une future version de SIGN@L pourrait donc proposer un ordre différent pour les grilles; les grilles de petite taille seraient réservées pour les premiers niveaux de jeu alors que les grilles de grande taille seraient intégrées aux derniers niveaux de jeu.

Concernant la suggestion d'offrir des indices différents des précédents à chaque tentative infructueuse de construire un même réseau logique, il s'agit d'une avenue qui pourrait aussi être explorée dans une future version de SIGN@L. Toutefois, il est évident que d'adapter l'offre d'indices aux actions réalisées par les utilisatrices et utilisateurs complexifie grandement le développement du jeu sérieux sans garantie que ceci contribue à améliorer l'engagement, la motivation intrinsèque ou l'apprentissage. Chaque nouvel indice doit être développé, révisé pour sa clarté et sa justesse et programmé à l'intérieur du jeu sérieux. De plus, peu importe les indices qui sont offerts, il existe toujours la possibilité qu'ils ne ciblent pas directement les difficultés éprouvées spécifiquement par chaque utilisatrice et utilisateur et qu'ils leur soient peu utiles (O'Rourke et al., 2014). Parallèlement, l'offre d'une trop grande quantité d'indices risque d'être perçue comme envahissante, ce qui pourrait les mener à les ignorer (Muir et Conati, 2012). Il nous apparaît donc essentiel que les considérations liées à l'offre d'indices par un jeu sérieux fassent l'objet de davantage d'études par les chercheuses et chercheurs. Entre autres, les bénéfices et les risques liés à l'adaptation ou la multiplication d'indices à l'intérieur des jeux sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage devraient être explorés.

Intégration d'un rendu sonore

Alexiou et Schippers (2018) écrivent que la présence d'un rendu sonore peut améliorer l'engagement des utilisatrices et utilisateurs en donnant vie au monde imaginaire du jeu sérieux. Toutefois, nous avons été en mesure d'identifier peu d'appuis théoriques ou empiriques afin de nous guider dans l'intégration d'un rendu sonore. Devant les résultats rapportés dans de précédentes études et où certaines utilisatrices et certains utilisateurs se sont sentis distraits par le rendu sonore (Diehl et al., 2015; Mordt et al., 2011), nous avons fait le choix de sélectionner une trame sonore de fond sans paroles, dont le tempo était lent, mettant à l'avant-plan des instruments tels que le piano, le tambour ou la guitare acoustique, et dont nous avons diminué le volume. Ces aspects ont été suggérés dans une précédente étude en psychologie comme

pouvant favoriser la détente (Hernandez-Ruiz et al., 2018). Lors des entrevues, plusieurs participantes et participants ont également rapporté que le rendu sonore, en particulier la trame sonore, les avait aidés à se détendre et à demeurer attentifs lors de leur utilisation du jeu sérieux. D'autres participantes et participants nous ont toutefois informés qu'ils ne se rappelaient plus que SIGN@L-A comprenait une trame sonore et que cela devait être dû au fait qu'elle ne les avait pas dérangés. À cet effet, Stingel-Voigt (2019) rapporte que la trame sonore d'un jeu sérieux ne devrait pas être perçue comme dérangeante ou distrayante. Notre intégration d'une trame sonore dans SIGN@L-A serait donc cohérente avec les suggestions de cette autrice.

Toutefois, Stingel-Voigt (2019) suggère également que la trame sonore s'adapte aux événements narratifs d'un jeu sérieux afin de demeurer cohérente avec l'évolution du monde imaginaire. Dans SIGN@L-A, la trame sonore était la même, et ce, peu importe si l'état des personnes hospitalisées se détériorait. En ce sens, dans une future version de SIGN@L-A, nous pourrions songer à augmenter le tempo de la trame sonore au fur et à mesure que l'état d'une personne hospitalisée se détériore, et ce, afin d'insuffler un sentiment d'urgence chez les utilisatrices et utilisateurs et favoriser leur engagement cognitif. Ceux-ci ont d'ailleurs mentionné que la détérioration progressive des personnes hospitalisées en cas d'erreurs les incitait à porter davantage attention au contenu des grilles. Une modification du tempo à la trame sonore pourrait ainsi permettre d'améliorer davantage leur attention, ou leur engagement cognitif, au jeu sérieux. Cependant, en accord avec le modèle d'Alexiou et Schippers (2018), une telle modification pourrait également générer un excès de stress dans leurs tentatives d'atteindre les objectifs proposés, diminuer leur sentiment de compétence et nuire à leur motivation intrinsèque. Une future étude pourrait donc apprécier l'apport de différentes trames sonores, par exemple qui s'adaptent ou non aux événements narratifs, sur l'engagement, la motivation intrinsèque et les résultats d'apprentissage.

Prise en compte des traits des utilisatrices et des utilisateurs

Alexiou et Schippers (2018) proposent que des traits des utilisatrices ou des utilisateurs puissent influencer la relation entre le jeu sérieux, l'engagement, la motivation intrinsèque et des résultats d'apprentissage. Toutefois, les implications de ces traits pour le développement d'un jeu sérieux nous sont apparues limitées ou ambiguës. Certains traits nous sont plutôt apparus comme

davantage pertinents pour offrir des pistes d'explication quant à la décision des utilisatrices et des utilisateurs d'utiliser ou non un jeu sérieux. Par exemple, on mentionne que des personnes qui ne sont pas portées vers l'atteinte d'objectifs ou qui sont peu ouvertes à de nouvelles expériences pourraient éviter l'utilisation d'un jeu sérieux. Ce trait pourrait donc davantage servir à expliquer un faible taux d'utilisation d'un jeu sérieux plutôt que l'intensité de la relation entre le jeu sérieux et l'expérience d'apprentissage. Concernant le trait lié à la recherche de sensations, on rapporte que les personnes qui possèdent ce trait seraient portées à utiliser des jeux vidéo d'action ou de tirs à la première personne. Toutefois, l'implication de ce trait pour le développement de jeux sérieux demeure ambiguë si le jeu sérieux n'intègre pas d'objectifs s'apparentant à ce type de jeu vidéo.

Les résultats obtenus au volet qualitatif de l'étude nous permettent cependant de suggérer que la capacité de mémoire de travail des individus, ou leur capacité à traiter et organiser de l'information provenant de stimuli auditifs et visuels (Fisch, 2017), pourrait influencer leur réceptivité aux éléments du jeu sérieux. En effet, quelques participantes et participants ont rapporté s'être sentis dérangés ou distraits par des éléments du rendu visuel (p. ex., personnages secondaires à l'écran lors de la construction d'un réseau logique) ou sonore (p. ex., effet sonore lorsque l'utilisatrice ou l'utilisateur clique sur une case d'une grille). Certains ont d'ailleurs rapporté avoir fait l'utilisation de la fonctionnalité permettant d'éteindre la trame sonore ou les effets sonores, une fonctionnalité intégrée à SIGN@L à la suite d'une proposition de précédentes chercheuses et précédents chercheurs (Diehl et al., 2015; Mordt et al., 2011). D'après Dankbaar et al. (2016), une intervention de formation telle que le jeu sérieux pourrait surcharger la mémoire de travail de certains individus dû aux nombreux éléments de design offrant simultanément plusieurs stimuli auditifs et visuels. Conséquemment, ces éléments présentent le potentiel de distraire les utilisatrices et utilisateurs des objectifs, soit un élément central à leur apprentissage (Schrader et Bastiaens, 2012).

Peu de données empiriques permettent toutefois d'appuyer le fait que les nombreux éléments de design des jeux sérieux exercent un effet tel sur la mémoire de travail des utilisatrices et utilisateurs que cela nuise significativement à leur apprentissage. Une seule étude réalisée dans le domaine de la santé et auprès d'étudiantes et d'étudiants en médecine a été identifiée

(Dankbaar et al., 2016). Les chercheuses et chercheurs n'ont pas été en mesure d'identifier de différences dans la charge exercée par les éléments de design d'un jeu sérieux sur la mémoire de travail des étudiantes et étudiants, et ce, en comparaison avec une intervention numérique présentant uniquement à l'écrit des vignettes cliniques. Également, deux études réalisées auprès d'enfants et d'adolescents suggèrent que la charge exercée par les éléments de design d'un jeu sérieux sur leur mémoire de travail ait un impact négatif, mais faible, sur leurs résultats d'apprentissage (Hawlitschek et Joeckel, 2017; Schrader et Bastiaens, 2012). D'autres études dans le domaine de la santé sont toutefois nécessaires afin d'appuyer ces résultats.

Dans cette étude, nous avons donc pu mettre à l'essai pour la première fois le modèle d'Alexiou et Schippers (2018) pour le développement d'un jeu sérieux. Nous sommes d'ailleurs d'avis que celui-ci peut être utile afin de guider les formatrices, formateurs, chercheuses, chercheurs et autres personnes intéressées par le développement de jeux sérieux. Nous avons partagé nos préoccupations lors de l'intégration de deux éléments suggérés dans le modèle dont les appuis théoriques ou empiriques étaient les moins solides, soit des indices et un rendu sonore. À partir de nos résultats et d'écrits théoriques et empiriques, nous avons pu formuler des suggestions pour raffiner l'intégration de ces éléments dans un jeu sérieux et dans une nouvelle version de SIGN@L. Nous avons également partagé nos réflexions quant aux traits des utilisatrices et utilisateurs qui sont suggérés dans ce modèle et avons proposé que la capacité de mémoire de travail des utilisatrices et utilisateurs puisse influencer leur réceptivité aux éléments du jeu sérieux.

Réalisation de revues systématiques

Deux revues systématiques ont été réalisées afin d'offrir des appuis empiriques au jeu sérieux et guider le développement du protocole de recherche de cette étude (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b).

Revue systématique d'efficacité des jeux sérieux pour la formation en santé

La première revue systématique, soit une revue d'efficacité d'interventions, comprenait des méta-analyses afin d'évaluer empiriquement l'efficacité des jeux sérieux pour la formation en

santé, comparativement à d'autres interventions de formation, sur l'engagement, la motivation intrinsèque et des résultats d'apprentissage (Maheu-Cadotte et al., 2021a).

Dans le cadre de cette revue, l'absence d'études comparant deux versions similaires d'un même jeu sérieux est une limite à laquelle nous avons été confrontés. Ce type d'étude aurait pu permettre d'isoler l'apport de certains éléments du jeu sérieux sur l'apprentissage des utilisatrices et utilisateurs et ainsi guider leur intégration dans SIGN@L. Cette limite nous a amenés à abandonner un pan complet du protocole de cette revue systématique, soit l'appréciation par des méta-analyses de l'apport d'éléments des jeux sérieux sur l'apprentissage (Maheu-Cadotte et al., 2018). À cet effet, nous appuyons la recommandation par Thomas et al. (2021) de s'assurer, durant l'écriture du protocole d'une revue systématique, que des écrits permettent de répondre à la question de recherche qui est posée. Les résultats d'une revue de la portée, qui cartographie un pan pertinent d'un domaine de recherche au regard de la question qui est posée, peuvent permettre de s'assurer que des écrits sont disponibles et qu'une revue systématique d'efficacité, par exemple, est faisable (Arksey et O'Malley, 2005; Levac et al., 2010; Peters et al., 2020). Cette limite nous a aussi incités à réaliser une nouvelle revue systématique afin d'obtenir, entre autres, l'avis des utilisatrices et utilisateurs quant à l'apport d'éléments des jeux sérieux sur leur engagement, motivation intrinsèque et résultats d'apprentissage. Cet aspect s'est inscrit à l'intérieur de la troisième question de recherche de cette revue, soit quels éléments des jeux sérieux ont été évalués et modifiés lors de l'implication des utilisatrices et utilisateurs à leur développement.

Revue systématique descriptive de l'implication des utilisatrices et utilisateurs dans le développement de jeux sérieux pour la formation en santé

La deuxième revue systématique était descriptive et a permis d'explorer l'implication des utilisatrices et utilisateurs dans le développement de jeux sérieux pour la formation en santé (Maheu-Cadotte et al., 2021b).

Certaines pistes suggérées par cette revue pour de futurs développements de jeux sérieux demeurent toutefois à être explorées. Nous avons identifié que les chercheuses et chercheurs n'employaient presque jamais des critères d'éligibilité afin de raffiner leur sélection des

utilisatrices et utilisateurs invités au développement d'un jeu sérieux. Un seul groupe avait mentionné avoir employé de tels critères et ceux-ci portaient sur le genre des utilisatrices et des utilisateurs et sur leur niveau d'expérience avec les jeux vidéo (Diehl et al., 2015). Ces chercheuses et chercheurs souhaitaient obtenir un nombre similaire de personnes s'identifiant comme des femmes et comme des hommes, ainsi qu'une variation dans leur niveau d'expérience à jouer à des jeux vidéo. Toutefois, dû aux résultats mitigés quant à l'impact que le genre pourrait avoir sur l'apprentissage à la suite de l'utilisation d'un jeu sérieux (Garber et al., 2017; Haubruck et al., 2018; Kron et al., 2010; Tubelo et al., 2019), nous avons fait le choix de ne pas utiliser de méthodes d'échantillonnage stratifiées d'après le genre. Bien que l'impact que le genre des utilisatrices et utilisateurs pourrait avoir sur l'apport d'un jeu sérieux continue d'être une préoccupation pour plusieurs chercheuses et chercheurs, à notre connaissance, aucune donnée empirique dans le domaine des jeux sérieux ne permet d'appuyer que le genre soit une variable influençant significativement l'apprentissage dans ce domaine. Pour assurer la faisabilité des méthodes de recrutement, nous avons également choisi de ne pas considérer le niveau d'expérience à jouer à des jeux vidéo. La composition de notre échantillon, soit en grande majorité des personnes s'identifiant comme des femmes et ayant un niveau d'expérience faible à moyen avec les jeux vidéo, ne nous permet pas non plus de stratifier la présentation de nos résultats à partir de ces variables. Il est suggéré que le niveau d'expérience à jouer à des jeux vidéo influence plus particulièrement la perception des utilisatrices et utilisateurs vis-à-vis l'esthétique fonctionnelle des jeux sérieux (celles et ceux ayant moins d'expérience avec les jeux vidéo pouvant rapporter le plus de difficultés à utiliser un jeu sérieux; Diehl et al., 2015). Toutefois, ce résultat demeure à être reproduit à l'intérieur d'autres études.

Cette revue a également permis d'identifier que les utilisatrices et utilisateurs étaient plus fréquemment des testeuses et testeurs de prototypes d'un jeu sérieux. Ils étaient rarement invités à titre de consultants en début de développement. Nous avons d'ailleurs suggéré aux chercheuses et chercheurs dans la discussion de cette revue de partager leur expérience quant à l'implication des utilisatrices et utilisateurs à titre de consultants. Toutefois, à cause du manque de données pouvant nous permettre de guider leur implication à titre de consultants et puisque le développement de SIGN@L était déjà bien avancé, nous avons fait le choix de les impliquer, à

l'instar de la majorité des chercheuses et chercheurs, à titre de testeuses et testeurs. Nous avons soulevé, dans la discussion de cette revue, qu'une limite possible à leur implication uniquement à titre de testeuses et de testeurs était qu'il pouvait leur être difficile d'avoir une contribution substantielle au design d'un jeu sérieux. Nous jugeons toutefois que cette limite est atténuée par le fait que SIGN@L a été développé par l'étudiant-chercheur et qu'il est toujours relativement simple d'apporter directement des modifications au design de cette intervention de formation. Néanmoins, nous continuons de suggérer aux chercheuses et chercheurs de partager leur expérience quant à l'implication des utilisatrices et utilisateurs à titre de consultants. Bien que l'implication tôt dans le développement d'un jeu sérieux soit suggérée (Olszewski et Wolbrink, 2017), l'apport potentiel des utilisatrices et utilisateurs lors des premières étapes de développement d'un jeu sérieux demeure inconnu.

Proposition d'un jeu sérieux

Afin d'atteindre le deuxième objectif de l'étude, nous avons présenté, au troisième chapitre de la thèse, le processus de développement de SIGN@L-A ainsi que le design de ce jeu sérieux.

Nous discuterons dans cette section d'aspects en lien avec la proposition d'un jeu sérieux. Plus particulièrement, nous aborderons le faible coût et la durée de développement relativement rapide de notre jeu sérieux. Alors que la proposition d'un jeu sérieux est souvent décrite comme une entreprise coûteuse et longue dans le temps (Olszewski et Wolbrink, 2017), le développement de SIGN@L a coûté 300 \$ CA, et ce, principalement en frais d'acquisition d'un logiciel de développement et d'éléments audiovisuels. La durée des activités liées directement à son développement a été de 6 mois.

Le peu de descriptions fournies dans les écrits scientifiques quant au processus de développement de jeux sérieux nous limite toutefois dans la comparaison du coût et de la durée de développement de SIGN@L. Cette information est d'ailleurs particulièrement difficile à retracer puisque plusieurs chercheuses et chercheurs évaluent des jeux sérieux existants et développés par des compagnies privées (Adjedj et al., 2017; Graafland et al., 2017; Haubruck et al., 2018). Certaines chercheuses et certains chercheurs ont suggéré que le développement d'un seul jeu sérieux puisse coûter des centaines de milliers de dollars, voire des millions, et prendre

jusqu'à 2 ans (Verschueren et al., 2019; Waters et al., 2008). De notre côté, à la suite de plusieurs communications personnelles avec des compagnies privées spécialisées dans le développement d'interventions numériques de formation, nous avons estimé le coût associé au développement d'un jeu sérieux comme pouvant varier entre 50 000 et 500 000 \$ CA. La durée totale nécessaire pour le développement était estimée entre 8 et 12 mois.

Nous proposons que certains facteurs puissent expliquer le faible coût et durée de développement relativement rapide de SIGN@L, soit sa programmation par une seule personne ainsi que le choix des objectifs et de son rendu visuel. Nous proposons également que l'adaptation d'un jeu sérieux pour servir d'autres objectifs d'apprentissage que ceux prévus initialement puisse permettre d'améliorer sa rentabilité. Nous concluons cette section en présentant certaines réflexions liées aux ressources nécessaires pour le développement d'un jeu sérieux, et ce, afin de guider les chercheuses, chercheurs, formatrices et formateurs intéressés par un tel projet.

Programmation de SIGN@L par une seule personne

La programmation du jeu sérieux a été réalisée entièrement par une seule personne, soit l'étudiant-chercheur, ce qui a certainement contribué à diminuer le coût de développement alors que celui-ci était déjà habile en programmation informatique et ne percevait pas de salaire. Toutefois, même en comptabilisant un salaire pour les 700 heures de travail par l'étudiant-chercheur, par exemple à hauteur de 40 à 50\$/heure, le total serait demeuré inférieur aux estimations produites par les compagnies rencontrées. Bien que le développement d'interventions numériques de formation se soit démocratisé au courant de la dernière décennie (Choudhury et Pattnaik, 2020), par exemple avec l'apparition de plates-formes d'édition de contenu telles que Moodle^{MC}, le manque de ressources financières et de temps demeure la principale barrière au développement d'un jeu sérieux (Dimitriadou et al., 2021). À cette barrière, on peut supposer que plusieurs chercheuses, chercheurs, formatrices et formateurs ne possèdent pas d'emblée un niveau d'habiletés en programmation informatique leur permettant de développer de manière autonome un jeu sérieux, et ce, quoique ces personnes puissent présentement être déjà directement impliquées dans le développement d'autres interventions numériques de formation (p. ex., la configuration de la page d'un cours à l'intérieur d'un

environnement numérique d'enseignement et d'apprentissage). Dans le cadre de cette étude, nous avons employé un logiciel de développement de jeux vidéo (Game Maker Studio 2^{MC}) qui est décrit comme facile d'utilisation pour les novices dans le domaine (Minor, 2021). Alors que la compagnie qui possède ce logiciel offre gratuitement une formation d'une durée totale pouvant avoisiner les 20 heures pour s'initier aux fondements de la programmation (Manthorp, 2020), il a fallu à l'étudiant-chercheur le double d'heures uniquement pour se familiariser avec les fonctionnalités du logiciel. Des données empiriques sont toutefois nécessaires afin d'évaluer si cet investissement de temps et d'argent est mérité, le ratio coût/efficacité des jeux sérieux étant toujours inconnu (Bajpai et al., 2019).

Au-delà des ressources humaines, deux éléments dans le design de SIGN@L peuvent expliquer que la durée et le coût de développement de ce prototype étaient moins importants qu'initialement prévu, soit les objectifs et son rendu visuel associé à son esthétique hédonique.

Choix des objectifs et du rendu visuel

D'abord, les objectifs consistaient à construire des réseaux logiques à l'intérieur de grilles afin de décrire le lien unissant deux concepts. Comparativement à la conception de scénarios cliniques, fréquents dans certains jeux sérieux et dans des interventions de simulation virtuelle, la conception de cette mécanique de jeu était plus simple. En effet, la conception de scénarios cliniques et leur transposition dans un contexte numérique peuvent être complexes et demander un temps important afin de s'assurer qu'ils soient représentatifs des situations rencontrées en pratique clinique (Alinier, 2010; O'Brien et al., 2015). Ceci nous a donc, en parti, incité à explorer des objectifs autres que ceux d'évaluer et d'intervenir à l'intérieur de scénarios cliniques. Comme discuté dans l'article de résultats, les participantes et participants dans notre étude ont perçu que les objectifs proposés dans SIGN@L leur ont permis d'apprendre. De plus, la manière dont la construction de réseaux logiques leur permettait d'apprendre rejoint le propos d'Alexiou et Schippers (2018) sur l'apprentissage dans un jeu sérieux. Par exemple, les participantes et participants ont rapporté que la création de réseaux logiques leur permettait de faire des liens entre concepts liés à l'ICA et ceux-ci remettaient en question ces liens, en cas d'erreur. Ceci rejoint le propos de ces auteurs lorsque ceux-ci mentionnent que l'observation et l'analyse des éléments

constitutifs d'un problème (ici, les concepts présentés dans les grilles) et l'exploration de différentes stratégies pour le résoudre (ici, les différents essais afin de proposer un réseau logique juste) permettent l'apprentissage. La construction de réseaux logiques comme des objectifs à atteindre dans SIGN@L a donc pu favoriser l'apprentissage des participantes et participants.

Ensuite, le rendu visuel de SIGN@L était en deux dimensions et de type « dessins animés ». Comme recommandés par Alexiou et Schippers (2018), le rendu visuel de SIGN@L ne visait donc pas l'atteinte d'un haut niveau de réalisme. Nous visons plutôt à ce que celui-ci demeure harmonieux et cohérent tout au long de l'utilisation du jeu sérieux. La conception d'un rendu visuel réaliste en trois dimensions est d'ailleurs associée à des coûts et à des durées de développement importantes (Verschuere et al., 2019). Nous avons donc fait l'acquisition, à faible coût, d'éléments visuels en deux dimensions et mis à la disposition de développeuses et développeurs de jeux vidéo (Open GameArt organisation, s.d.; Shutterstock Inc., 2021; VideoPlasty SRL, 2021). Sinon, certains éléments visuels, tels que les boutons, les emblèmes dorés et les grilles, ont été dessinés directement par l'étudiant-chercheur. Même s'il s'agissait uniquement d'un prototype, sur le plan quantitatif, les utilisatrices et utilisateurs ont rapporté à la mesure d'engagement un haut niveau d'attrait esthétique pour SIGN@L-A. Une esthétique hédonique qui ne visait pas à atteindre un haut niveau de réalisme a donc été perçue tout de même comme attrayante.

Adaptation possible de SIGN@L

Les coûts et les délais initiaux du développement d'un jeu sérieux pouvant être importants, l'adaptabilité et la possibilité de mettre à jour un jeu sérieux pourraient permettre d'améliorer sa rentabilité. En effet, la possibilité d'adapter facilement un jeu sérieux pour servir à d'autres objectifs d'apprentissage que ceux identifiés initialement pourrait mener à un meilleur rendement (Brull et al., 2017). Dans l'optique où un jeu sérieux serait développé à partir de fonds publics, nous jugeons que les chercheuses, chercheurs, formatrices et formateurs devraient réfléchir lors du développement aux manières dont le jeu sérieux pourra être adapté ou mis à jour. Une telle réflexion pourrait permettre d'éviter une utilisation peu judicieuse des ressources. Toutefois, il est suggéré que l'adaptation des jeux sérieux développés actuellement peut être en

elle-même coûteuse, et ce, encore plus que pour d'autres interventions numériques de formation (Drummond et al., 2017). À cet effet, nous n'avons pas été en mesure d'identifier de jeux sérieux évalués empiriquement dont le design avait été adapté pour satisfaire à d'autres objectifs d'apprentissage. Au mieux, certaines autrices et certains auteurs font mention que leur jeu sérieux puisse servir à différentes populations, mais ce, pour les mêmes besoins d'apprentissage (Boada et al., 2015; de Sena et al., 2019).

Nous anticipons que SIGN@L puisse être facilement adapté pour correspondre à d'autres objectifs d'apprentissage. Le contenu des grilles et les indices pourraient être modifiés lors d'un futur développement. Des participantes et participants de l'étude ont d'ailleurs fait des suggestions en ce sens lors des entrevues alors qu'ils ont proposé qu'une future version de SIGN@L inclue davantage de réseaux en lien avec la médication, les interventions infirmières en situation d'ICA et éventuellement d'autres maladies que l'ICA.

Ressources nécessaires au développement d'un jeu sérieux

À la lumière des travaux liés à ce deuxième objectif et des résultats obtenus, nous formulons donc les recommandations suivantes. D'abord, nous recommandons à toutes les personnes intéressées au développement d'un jeu sérieux (p. ex., gestionnaires, formatrices ou formateurs, chercheuses ou chercheurs) de considérer les importantes ressources nécessaires au développement d'une telle intervention de formation. Le plus tôt possible, nous recommandons de chercher et d'obtenir les ressources financières nécessaires au développement et d'identifier des entreprises ou des individus qui sont en mesure de réaliser la programmation d'un jeu sérieux. Bien que des éditeurs de jeux vidéo disponibles pour le grand public puissent permettre la programmation d'un jeu sérieux, les connaissances et habiletés informatiques requises pour mener à terme une telle activité ne sont pas nécessairement à la portée de toutes et tous. Impliquer des tiers qui sont en mesure de réaliser la programmation du jeu sérieux risque donc d'être un incontournable. Devant les importantes sommes qui risquent de devoir être investies durant le projet et le nombre potentiellement élevé d'individus qui risquent de collaborer au développement à un moment ou à un autre, nous recommandons d'impliquer tôt dans le processus de développement un service-conseil en valorisation et transfert technologique; celui-

ci peut permettre de clarifier des questions liées à la propriété intellectuelle et collaborer au développement d'une entente de partenariat.

Si les ressources financières, matérielles et de temps ne permettent pas le développement d'un jeu sérieux, nous recommandons de considérer les alternatives suivantes. D'abord, une solution moins onéreuse pourrait consister à acheter une licence d'utilisation d'un jeu sérieux déjà développé et qui est aligné avec les besoins d'apprentissage des utilisatrices et des utilisateurs. Une recherche en ligne peut permettre d'identifier certains jeux sérieux déjà développés par des entreprises privées et dont les droits d'utilisation peuvent être obtenus (Breakaway Games, 2022; Grendal Games, s. d.). Les ressources financières nécessaires restent tout de même à considérer (environ quelques milliers de dollars, et ce, dépendamment du nombre de personnes à qui le jeu sérieux est distribué et la durée de la période de formation), mais les ressources humaines et de temps diminuent alors significativement. Si les ressources financières sont quasi inexistantes pour un tel projet, une seconde alternative peut consister à offrir une intervention de formation basée sur l'apprentissage par le jeu. Le jeu sérieux est une intervention de formation parmi plusieurs qui peut être développée d'après l'apprentissage par le jeu; des interventions de formation offertes en présentiel ou par d'autres méthodes en ligne peuvent également être basées sur l'apprentissage par le jeu (Hamari et al., 2014; Majuri et al., 2018; Nevin et al., 2014; Ofosu-Ampong et al., 2020). Cette étude a d'ailleurs permis d'apprécier l'apport des éléments du jeu sérieux et les résultats obtenus pourraient guider l'offre d'autres interventions de formation développées d'après l'apprentissage par le jeu. Par exemple, être en mesure de se situer dans sa progression a été identifié comme important afin de soutenir l'engagement et la motivation intrinsèque des participantes et participants. Un tel résultat appuie donc, par exemple, l'intégration de marqueurs et de barres de progression à l'intérieur d'autres interventions de formation. Considérer d'autres interventions de formation basées sur l'apprentissage par le jeu peut représenter une alternative moins onéreuse.

Appréciation de l'apport du jeu sérieux

Cette section de la discussion porte sur les résultats obtenus au regard du troisième objectif de l'étude, soit celui d'apprécier, par des méthodes quantitatives et qualitatives, l'apport d'un jeu

sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières.

Pour ce faire, nous avons employé un devis multiméthodes. Le protocole de recherche a été présenté au quatrième chapitre de la thèse et les résultats au cinquième chapitre. Les principaux résultats de l'étude font également l'objet d'un article scientifique qui est présenté au cinquième chapitre (Maheu-Cadotte et al., 2022).

Dans la section qui suit, nous aborderons le faible taux de participation à l'étude, la facilité d'utilisation des jeux sérieux par les participantes et participants, l'association entre les variables d'engagement et de motivation intrinsèque ainsi que l'importance des améliorations aux scores de RCI en contexte d'ICA. Également, nous discuterons plus particulièrement de l'apport perçu de deux éléments de SIGN@L-A sur l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage, soit les emblèmes et les niveaux de jeu.

Faible taux de participation à l'étude

Un faible pourcentage d'étudiantes et d'étudiants admissibles ont accepté de participer à l'étude (n=28/198; 14%), et ce, bien que l'on aurait pu s'attendre à ce que l'aspect novateur du jeu sérieux pique leur curiosité. L'aspect novateur d'une intervention est d'ailleurs associé à un plus grande motivation intrinsèque à l'utiliser (Kashdan et Silvia, 2021). Nous n'avons pas sondé les raisons de non-participation à l'étude. Toutefois, il est possible d'émettre l'hypothèse que les étudiantes et étudiants n'ont pas perçu la valeur ajoutée du jeu sérieux à leur formation actuelle ou qu'ils préféreraient interagir avec le contenu clinique enseigné d'une autre manière. Dans leur étude auprès d'étudiantes et étudiants en médecine, Courtier et al. (2016) ont trouvé que les étudiantes et étudiants préféreraient recevoir une présentation magistrale plutôt qu'un jeu sérieux et que la présentation magistrale était perçue comme plus intéressante et efficace pour leur apprentissage. De manière similaire à ce que rapportent Courtier et al. (2016), on peut donc supposer que le jeu sérieux ne soit pas nécessairement toujours perçu par les étudiantes et les étudiants comme une intervention de formation supérieure à ce qui est déjà en place. D'un point de vue théorique, Alexiou et Schippers (2018) proposent que les individus qui ne sont pas familiers avec les jeux vidéo et qui sont peu ouverts à de nouvelles expériences puissent percevoir

avec un certain scepticismisme les jeux sérieux et être peu enclins à les utiliser. De tels résultats peuvent appuyer la valeur ajoutée de travailler en collaboration avec les utilisatrices et utilisateurs à qui une intervention est destinée. D'une part, ceci peut permettre d'élucider les besoins et les préférences des principaux concernés. D'une autre part, cela peut leur permettre d'avoir une influence sur les décisions prises et le développement d'une intervention proposée pour y répondre (Kelly, 2018). De plus, si l'objectif d'une nouvelle étude est d'évaluer l'effet ou l'efficacité d'un jeu sérieux, nous recommandons aux chercheuses et aux chercheurs de considérer plus d'un groupe d'étudiantes et d'étudiants pour le recrutement. Ceci peut leur permettre d'obtenir une taille d'échantillon suffisante pour proposer des mesures de résultat précises et assurer la validité des conclusions statistiques.

Facilité d'utilisation des jeux sérieux

Dans notre étude, les participantes et participants ont rapporté dans les questionnaires d'engagement des niveaux d'utilisabilité élevés avec les prototypes (une mesure qui est en lien, plus directement, avec l'esthétique fonctionnelle), et ce, même si plusieurs avaient un faible niveau d'expérience avec les jeux vidéo. D'après les résultats obtenus dans la revue systématique qualitative de Talan et al. (2020), une barrière perçue à l'utilisation des jeux sérieux inclut pourtant l'impression que la prise en main d'un jeu sérieux exigerait un temps considérable de préparation. Lors des entrevues qualitatives, les participantes et participants ont également fait part de leur facilité à utiliser les prototypes même si plusieurs ont rapporté ne pas avoir lu entièrement ou attentivement le tutoriel d'introduction. Hormis la présence d'erreurs informatiques qui ont touché certaines participantes et certains participants, ceux-ci ont rapidement saisi comment utiliser les prototypes. Cela peut être dû au fait que l'utilisation des prototypes se faisait entièrement à la souris d'ordinateur (sans utilisation du clavier). Une participante a d'ailleurs rapporté lors d'une entrevue qu'elle considérait que de cliquer sur les éléments des grilles afin de construire des réseaux logiques était beaucoup plus simple que d'écrire au clavier, comme c'était le cas pour les questionnaires de RCI en contexte d'ICA. En effet, des limites technologiques à la plate-forme utilisée pour la collecte de données nous ont obligés à demander aux participantes et participants d'inscrire une à une la séquence de lettres associées aux éléments composant le réseau logique (voir la Figure 15; p. 129). Par ailleurs, mis à part une

participante qui a rapporté ne pas avoir été en mesure d'installer un des prototypes (et qui n'a pas répondu à notre offre de l'aider pour l'installation), aucune autre participante ni aucun autre participant ne nous a fait part de difficultés d'installation. Malgré la crainte que la prise en mains du jeu sérieux exige un temps considérable de préparation, nous avons constaté qu'il était facile pour la majorité des participantes et participants de notre étude d'installer et d'utiliser les interventions de formation.

Association entre l'engagement et la motivation intrinsèque

Nous avons identifié de fortes associations entre les variables d'engagement et de motivation intrinsèque pour les deux interventions de formation. D'un point de vue théorique, des associations étaient déjà postulées entre l'engagement et la motivation intrinsèque (Alexiou et Schippers, 2018). En effet, il est suggéré qu'un individu hautement attentif (engagement cognitif) et qui présente des réactions affectives (engagement émotif) lors d'une activité soit enclin à s'y adonner par lui-même (motivation intrinsèque). Il est aussi attendu qu'un individu enclin à s'adonner par lui-même à une activité y soit hautement attentif et qu'elle génère chez lui des réactions affectives. Les données empiriques obtenues dans cette étude appuient donc l'existence d'un lien théorique entre ces deux variables. De plus, comme discuté dans l'article de résultats, des associations faibles et mitigées ont été trouvées entre l'engagement et la motivation intrinsèque vis-à-vis le développement du raisonnement clinique infirmier. Cela étant, on peut aussi se questionner quant à ce qu'Alexiou et Schippers (2018) entendent par des réactions affectives (engagement émotif) et comment les mesures actuelles peuvent permettre de distinguer ce type d'engagement de la motivation intrinsèque.

Sur le plan des réactions affectives associées à l'engagement, Alexiou et Schippers (2018) donnent en exemples l'ennui, la joie et le stress. Toutefois, en décrivant la motivation intrinsèque comme l'envie de s'adonner à une activité, par exemple, parce qu'elle procure du bien à l'individu, nous jugeons qu'une certaine ambiguïté conceptuelle peut se produire entre la motivation intrinsèque et l'engagement émotif. Cette ambiguïté s'est d'ailleurs illustrée au travers de la mesure de l'engagement qui comprenait des items tels que « Mon expérience s'est avérée gratifiante » et celle de la motivation intrinsèque qui comprenait des items comme « ... cette activité est vraiment

plaisante ». On peut se questionner à savoir, même si une distinction conceptuelle était à faire entre « gratifiante » et « plaisante », si les participantes et participants de l'étude l'auraient faite. Une situation similaire s'est présentée lors des entrevues et de l'analyse des verbatim alors que lier l'apport d'un élément de design du jeu sérieux spécifiquement à l'engagement émotif ou à la motivation intrinsèque a représenté un défi. À l'oral, les participantes et participants n'ont pas semblé faire de distinctions entre leur engagement émotif et leur motivation intrinsèque à utiliser une des interventions de formation, et ce, même si l'effort était fait par l'auxiliaire de recherche de donner des exemples de réactions affectives (p. ex., surprise, frustration, stress) lorsque la question était posée sur le sujet. Fréquemment, les participantes et participants revenaient à la réaction affective de plaisir et de joie, que l'on associe davantage à la motivation intrinsèque. Il se peut donc que les associations ne soient pas le reflet d'un lien entre deux variables distinctes plutôt que le reflet d'une ambiguïté sur la signification et les limites conceptuelles de chacune.

Devant l'ambiguïté conceptuelle entre l'engagement (et sa dimension émotive spécifiquement) et la motivation intrinsèque et devant les fortes associations trouvées entre ces deux variables, on peut se questionner sur la valeur ajoutée de les mesurer conjointement dans le cadre du développement d'un jeu sérieux. La revue systématique d'efficacité des jeux sérieux (Maheu-Cadotte et al., 2021a) a permis d'identifier que les chercheuses et chercheurs s'étaient intéressés à une dizaine de variables que l'on pourrait lier à l'engagement (p. ex., niveau d'attention, stress ressenti à l'utilisation du jeu sérieux, alignement perçu entre le jeu sérieux et les attentes et besoins des utilisatrices et utilisateurs, voir le Tableau 3, p. 73). Toutefois, l'apport de chacune de ces réactions affectives et cognitives à l'apprentissage demeure inconnu. Nous suggérons donc aux chercheuses et chercheurs de considérer ces autres variables dans leur mesure de l'engagement. Celles-ci pourraient également permettre de préciser quelles réactions sont d'intérêt spécifiquement et d'offrir des données quant aux réactions qui sont davantage liées à l'apprentissage.

Amélioration des scores de raisonnement clinique infirmier

Sur le plan de l'apprentissage, à la suite de l'utilisation de chacune des interventions de formation, les participantes et participants ont vu une légère augmentation de leur score médian de RCI en

contexte d'ICA (entre 0,5 et 1,5 point sur un score de 0 à 10). La majorité des participantes et participants qui ont complété l'étude avaient déjà un score de RCI relativement élevé à T_0 (médiane = 8; EIQ = 2). De plus, aucune différence importante n'a été notée aux scores de RCI entre les participantes et participants du baccalauréat initial et ceux du programme DEC-BAC (r de Cohen, 0,09). Les interventions de formation ont donc été en mesure d'améliorer légèrement le score de RCI en contexte d'ICA chez des étudiantes et étudiants qui avaient déjà un score relativement élevé à la base. Puisque les étudiantes et étudiants qui ont participé à l'étude et utilisé les prototypes des jeux sérieux avaient, en grande majorité, déjà un score de RCI élevé à T_0 , on peut alors se questionner à savoir si les jeux sérieux sont des interventions de formation pertinentes à offrir dans des contextes où les connaissances antérieures sont faibles ou quasi inexistantes. Les participantes et participants ont d'ailleurs rapporté lors des entrevues qu'il leur aurait été difficile de construire les réseaux logiques s'ils n'avaient pas déjà abordé l'ICA dans le cadre de leur cours. Bien que les interventions de formation leur aient également permis d'acquérir de nouvelles connaissances (p. ex., en utilisant les indices en cas d'erreur ou en cherchant par eux-mêmes des informations sur l'ICA), les participantes et participants s'appuyaient avant tout sur leurs connaissances antérieures pour la construction de réseaux logiques.

Dans notre revue systématique, nous avons identifié que les jeux sérieux étaient fréquemment précédés d'une autre forme d'intervention de formation, par exemple, un texte à lire ou une courte présentation magistrale (Maheu-Cadotte et al., 2021a). De plus, d'après la méta-analyse de Wouters et al. (2013), on observe que les jeux sérieux sont plus efficaces lorsqu'ils sont accompagnés d'une autre intervention de formation plutôt qu'offerts seuls. Ce résultat fait sens avec les propos de Talan et al. (2020) comme quoi les jeux sérieux sont des interventions de formation qui peuvent permettre de rehausser les apprentissages, ou du moins d'enrichir des connaissances déjà existantes. Les jeux sérieux peuvent être considérés comme des interventions actives de formation, où les individus dirigent eux-mêmes leur apprentissage (Bonawitz et Xu, 2016). D'après MacDonald et Frank (2016), débiter un cheminement d'apprentissage par des interventions de formation davantage passives pour y intégrer progressivement des interventions plus actives permettrait de rehausser les résultats d'apprentissage. Une telle suggestion rejoint

également celle d’auteurs tels que Vygotsky et Cole (1978), Csikszentmihalyi (1975) et Lave et Wenger (1991). Celles-ci et ceux-ci font état du besoin pour une apprenante ou un apprenant d’obtenir, d’abord, un soutien plus important dans l’acquisition des connaissances et le développement d’habiletés nécessaires à maîtriser dans une situation. Ce soutien peut ensuite être progressivement retiré jusqu’à ce que l’apprenante ou l’apprenant soit en mesure d’agir de manière indépendante sans celui-ci. Par exemple, ici, les étudiantes et étudiants qui ont participé au projet ont pu percevoir qu’ils étaient prêts à agir de manière relativement indépendante au soutien offert par l’équipe d’enseignantes et d’enseignants ou par leurs manuels scolaires. Dans cette optique et dans le même ordre d’idées, on pourrait émettre l’hypothèse qu’uniquement les étudiantes et étudiants qui se sentaient prêts sur le plan de leurs RCI en contexte d’ICA à utiliser une intervention active de formation aient été intéressés à le faire.

Toutefois, comme mentionnée plus tôt en discussion, la question du ratio coût-efficacité et de retour sur l’investissement demeure devant une si faible augmentation pour si peu d’étudiantes et étudiants intéressés. Nous proposons donc aux gestionnaires de formation et aux formatrices et formateurs de considérer le jeu sérieux comme une intervention de formation parmi plusieurs à l’intérieur d’un programme. Le jeu sérieux apparaît actuellement comme plus pertinent à déployer à la suite d’une introduction à un contenu, par exemple à l’aide de lectures ou d’exposés magistraux, et ce, afin de s’assurer que les étudiantes et étudiants possèdent un certain niveau de connaissances et d’habiletés sur lequel s’appuyer et qu’ils pourront enrichir.

Apport des emblèmes dans SIGN@L-A

Lors des entrevues, les participantes et participants ont raconté qu’ils n’avaient pas saisi la signification des emblèmes dans SIGN@L-A. Ce jeu sérieux intégrait deux formes de récompenses, soit des points et des emblèmes. Des participantes et des participants nous ont informés qu’ils avaient l’impression que les emblèmes dédoublaient la fonction des points et qu’ils se questionnaient à savoir si les emblèmes d’argent et d’or devaient leur permettre d’accéder à du contenu exclusif. Dans ce jeu sérieux, les emblèmes d’argent et d’or servaient uniquement de représentation visuelle du succès des participantes et participants dans l’atteinte des objectifs proposés. Les emblèmes devaient ainsi permettre de considérer le besoin de compétence des

participantes et participants pour, ultimement, améliorer leur motivation intrinsèque (Alexiou et Schippers, 2018; Krath et al., 2021).

On peut émettre l'hypothèse que les participantes et participants, étant toutes et tous des étudiantes et des étudiants, soient davantage familiers avec l'utilisation de points que d'emblèmes afin de s'autoévaluer et de répondre à leur besoin de compétence. Ceux-ci ont donc pu davantage porter attention aux points afin de renforcer leur besoin de compétence. Cette hypothèse serait compatible avec les résultats obtenus par Buckley et al. (2018) et qui suggèrent, auprès d'une population générale, que les points permettent davantage de répondre au besoin de compétence des individus que les emblèmes. Sinon, une autre étude suggère que les emblèmes soient également associés au besoin d'autonomie à la base de la motivation intrinsèque en appuyant l'importance perçue d'atteindre un objectif (Sailer et al., 2017). On pourrait donc aussi émettre l'hypothèse que, comme les emblèmes d'argent et d'or n'étaient pas associés à des événements de la trame narrative, les participantes et participants ont peu vu leur pertinence. Finalement, il est aussi possible qu'une lecture partielle ou peu attentive du tutoriel d'introduction à SIGN@L-A par certaines participantes et certains participants puisse expliquer que ceux-ci n'ont pas compris la signification des emblèmes.

L'utilisation d'emblèmes est l'élément de design de jeu le plus fréquemment utilisé dans les interventions de formation basées sur l'apprentissage par le jeu (Abdul Rahman et al., 2018; Majuri et al., 2018). Par conséquent, nous suggérons aux chercheuses et chercheurs d'apprécier l'apport des emblèmes sur les besoins de compétence et d'autonomie des utilisatrices et des utilisateurs. L'échelle d'évaluation de la motivation intrinsèque développée par Sailer et al. (2017) permet d'évaluer, à l'aide de sous-échelles distinctes, chacun des besoins à la base de la motivation intrinsèque. Ceci se distingue de la mesure de la motivation intrinsèque retenue dans le cadre de ce projet et qui proposait une mesure globale de celle-ci vis-à-vis les prototypes. Nous avons d'ailleurs retenu cette mesure puisque Alexiou et Schippers (2018) théorisent une association entre la motivation intrinsèque et l'apprentissage et non entre chacun des besoins à la base de la motivation intrinsèque et l'apprentissage. D'autre part, nous proposons d'apprécier l'apport des emblèmes sur la motivation intrinsèque lorsque ceux-ci servent soit uniquement à

illustrer le succès des participantes et participants à atteindre des objectifs, soit que leur obtention exerce une influence sur les événements narratifs du jeu sérieux.

Apport des niveaux de jeu dans SIGN@L-A

Les participantes et participants ont rapporté avoir apprécié la division de SIGN@L-A en quatre niveaux de jeu. Cette division leur permettait de situer leur progression vis-à-vis le dernier objectif dans SIGN@L-A et les motivait à poursuivre. Au contraire, l'absence de niveaux dans SIGN@L-B a été déplorée alors que les participantes et participants rapportaient que cela entraînait une impression de longueur et de répétition et que ceux-ci se sentaient alors moins attentifs. La division de SIGN@L-A en quatre niveaux a pu permettre d'adresser le besoin de compétence et d'autonomie des participantes et participants à la base de leur motivation intrinsèque. D'une part, les participantes et participants ont pu apprécier tous les objectifs qu'ils avaient déjà atteints, considérant ainsi leur besoin de compétence. D'autre part, ils ont pu obtenir une idée claire et spécifique des objectifs qui leur restaient à atteindre, considérant ainsi leur besoin d'autonomie chaque fois que ceux-ci atteignaient un nouvel objectif (Karra et al., 2019).

En fait, on peut émettre également l'hypothèse que la division de SIGN@L-A en niveaux soit un des principaux éléments qui puissent expliquer l'apport plus grand de cette intervention de formation sur l'engagement et la motivation intrinsèque, comparativement à SIGN@L-B. En effet, plusieurs des participantes et participants ont rapporté ne pas voir utilisé ou ne pas se souvenir des indices dans SIGN@L-A (soit une des mécaniques de jeu) et ne pas avoir remarqué les modifications cliniques chez les personnes hospitalisées (soit un des événements narratifs). Les participantes et participants ont également eu des réactions mitigées au rendu audiovisuel (soit l'esthétique hédonique) de SIGN@L-A. Si on fait abstraction du fait qu'uniquement SIGN@L-A se déroulait à l'intérieur d'un centre hospitalier et mettait en scène des infirmières et des personnes hospitalisées (protagoniste et personnages secondaires), alors la division en niveaux (soit un autre des événements narratifs) est un des derniers éléments qui distinguent SIGN@L-A de -B. Une future étude pourrait retirer la division en niveaux de SIGN@L-A et apprécier son apport sur l'engagement et la motivation intrinsèque comparativement à la version actuelle de SIGN@L-A qui comprend cette division.

Dans cette section, nous avons donc discuté des résultats obtenus au regard du troisième objectif de l'étude qui était d'apprécier l'apport d'un jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants. La prochaine section de la discussion traite de notre évaluation de la rigueur méthodologique de l'étude.

Rigueur méthodologique de l'étude

La rigueur méthodologique des deux revues systématiques réalisées a été abordée en discussion de ces articles et analysée d'après les critères proposés par Cochrane (Higgins et al., 2019). Leur rigueur méthodologique ne sera donc pas évaluée de nouveau ici.

Nous évaluerons ici la rigueur méthodologique du volet quantitatif de l'étude, ou de l'essai croisé, à partir des critères proposés par Higgins et al. (2021b) pour ce type de devis. Nous évaluerons ensuite la rigueur du volet qualitatif descriptif de l'étude à partir des critères proposés par Bradshaw et al. (2017) pour ce type d'étude.

Volet quantitatif

D'après Higgins et al. (2021b), cinq domaines de biais peuvent affecter la rigueur méthodologique d'un essai croisé : le processus de randomisation, les déviations aux interventions prévues, les données manquantes, la mesure des données de résultat ainsi que la sélection des résultats qui sont rapportés. Chacun de ces cinq domaines de biais est discuté aux sous-sections suivantes. La synthèse de notre évaluation est présentée au Tableau 15 (p. 223).

Tableau 15. – Évaluation de l'étudiant-chercheur des domaines de biais pour l'essai croisé

Domaine de biais	Processus de randomisation	Déviations aux interventions prévues	Données manquantes	Mesure des données de résultat	Sélection des résultats	Jugement général
Évaluation	Faible risque	Quelques préoccupations	Risque élevé	Faible risque	Faible risque	Risque élevé

Note. Chacun des cinq domaines de biais peut être évalué à faible risque, avec quelques préoccupations ou à risque élevé d'après les algorithmes proposés par Higgins et al. (2021b). Le jugement général est également déterminé d'après un algorithme.

Biais liés au processus de randomisation

Les biais liés au processus de randomisation réfèrent aux éléments qui peuvent affecter l'attribution au hasard des participantes et participants entre les groupes de l'étude ou qui peuvent témoigner d'un déséquilibre entre chaque groupe (Higgins et al., 2021b). Trois éléments sont à considérer : la manière dont la séquence de randomisation a été générée, la dissimulation de la séquence de randomisation ainsi que les différences dans les caractéristiques des participantes et participants lors de leur attribution à chaque groupe. Dans le cadre de cette étude, la séquence de randomisation a été générée à partir d'un logiciel en ligne qui, pour ce faire, emploie un algorithme secret (Urbaniak et Plous, 2021). La séquence de randomisation a été générée grâce à ce logiciel par un auxiliaire qui n'était pas impliqué dans le recrutement ou dans la collecte de données quantitatives. Une fois générée, l'étudiant-chercheur et sa direction de recherche n'avaient pas accès à la séquence de randomisation; l'étudiant-chercheur était informé au fur et à mesure de l'attribution de chaque participante et participant, et ce, à partir du moment où celui-ci avait rempli le formulaire d'information et de consentement en ligne. Lorsque les caractéristiques sociodémographiques des participantes et participants à chaque groupe ont été analysées à la fin de la collecte de données, aucune différence importante n'a été notée entre les deux groupes. Nous jugeons donc comme faible le risque de biais liés au processus de randomisation de l'étude.

Biais liés à des déviations aux interventions prévues

Les biais liés à des déviations aux interventions prévues désignent les éléments qui peuvent affecter l'utilisation prévue des interventions. Quatre éléments sont à considérer : la connaissance des participantes et participants de la séquence d'interventions à laquelle ils étaient assignés, l'adhérence des participantes et participants à l'intervention qui leur était assignée, la présence de co-interventions ou d'autres interventions non prévues au protocole ainsi que le risque d'effet de report ou de séquence à la suite du croisement des participantes et participants (Higgins et al., 2021b). Dans cette étude, les participantes et participants étaient conscients qu'ils recevaient une intervention de formation. Toutefois, afin d'éviter que ceux-ci puissent avoir des attentes ou des préférences quant à l'intervention qu'ils auraient le mieux aimé recevoir en premier, ils n'ont pas été informés du design spécifique des deux interventions de formation ni

du fait qu'il était anticipé que SIGN@L-A puisse avoir un apport plus important que SIGN@L-B sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA.

Concernant l'adhérence des participants à l'intervention qui leur était assignée, des limitations techniques nous ont empêchées d'obtenir des données quant à leur utilisation réelle par les participantes et participants (liées à notre incapacité de programmer SIGN@L de manière que celui-ci nous achemine directement les données d'utilisation des participantes et participants). Il leur était suggéré de construire des réseaux logiques à l'intérieur d'au moins 10 grilles à l'intérieur d'un prototype avant de remplir le questionnaire associé. Nous n'avons cependant aucune manière d'assurer l'application de cette suggestion puisque toute l'étude se déroulait à distance. Néanmoins, la durée d'utilisation rapportée par les participantes et des participants correspond à celle qui était anticipée, soit 20 minutes approximativement. De futures études pourraient inclure une mesure objective de l'utilisation des jeux sérieux. Une mesure auto rapportée, telle qu'utilisée dans cette étude, peut différer de la durée réelle d'utilisation du jeu sérieux, une faible association étant rapportée entre ces deux variables (Mohan et al., 2018). Dans une précédente étude auprès d'étudiantes et d'étudiants en médecine, une association positive et statistiquement significative a été identifiée entre la durée réelle d'utilisation d'un jeu sérieux et les résultats d'apprentissage obtenus. Aucune association n'a toutefois été observée entre la durée autorapportée d'utilisation du jeu sérieux et les résultats d'apprentissage (Dankbaar et al., 2016).

Toujours sur le plan des biais liés à des déviations aux interventions prévues, un autre élément concerne la présence possible de co-interventions ou d'autres interventions non prévues au protocole. Puisque les enseignantes du cours dans lequel l'étude se déroulait n'étaient pas informées des étudiantes et étudiants qui avaient accepté de participer à l'étude, les participantes et participants des deux groupes ont pu être traités équitablement par ces personnes. De plus, ni l'étudiant-chercheur ni sa direction de recherche n'étaient impliqués dans l'enseignement de ce cours. Ainsi, nous ne jugeons pas que les participantes et participants, en fonction de leur groupe à l'étude, ont pu recevoir un quelconque avantage qui aurait pu expliquer, le cas échéant, les différences entre les deux prototypes aux scores de RCI en contexte d'ICA.

Toutefois, sur le plan de résultats secondaires, il importe de spécifier que les différences intragroupes au score de RCI en contexte d'ICA entre chacun des temps de mesure ont pu être influencées par des facteurs historiques et un effet de test-retest. Concernant des facteurs historiques, les participantes et participants étaient recrutés dans le cadre d'un cours où l'ICA était abordé, soit le thème central de SIGN@L. Il est donc probable que les activités offertes dans le cadre de ce cours aient pu permettre d'améliorer le RCI en contexte d'ICA des participantes et participants à l'étude, et ce, à l'extérieur des interventions de formation qui étaient évaluées. Qui plus est, l'inclusion d'une mesure du RCI à T_0 a pu entraîner un effet de test-retest et ainsi améliorer les scores de RCI en contexte d'ICA lors des mesures subséquentes (Bell, 2010). Bien que les participantes et participants n'étaient pas informés de l'exactitude de leurs réponses, on ne peut pas exclure que ceux-ci aient pu noter personnellement leurs difficultés et adresser spécifiquement celles-ci avant une future mesure de leur RCI en contexte d'ICA. Nous avons inclus cette mesure à T_0 afin d'adresser une lacune retrouvée dans la plupart des études expérimentales où un jeu sérieux était évalué. En effet, dans la majorité de ces études, il était impossible de savoir si les groupes étaient comparables au départ sur le plan des variables de résultats à cause de l'absence d'une telle mesure (Maheu-Cadotte et al., 2021a). Toutefois, en tentant d'adresser le risque de biais liés à la comparabilité des groupes, il est possible que nous ayons favorisé l'émergence d'un autre biais alors que la mesure en elle-même du RCI en contexte d'ICA a mené les participantes et participants à identifier leurs lacunes et à s'améliorer.

Ensuite, les scores de RCI en contexte d'ICA au T_2 ont pu être affectés par l'apport du premier prototype reçu et qui a pu persister après la période de croisement. En effet, le risque d'effet de report (en anglais, *carryover effect*) est une limite connue de l'utilisation d'un essai croisé alors que l'apport de la première intervention reçue persiste après la réception de la deuxième intervention à l'étude (Dwan et al., 2019). Dans notre étude, alors que les scores médians de RCI en contexte d'ICA ont augmenté entre 1,0 et 1,5 de T_0 à T_1 (dépendamment du prototype reçu), les scores n'ont augmenté que de 0,5 entre T_1 et T_2 (pour les deux prototypes). Ceci pourrait témoigner d'un apport résiduel du premier prototype reçu lors de T_2 . Toutefois, nous avons observé, entre les groupes et à chacun des temps de mesure, des différences dans les scores

médians de RCI de 0,5 uniquement. Il s'agit de différences négligeables qui suggèrent que, si un effet de report était présent, celui-ci était similaire pour les deux cheminements.

Toujours liés au risque d'effet de report, puisque l'étude était entièrement en ligne, les participantes et participants pouvaient accéder aux prototypes et aux questionnaires de leur domicile et au moment qui leur convenait le mieux. Le nombre de jours écoulés entre l'achèvement des questionnaires (ou la période de *wash-out*) a donc varié entre les participantes et participants. Toutefois, la différence dans le délai médian d'achèvement des questionnaires entre les deux groupes était similaire. Nous ne jugeons donc pas que le délai d'achèvement des questionnaires a pu influencer de manière importante les résultats présentés. Qui plus est, nous n'avons pas théorisé que les variables d'engagement et de motivation intrinsèque puissent être affectées par un effet de report puisque celles-ci portant directement sur l'appréciation par les participantes et participants d'expériences d'utilisation distinctes. Uniquement le RCI était théorisé comme ayant pu être affecté par un effet de report.

À la lumière de l'analyse des éléments de biais liés à des déviations aux interventions prévues, les constats suivants émergent. Il existe un risque de biais lié à la connaissance des participantes et participants de la nature des interventions, liés à leur adhérence aux interventions et dû à la présence d'effets test-retest et de report. Toutefois, nous jugeons comme faible le risque que des co-interventions aient pu être offertes à seulement certaines participantes et participants de l'étude, dépendamment de leur cheminement. Finalement, nous ne pouvons pas exclure que certains éléments aient pu introduire des biais liés à des déviations aux interventions à l'étude.

Biais liés à des données manquantes

Les biais liés à des données manquantes réfèrent à l'impact que des mesures manquantes chez certaines participantes ou certains participants aient pu avoir sur les résultats qui sont présentés. Comparativement à la taille d'échantillon au T_0 , nous avons enregistré une perte au suivi de 36% au T_1 et de 50% au T_2 . Plusieurs mesures avaient toutefois été mises en place afin de minimiser les pertes au suivi. D'abord, environ une semaine était prévue au protocole entre chacun des temps de mesure. Ce délai avait été retenu afin d'offrir un équilibre entre le risque d'effet de report (si le délai était trop court) et le risque de perte au suivi (si le délai était trop long). En effet,

par leur durée généralement plus longue que les essais à groupes parallèles, les essais croisés présentent un risque plus important de perte au suivi (Higgins et al., 2021b). Une perte au suivi pouvant aller jusqu'à 25% dans des études employant ce devis est rapportée (Low et al., 1999). Le résultat obtenu est donc deux fois supérieur à ce qui avait été précédemment rapporté. Toutefois, il est à noter que l'étude a été réalisée entièrement en ligne (et dans le contexte de la pandémie de COVID-19), ce qui a pu exacerber les pertes au suivi. Pour les études réalisées entièrement en ligne, une perte au suivi moyenne de 47% est rapportée dans une revue systématique de 23 études réalisées dans le domaine de la santé auprès d'une population générale (Mathieu et al., 2013). Nous avons donc prévu au protocole un rappel par courriel à chacun des temps de mesure afin de favoriser la participation à l'étude. Cette mesure ne semble toutefois pas avoir permis de favoriser la participation à l'étude. Néanmoins, mentionnons que les taux de pertes au suivi sont similaires entre les deux groupes à l'étude. Ainsi, il nous apparaît donc comme moins probable que la perte au suivi ait pu être causée par une importante insatisfaction vis-à-vis spécifiquement une des deux interventions de formation. Tout de même, il convient de se questionner sur les facteurs pouvant potentiellement être associés à cette importante perte au suivi.

Une analyse post-hoc a permis d'identifier une différence importante quant aux scores de base du RCI en contexte d'ICA des participantes et participants qui ont complété les mesures à T_1 et T_2 et ceux qui ont arrêté leur participation en cours de route. Comme rapporté dans les résultats, ceux qui ont complété les mesures à T_1 et T_2 avaient un score de RCI supérieur à T_0 comparativement à ceux qui ont quitté l'étude à un moment avant la fin. Quoique le résultat du questionnaire de RCI en contexte d'ICA ne fût pas divulgué aux participantes et participants, le questionnaire a tout de même pu leur permettre d'identifier leurs propres lacunes sur le plan de leur RCI en contexte d'ICA. D'après Alexiou et Schippers (2018), des individus qui sont peu portés vers l'atteinte d'objectifs, par exemple vers le développement et la démonstration de leurs habiletés dans une situation, pourraient se sentir facilement embarrassés lorsqu'ils ne se sentent pas à la hauteur. Conséquemment, cela a pu les décourager de poursuivre leur participation. Des individus qui sont peu portés vers l'atteinte d'objectifs auraient également tendance, d'après Alexiou et Schippers (2018), à limiter les stratégies utilisées pour développer leurs habiletés à ce

qui leur semble le plus efficient en matière d'effort à investir et de résultats à obtenir. Nous avons identifié seulement deux études ayant évalué l'efficacité perçue des jeux sérieux comparativement à d'autres interventions de formation. Dans la première, auprès d'étudiantes et d'étudiants en médecine, le jeu sérieux a été perçu comme moins efficient qu'un cours magistral pour s'initier à la radiologie pédiatrique (Courtier et al., 2016). Dans la deuxième étude, encore auprès d'étudiantes et d'étudiants en médecine, les chercheuses et chercheurs n'ont pas été en mesure d'identifier de différences entre l'efficacité perçue d'un jeu sérieux et celle d'une intervention de formation sur le web pour l'acquisition de connaissances en pédiatrie (Sward et al., 2008). On ne peut donc pas exclure que les participantes et participants qui ont obtenu des scores plus faibles à la mesure de RCI en contexte d'ICA au T₀ aient préféré utiliser des interventions de formation qui leur semblaient plus efficaces.

Qui plus est, une seconde analyse post-hoc a permis d'identifier qu'une majorité de participantes et de participants qui disaient pratiquer déjà comme infirmière et infirmier ont abandonné l'étude avant sa fin. Il est possible que ces participantes et participants aient été sollicités par leur milieu clinique pour prêter main forte durant la pandémie de COVID-19 et qu'ils n'eussent donc plus de temps à consacrer à l'étude. Il est aussi possible que le stress ressenti par les participantes et participants ou la présence de symptômes anxieux ou dépressifs liés ou exacerbés par la pandémie de COVID-19 aient pu favoriser leur abandon de l'étude avant sa fin (Elbay et al., 2020; Husky et al., 2020; Salari et al., 2020). Également, puisque le cours dans lequel les participantes et participants étaient recrutés était relativement chargé (celui-ci était de quatre crédits et d'une durée de 1 mois et demi), il est possible que ceux-ci aient eu peu de temps à consacrer à l'étude.

Finalement, nous jugeons comme élevé le risque de biais liés aux données manquantes. Quoique le taux d'abandon soit similaire entre les deux groupes, ce taux demeure important et les caractéristiques particulières des participantes et participants qui ont abandonné (scores du RCI plus faibles à la base, déjà exercer comme infirmière ou infirmier) ne nous permettent pas de supposer que, si ces participantes et participants étaient demeurés dans l'étude, les résultats obtenus seraient similaires à ceux que nous avons présentement. L'abandon de la mesure du RCI en contexte d'ICA au T₀ dans une future étude pourrait permettre de mitiger le risque de biais

d'attrition en diminuant, par exemple, l'investissement de temps pour les participantes et participants et le risque que ceux-ci se sentent découragés si leur RCI au T₀ est plus faible.

Biais liés aux mesures de résultats

Le quatrième domaine est celui des biais liés aux mesures de résultats, soit des éléments liés au choix et à l'utilisation de méthodes et d'instruments de mesure qui auraient pu influencer les résultats obtenus (Higgins et al., 2021a). Quatre éléments doivent être considérés : le caractère approprié de la méthode ou de l'instrument au regard des mesures de résultat, les différences entre les groupes à l'étude quant aux méthodes ou instruments utilisés et l'aveuglement des évaluatrices et évaluateurs de résultats (en anglais, *outcome assessors*) à l'assignation des participantes et participants.

Concernant le caractère approprié de la méthode ou de l'instrument au regard des mesures d'engagement et de motivation intrinsèque, nous avons utilisé des instruments autorapportés, soit une méthode reconnue afin de mesurer ces variables (Guay et al., 2000; O'Brien et al., 2018; Perski et al., 2017).

Nous avons proposé un instrument permettant de mesurer objectivement le RCI en contexte d'ICA des participantes et participants dû à l'absence d'instruments développés à cette fin. De plus, les auteurs d'une précédente revue systématique ont souligné le besoin de proposer des mesures du RCI qui allaient au-delà de mesures subjectives de confiance en celui-ci (Brown Tyo et McCurry, 2019). En reprenant les 10 premières grilles qui sont présentées à l'intérieur de SIGN@L-A et -B et en demandant aux participantes et participants de réaliser un exercice similaire d'association, nous avons ainsi pu nous assurer de l'alignement entre les interventions de formation et les mesures de résultats; un désalignement entre les objectifs poursuivis par une intervention et les mesures de résultats employées a déjà été souligné comme un facteur pouvant expliquer l'absence apparente d'effet (Coster, 2013; Romero et Kalmpourtzis, 2020; Wijngaards-de Meij et Merx, 2018). Puisque le RCI est un processus cognitif complexe qui fait appel ou qui guide la réalisation d'une multitude d'activités infirmières, tel que l'examen clinique, la reconnaissance de données anormales, la pose d'un jugement et l'appel à l'aide (Lavoie et al., 2021a; Lavoie et al., 2021b), il était pour nous difficilement faisable qu'un premier prototype d'un

jeu sérieux cible chacune de ces activités. Conséquemment, il était peu pertinent d'utiliser une méthode ou un instrument dont les résultats obtenus auraient également été dépendants des habiletés des participantes et participants à mener à bien certaines de ces activités. Qui plus est, alors que l'étude devait se dérouler entièrement à distance due à la pandémie de COVID-19, un instrument pouvant être employé en ligne était nécessaire. Toutefois, tout comme l'ensemble des autres méthodes et instruments visant la mesure à distance du raisonnement clinique des professionnels de la santé, notre instrument ne permet pas de couvrir toutes les activités liées au RCI (Daniel et al., 2019).

Ensuite, soulignons que les méthodes et instruments utilisés pour mesurer les variables de résultats étaient identiques entre les deux groupes à l'étude. En effet, les participantes et participants, peu importe leur groupe d'attribution, devaient se connecter à la même plate-forme de sondage en ligne et recevaient les mêmes indications. Les participantes et participants étaient donc traités équitablement pour toutes les mesures de résultats.

Concernant l'aveuglement des évaluateurs et évaluatrices de résultats à l'attribution aux groupes, rappelons que les instruments utilisés étaient tous présentés sous la forme de questionnaires à remplir de manière individuelle par les participantes et participants. Dans l'ensemble, les risques de biais liés à l'impossibilité de tenir les participantes et participants à l'aveugle quant aux interventions à l'étude ont déjà été traités dans la section portant sur les déviations aux interventions prévues. La mesure de RCI en contexte d'ICA exigeait toutefois une correction des réponses fournies par les participantes et participants afin d'obtenir les mesures de résultats liés à cette variable, soit une étape non nécessaire pour les autres variables à l'étude. La grille de correction des réponses fournies au questionnaire de RCI en contexte d'ICA a été développée et validée au travers des échanges avec le groupe d'expertes lors de la validation de la justesse et de la clarté du contenu clinique de SIGN@L-A. Le corrigé des grilles a donc été finalisé avant le début du recrutement et de la collecte de données, et ce, afin d'éviter que les réponses fournies par des participantes ou participants d'un des groupes puissent influencer ce qui est considéré comme une bonne ou mauvaise réponse. La correction des réponses à la mesure de RCI en contexte d'ICA a été réalisée entièrement par l'étudiant-chercheur à partir de cette grille de correction. Nous n'avons pas jugé qu'il était pertinent qu'une deuxième personne corrige de

manière indépendante les réponses au questionnaire de RCI en contexte d'ICA. En effet, l'entrée de réponses sous la forme de lettres (p. ex., A, D, E, F) ne laissait aucune place à une interprétation ou à un jugement. De plus, le processus de correction a pu être entièrement automatisé à l'intérieur du logiciel d'analyse statistique en demandant au logiciel de recoder les bonnes réponses avec la valeur 1 et les mauvaises réponses avec la valeur 0. Mentionnons également que toutes les analyses statistiques ont été réalisées par l'étudiant-chercheur en collaboration avec sa direction de recherche. L'étudiant-chercheur n'était donc pas tenu à l'aveugle quant à l'assignation des groupes lors des analyses. Toutefois, puisque nous ne visions pas à évaluer l'efficacité en tant que telle de SIGN@L-A et par l'absence de statistiques inférentielles, nous avons jugé cela suffisant.

Finalement, dû à l'alignement entre les mesures de résultats et les interventions à l'étude, à l'absence de différences dans les méthodes et instruments de mesure entre les groupes, nous jugeons comme faible le risque de biais liés aux mesures de résultats. Nous reconnaissons toutefois que la correction des questionnaires de RCI en contexte d'ICA et l'analyse de l'ensemble des données n'ont pas été réalisées à l'aveugle.

Biais liés à la sélection des résultats qui sont rapportés

Le cinquième et dernier domaine de biais est celui lié à la sélection des résultats qui sont rapportés, ou au choix des auteurs de rapporter uniquement certains résultats à partir des données collectées ou analysées. Le protocole de cette étude a été enregistré prospectivement dans un registre public en ligne afin de favoriser la transparence des méthodes employées. La seule modification au protocole de l'étude, soit l'ajout d'un rappel pour les étudiantes et étudiants potentiellement intéressés à participer, a été spécifiée autant dans la thèse que dans l'article de résultats. Toutes les données collectées liées aux mesures de résultats ont été analysées de manière descriptive et rapportées avec les statistiques appropriées. Les analyses post-hoc ont été explicitement identifiées telles quelles puisqu'elles n'ont pas été planifiées avant le début de recrutement. Nous jugeons donc comme faible le risque de biais liés à la sélection des résultats rapportés. Devant le faible nombre d'études évaluant l'efficacité d'un jeu sérieux dans la formation en santé et dont le protocole a été prospectivement enregistré ($n = 6/37$; 16%), nous

recommandons aux chercheuses et chercheurs d'enregistrer leur étude avant le début du recrutement.

En conclusion, les risques de biais liés au processus de randomisation, à la mesure des données de résultats et à la sélection des résultats qui ont été rapportés sont tous évalués comme faibles. Toutefois, comme traité dans la section portant sur les biais liés à des déviations aux interventions prévues, nous ne pouvons pas exclure que des effets test-retest et de report aient pu influencer les résultats obtenus, en particulier aux scores de RCI en contexte d'ICA. De plus, le fort taux d'attrition et les différences quant aux caractéristiques des participantes et participants qui ont abandonné l'étude en cours de route comparativement à ceux qui l'ont terminée nous amènent à juger comme élevé le risque de biais liés aux données manquantes.

Volet qualitatif

D'après Bradshaw et al. (2017), le respect de quatre principes permet d'assurer la rigueur d'une étude qualitative descriptive, ou la confiance qu'il est possible de porter aux résultats obtenus. Ces principes sont ceux de la confirmabilité, de la fiabilité, de la crédibilité, et de la transférabilité. Les principes énoncés par Bradshaw et al. (2017) sont d'ailleurs repris de ceux définis antérieurement par Lincoln et Guba (1985) et Miles et al. (2014) pour juger de la rigueur d'une étude qualitative. Les stratégies utilisées afin de respecter ces principes ont été abordées rapidement à la fin de l'article présentant les résultats de la thèse au chapitre 5. Nous reprenons ici ces stratégies avec davantage de détails.

Confirmabilité et fiabilité

La confirmabilité est décrite comme une neutralité relative ou la transparence des chercheurs dans les méthodes de recherche employées et les résultats qui sont présentés (Lincoln et Guba, 1985; Miles et al., 2014). D'après Bradshaw et al. (2017), la prise de notes dans un journal réflexif, une piste d'audit, une description des caractéristiques sociodémographiques des participantes et participants et l'inclusion de verbatim appuient la confirmabilité de l'étude. Puisque Bradshaw et al. (2017) décrivent l'utilisation de stratégies similaires pour appuyer la confirmabilité et la fiabilité, soit la piste d'audit et l'explicitation des modifications au protocole de l'étude après son amorçage, nous traiterons également de ce principe conjointement. La fiabilité est décrite comme

le fait que d'autres chercheuses et chercheurs puissent obtenir des résultats similaires s'ils utilisent les mêmes méthodes et à l'intérieur des mêmes conditions que celles retrouvées dans une étude antérieure (Lincoln et Guba, 1985; Miles et al., 2014).

Concernant la prise de notes dans un journal réflexif, l'étudiant-chercheur a écouté au fur et à mesure chaque entrevue lors de leur réalisation par l'auxiliaire de recherche. Ces entrevues, individuelles et semi-structurées, étaient réalisées de manière virtuelle par l'auxiliaire de recherche à un moment qui convenait à la participante ou au participant. L'étudiant-chercheur a ainsi pu consigner, de manière libre, ses réflexions ainsi que des pistes d'éclaircissement pour des entrevues subséquentes. L'auxiliaire de recherche a, de son côté, enregistré l'audio de ses réflexions à la suite de chaque entrevue et a échangé quant à celles-ci avec l'étudiant-chercheur. Lorsque toutes les entrevues ont été réalisées, l'étudiant-chercheur les a réécoutés et a noté à l'intérieur d'un document ses impressions quant aux principaux résultats qui s'en dégagent. Lors de l'analyse à l'intérieur du logiciel MAXQDA 2020 (VERBI GmbH, Allemagne), l'étudiant-chercheur a noté au fur et à mesure ses réflexions qu'il a pu partager avec sa direction de recherche. Cette analyse a été réalisée d'après les méthodes proposées par Miles et al. (2014) et entièrement en collaboration avec la direction de recherche de l'étudiant-chercheur.

Pour ce qui est de la piste d'audit, comme mentionné dans l'article de résultats, quoique le protocole de l'étude ait été enregistré prospectivement dans un registre public en ligne, celui-ci ne permettait pas de décrire en détail les méthodes qualitatives employées. L'étudiant-chercheur atteste cependant qu'aucune modification aux méthodes qualitatives n'a eu lieu à la suite du début du recrutement des participantes et participants. La seule modification au protocole a trait à l'ajout d'un rappel supplémentaire pour les étudiantes et étudiants potentiellement intéressés à participer. Les méthodes employées sont décrites en détail au chapitre 4 et dans l'article présentant les résultats, et ce, afin que les lectrices et lecteurs puissent avoir une description claire et transparente des méthodes qui ont été utilisées afin d'en arriver aux résultats présentés. Nous présentons à l'Annexe M de cette thèse le guide d'entrevue utilisé et, au chapitre 4, nous présentons des exemples tirés de notre codification des verbatim des participants. Nous avons également conservé tous les fichiers liés à l'analyse qualitative, incluant les notes de l'étudiant-

chercheur à la suite de sa première écoute des entrevues et lecture des verbatim et les réflexions de sa direction de recherche aux notes de l'étudiant-chercheur.

Puisque la description qualitative est assujettie à une interprétation par l'étudiant-chercheur des propos des participantes et des participants et que de multiples interprétations sont possibles, nous avons inclus plusieurs extraits de verbatim afin d'appuyer notre description des résultats (Bradshaw et al., 2017). L'inclusion de verbatim a été discutée avec la direction de recherche de l'étudiant-chercheur qui a pu réagir aux extraits de verbatim retenus et à leur alignement avec la description offerte. En plus des résultats qualitatifs présentés dans l'article de résultats de l'étude, nous avons présenté une version détaillée des résultats qualitatifs, et ce, afin d'appuyer davantage la description qui est offerte par l'ajout de verbatim. Notons que l'analyse a grandement été appuyée par le modèle théorique d'apprentissage par le jeu d'Alexiou et Schippers (2018). L'étudiant-chercheur reconnaît qu'un modèle théorique demeure une proposition (ou un outil) parmi plusieurs et que SIGN@L pourrait tout aussi bien être analysé sous la lentille d'un autre modèle. Les propos des participantes et participants lors des entrevues auraient donc pu être traités différemment et donner lieu à des résultats autres que ceux présentés.

Ainsi, pour ce qui est de la confirmabilité et de la fiabilité, ces deux principes sont appuyés par une description claire des méthodes de recherche qui ont été employées et par une explicitation des modifications au protocole à la suite du début de l'étude. La confirmabilité est également appuyée par la tenue de journaux réflexifs de la part de l'étudiant-chercheur et de l'auxiliaire de recherche, par les nombreux échanges entre ces derniers au courant des entrevues et par l'inclusion de plusieurs verbatim afin d'appuyer la description qualitative.

Crédibilité

Concernant le critère de crédibilité, celui-ci réfère à un portrait authentique des données collectées et qui n'est pas influencé par l'interaction entre la chercheuse ou le chercheur et les participantes et participants ni par les idées préconçues de la chercheuse ou du chercheur sur le sujet (Lincoln et Guba, 1985; Miles et al., 2014). Afin d'appuyer la crédibilité, Bradshaw et al. (2017) recommandent, entre autres, le développement d'une relation de confiance avec les

participantes et participants. La vérification des résultats auprès des participantes et participants et la triangulation des chercheuses et chercheurs sont également des stratégies suggérées afin de limiter l'influence d'idées préconçues (Miles et al., 2014).

Les entrevues individuelles ont été réalisées par une personne indépendante au développement du jeu sérieux afin de favoriser l'expression libre des impressions des participantes et participants. Soulignons que, puisque l'étudiant-chercheur était aussi le développeur du jeu sérieux, celui-ci n'a pas mené les entrevues individuelles afin que les participantes et participants se sentent en confiance d'exprimer leur appréciation du jeu sérieux et de ses différents éléments.

L'étudiant-chercheur n'a toutefois pas vérifié les résultats de l'analyse auprès des participantes et participants pour la raison suivante. L'utilisation de chaque prototype était approximativement d'une session de 20 minutes uniquement et environ une semaine s'écoulait entre l'utilisation du dernier prototype et l'entrevue. Nous avons d'ailleurs, en partie, fait le choix de permettre aux participantes et participants d'utiliser les prototypes à l'endroit et au moment qui leur convenaient (et non dans un cadre structuré où l'entrevue aurait immédiatement suivi leur utilisation des prototypes) afin de reproduire au mieux le contexte dans lequel le jeu sérieux serait utilisé s'il était implanté dans un programme de formation. Comme rapporté dans l'article de résultats, certaines participantes et certains participants ont toutefois eu de la difficulté à se souvenir de leur expérience d'utilisation des prototypes lors de cette entrevue (ce qui représente d'ailleurs une limite à la crédibilité des résultats). Les entrevues se sont terminées en décembre 2020 et l'analyse a débuté en janvier 2021 pour se terminer au courant de l'été 2021. Nous avons donc jugé qu'il était probablement peu utile de solliciter de nouveau ces participantes et participants de 8 à 10 mois à la suite de l'entrevue initiale pour obtenir leur rétroaction. Les difficultés à se souvenir de l'entrevue initiale et de l'utilisation des prototypes auraient probablement été exacerbées.

Cependant, tel que mentionné dans l'article de résultats, il y a eu une triangulation de l'analyse par l'étudiant-chercheur et sa direction de recherche afin de favoriser la crédibilité des résultats. L'étudiant-chercheur possède une riche expérience à jouer à des jeux vidéo et celui-ci a déjà entrepris un programme en développement de jeux vidéo. Avant de débiter ce projet, celui-ci

avait donc déjà certains a priori quant au développement d'un jeu sérieux et ce qui peut favoriser l'engagement et la motivation intrinsèque des utilisatrices et utilisateurs. Par exemple, l'étudiant-chercheur avait un a priori comme quoi les utilisatrices et utilisateurs seraient plus engagés et motivés à utiliser le jeu sérieux si ceux-ci occupaient un rôle actif lors de son utilisation. Pour l'étudiant-chercheur, cela se traduisait donc par minimiser les périodes lors de l'utilisation du jeu sérieux où l'utilisatrice ou l'utilisateur devait prendre connaissance d'un texte. Lors de l'analyse des données, ces a priori se sont aussi manifestés alors que l'étudiant-chercheur anticipait une difficulté de la part des participantes et participants à proposer des pistes d'amélioration au design de SIGN@L si ceux-ci ne possédaient pas de connaissances sur le sujet. L'analyse des données a donc été réalisée entièrement en collaboration avec la direction de recherche de l'étudiant-chercheur qui a pu réagir au codage, à la présentation des résultats et aux conclusions. Ainsi, pour ce qui est de la crédibilité, ce principe est appuyé par la réalisation des entrevues par un individu indépendant au développement des prototypes et par la triangulation entre l'étudiant-chercheur et sa direction de recherche. Aucune vérification des résultats n'a toutefois été réalisée auprès des participantes et participants de l'étude.

Transférabilité

Le quatrième principe est celui de la transférabilité et réfère au potentiel d'application des résultats dans d'autres contextes que ceux dans lesquels ils ont été obtenus (Lincoln et Guba, 1985; Miles et al., 2014). Plusieurs des stratégies suggérées par Bradshaw et al. (2017) afin d'appuyer la transférabilité des résultats, soit la description en détail des méthodes de recherche et la tenue de journaux réflexifs, ont été décrites plus tôt.

Les caractéristiques sociodémographiques des participantes et participants au volet qualitatif de l'étude sont rapportées à l'Annexe N. À l'instar des participantes et des participants qui ont été randomisés (et probablement du portrait général des étudiantes et étudiants inscrits au cours où l'étude s'est déroulée), celles et ceux qui ont participé au volet qualitatif s'identifiaient principalement comme des femmes, dans la vingtaine et toutes inscrites dans un programme de formation universitaire. Toutefois, ici aussi, la majorité des participantes et participants au volet qualitatif avaient un score de RCI en contexte d'ICA élevé à T₀. On ne peut donc pas exclure que

la réalisation d'une entrevue auprès de participantes et participants ayant obtenu un score plus faible de RCI en contexte d'ICA au T₀ ait pu mener à des résultats différents. Par exemple, plusieurs participantes et participants ne gardaient aucun souvenir des indices ou disaient ne les avoir jamais utilisés, avoir commis peu d'erreurs et ne pas avoir remarqué que l'état clinique d'une personne hospitalisée variait en fonction de leurs réponses. L'apport de ces éléments a donc été peu exploré avec ces participantes et participants.

Également, les participantes et participants rapportaient, en majorité, avoir un niveau d'expérience de faible à moyen avec les jeux vidéo. Donc, il est peut-être moins surprenant que certains d'entre eux aient rapporté ne pas savoir quoi suggérer lorsqu'ils étaient questionnés à savoir comment améliorer le jeu sérieux SIGN@L-A, par exemple, par rapport au rendu visuel. Pour la même raison, il est peut-être aussi moins surprenant que plusieurs des suggestions faites en lien avec l'amélioration de la trame narrative de SIGN@L-A portaient sur la création de scénarios cliniques autour des personnes hospitalisées (p. ex., ordonner les grilles pour créer un scénario autour de chaque personne hospitalisée). On pourrait émettre l'hypothèse ici que, dû à un faible degré d'expérience avec les jeux sérieux ou les jeux vidéo dans leur ensemble, les participantes et participants se réfèrent plutôt à une intervention de formation fréquemment utilisée dans leur programme de formation, soit la simulation clinique, et qu'ils nous rapportent instinctivement des éléments avec lesquels ils sont familiers. D'autres suggestions quant à l'amélioration de SIGN@L-A auraient donc pu être offertes par des participantes et participants possédant une riche expérience avec les jeux vidéo ou les jeux sérieux.

La prochaine section présente la contribution de l'étude à la discipline infirmière ainsi qu'une synthèse des implications et des propositions présentées dans la discussion.

Contribution de l'étude à la discipline infirmière

Cette étude contribue au développement des connaissances en sciences infirmières, car elle vise à répondre aux besoins et enjeux actuels et futurs de la pratique infirmière. En effet, la discipline infirmière est une discipline professionnelle, c'est-à-dire que les connaissances qui sont produites dans cette discipline peuvent autant viser à illuminer notre compréhension des expériences de

santé d'individus qu'à outiller les infirmières et infirmiers dans leur pratique professionnelle (Donaldson et Crowley, 1978; Rogers, 2005).

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'amélioration du RCI en contexte d'ICA, un sujet en lien avec le centre d'intérêt de la discipline infirmière. En effet, on estime que les taux d'hospitalisation liés à une ICA vont augmenter au courant des prochaines années (Tran et al., 2016; Ziaieian et Fonarow, 2016) et que les infirmières et infirmiers exerçant dans la plupart des unités vont devoir prendre soin de ces personnes (Andersen et al., 2019; Perrin, 2017). Il est donc essentiel de s'assurer que les infirmières et infirmiers, dès leur entrée en pratique, soient formés à cet effet (Jurgens et al., 2015; Masters et al., 2019). Le développement de leur RCI est d'ailleurs critique afin qu'ils puissent procéder à l'évaluation de l'état clinique de ces personnes et exercer une surveillance, soit deux activités centrales à leur champ de pratique professionnel (Durand et al., 2016). Plusieurs chercheuses et chercheurs ont d'ailleurs souligné le besoin de poursuivre le développement et d'évaluer empiriquement de nouvelles interventions de formation afin d'améliorer le RCI (Brown Tyo et McCurry, 2019; McDonald et al., 2018). Cette étude visait donc à répondre à un enjeu pour la pratique infirmière. De plus, un contenu clinique comme celui que nous avons développé et validé peut servir d'appui à la proposition d'autres interventions visant à soutenir le développement du RCI en contexte d'ICA. Un tel contenu peut donc servir aux formatrices et formateurs, et ce, autant à l'intérieur de milieux académiques que cliniques. Également, celui-ci propose une première description des principaux éléments du rôle infirmier en contexte d'ICA. Décrire dans le cadre d'une étude la pratique clinique des infirmières et infirmiers en contexte d'ICA et comparer cette pratique à celle suggérée dans les guides pourrait permettre d'identifier des pistes d'optimisation. Conséquemment, l'identification de disparités entre la pratique réelle et la pratique suggérée pourrait permettre de proposer davantage de recommandations pour la pratique clinique des infirmières et infirmiers.

Nous avons développé une intervention novatrice de formation par le jeu sérieux. Patterson et Krouse (2017) écrivent qu'il est essentiel de s'intéresser aux meilleures manières de former les infirmières et infirmiers et d'améliorer leurs apprentissages. Ces autrices appellent spécifiquement les chercheuses et chercheurs en sciences infirmières à s'y intéresser, un appel qui fait écho aux invitations de Rogers (2005) et de Newman et al. (2008) pour les infirmières et

infirmiers de prendre un rôle actif dans le développement des connaissances pour leur pratique. D'après ces autrices et auteurs, s'en remettre uniquement aux autres disciplines pour répondre aux impératifs de la pratique infirmière vient avec le risque que ceux-ci demeurent partiellement ou non considérés.

Pour structurer les travaux nécessaires au développement du jeu sérieux SIGN@L, nous avons utilisé un modèle développé par des chercheuses et chercheurs provenant de diverses disciplines en santé, telles que la médecine, la psychologie et la nutrition (Czajkowski et al., 2015). Le design de SIGN@L s'est, quant à lui, appuyé sur un modèle proposé par un chercheur en sciences de l'administration et une chercheuse en psychologie. D'après Patterson et Krouse (2017), les chercheuses et chercheurs en sciences infirmières peuvent adapter et appliquer des connaissances développées par des chercheuses et chercheurs d'autres disciplines pour répondre aux enjeux au sein de leur discipline. À leur tour, les connaissances générées en sciences infirmières peuvent influencer et contribuer au développement des travaux dans d'autres disciplines (Newman et al., 2008).

Les méthodes utilisées dans cette étude sont également cohérentes avec une des valeurs centrales à la discipline et la profession infirmière, soit l'empathie ou se soucier de l'expérience de l'autre et ce qui est significatif pour elle ou lui (Newman et al., 1991). Les utilisatrices et utilisateurs ont donc été impliqués dans le développement du jeu sérieux à titre de testeurs et une combinaison de méthodes quantitatives et qualitatives a été employée afin d'obtenir leurs avis.

Implications et propositions

Nous présenterons ici une synthèse des implications de la présente étude et des propositions que nous en dégageons pour le développement de jeux sérieux, la recherche, et la formation au moyen de cette intervention.

Développement de jeux sérieux

Compte tenu des importantes ressources nécessaires au développement de jeux sérieux, nous proposons aux chercheuses, chercheurs, formatrices et formateurs d'employer une démarche

structurée de développement, telle que celle décrite par Czajkowski et al. (2015), et d'utiliser un modèle théorique d'apprentissage par le jeu, tel que celui proposé par Alexiou et Schippers (2018). Ceci peut permettre de favoriser une utilisation judicieuse des ressources et le développement d'une intervention de formation cohérente avec la nature du jeu sérieux.

Recherche sur les jeux sérieux

Cette étude fait état d'implications et permet de faire des propositions en lien avec la recherche sur le design de cette intervention de formation et sur son appréciation.

Sur le plan de la recherche sur le design des jeux sérieux, nous avons identifié que les utilisatrices et utilisateurs étaient rarement impliqués lors des premières étapes d'un tel projet. Devant le manque de données permettant de guider leur implication ou de suggérer la valeur ajoutée d'une telle implication, nous proposons aux chercheuses et aux chercheurs de partager formellement leurs expériences en la matière. Ceci pourrait permettre d'élargir le rôle des utilisatrices et utilisateurs au design des jeux sérieux alors qu'ils sont actuellement davantage impliqués à titre de testeurs. Les résultats de cette étude suggèrent également que le design des jeux sérieux puisse surcharger la mémoire de travail des utilisatrices et utilisateurs. Ce domaine demeure toutefois peu exploré et d'autres études sont nécessaires pour évaluer l'impact du design des jeux sérieux sur la mémoire de travail et, conséquemment, l'apprentissage. Des implications pour l'intégration de plusieurs éléments de design des jeux sérieux peuvent également être tirées de cette étude. Les indices, les emblèmes et la trame sonore sont tous des éléments qui nécessitent davantage d'études afin de raffiner leur intégration dans de futurs jeux sérieux. Plusieurs suggestions en ce sens ont d'ailleurs été faites en discussion. L'intégration de différents imaginaires demeure également à être explorée dans les jeux sérieux en santé.

Sur le plan de l'appréciation des jeux sérieux, nous proposons de considérer des méthodes qualitatives et quantitatives. Celles-ci peuvent permettre d'explorer en profondeur l'apport de chaque élément d'une intervention et d'appuyer des résultats quantitatifs. L'appréciation des jeux sérieux sur la dimension expérientielle de l'engagement pourrait d'ailleurs être précisée grâce aux résultats obtenus par notre revue systématique d'efficacité (Maheu-Cadotte et al., 2021a). Ces résultats suggèrent différents aspects importants de l'engagement à considérer

d'après les chercheuses et chercheurs dans ce domaine. Quant aux mesures et aux résultats rapportés, nous avons fait plusieurs suggestions pour pallier les limites dans le domaine ou pour demeurer cohérents avec les objectifs poursuivis. Par exemple, l'intégration d'une mesure objective de l'utilisation d'un jeu sérieux pour obtenir un portrait juste de son utilisation réelle, l'abandon de statistiques inférentielles lorsqu'il question d'une première appréciation de l'apport d'un jeu sérieux et le partage des coûts liés à son développement sont tous des éléments à considérer lors de futures études.

Finalement, puisque notre étude ne visait pas à tester des hypothèses, les résultats quantitatifs que nous avons obtenus devraient être répliqués à l'intérieur d'un échantillon plus grand. Et, devant le faible taux de participation des étudiantes et étudiants en sciences infirmières à notre étude, nous proposons également d'explorer la perception des étudiantes et étudiants vis-à-vis l'utilisation du jeu sérieux.

Formation au moyen de jeux sérieux

Nous avons identifié qu'il pouvait être difficile de définir ce qu'est un jeu sérieux et comment celui-ci se distingue d'autres interventions numériques de formation, en particulier la simulation virtuelle ou d'autres interventions de formation gamifiées. Nous proposons de réserver l'appellation de jeux sérieux aux interventions de formation qui intègrent ce caractère imaginaire. De plus, compte tenu des ressources nécessaires au développement d'un jeu sérieux et l'absence de données claires appuyant son efficacité comparativement à d'autres interventions de formation, nous proposons de considérer certaines alternatives. L'acquisition d'une licence d'utilisation d'un jeu sérieux existant et le développement d'autres interventions de formation basées sur l'apprentissage par le jeu peuvent représenter des alternatives moins onéreuses, mais dont l'efficacité n'est pas nécessairement moindre à celle d'un jeu sérieux. Finalement, puisque nos résultats suggèrent qu'uniquement les participantes et participants qui se sentaient prêts à utiliser un jeu sérieux sur le plan de leur RCI en contexte d'ICA l'ont fait, nous proposons de considérer le jeu sérieux comme une intervention de formation plus pertinente à déployer après une introduction au contenu, par exemple à l'aide d'exposés magistraux ou de lectures.

Conclusion

Cette étude visait à développer un jeu sérieux et à apprécier son apport sur l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières. Le RCI étant un aspect essentiel de la reconnaissance et de la prise en charge d'une situation d'ICA, améliorer le RCI pourrait permettre d'intervenir plus rapidement et plus efficacement. En nous appuyant sur un modèle de développement d'interventions (Czajkowski et al., 2015) et d'apprentissage par le jeu sérieux (Alexiou et Schippers, 2018) ainsi que les résultats de deux revues systématiques des écrits que nous avons menées (Maheu-Cadotte et al., 2021a; Maheu-Cadotte et al., 2021b), nous avons développé le jeu sérieux SIGN@L. Il s'agit d'un des rares jeux sérieux portant sur le RCI d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières et, à notre connaissance, le seul en contexte d'ICA. Il s'agit également d'une des rares études dans le domaine de la formation en santé visant à apprécier l'apport d'éléments du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage d'étudiantes et d'étudiants.

Cette étude permet de suggérer que le prototype d'un jeu sérieux qui intègre chacun des éléments des couches constitutives suggérés par Alexiou et Schippers (2018) favorise davantage l'engagement et la motivation intrinsèque d'étudiantes et d'étudiants en sciences infirmières qu'un prototype qui présente une intégration limitée de ces éléments. Des niveaux d'engagement et de motivation intrinsèque plus importants ne se sont toutefois pas traduits par un meilleur développement du RCI en contexte d'ICA. D'autres études sont donc nécessaires pour clarifier les associations entre l'engagement, la motivation intrinsèque et le développement du RCI en contexte d'ICA. Nos résultats qualitatifs permettent également d'appuyer l'apport d'éléments du jeu sérieux, entre autres les objectifs aux résultats d'apprentissage et les niveaux de jeu à l'engagement et la motivation intrinsèque. Davantage d'études expérimentales sont toutefois nécessaires afin de proposer des données en appui à l'apport d'éléments du jeu sérieux sur l'engagement, la motivation intrinsèque et l'apprentissage.

Références bibliographiques

- Abdul Rahman, M. H., Ismail Yusuf Panessai, I., Mohd Noor, N. A. Z. et Mat Salleh, N. S. (2018). Gamification elements and their impacts on teaching and learning – A review. *The International journal of Multimedia & Its Applications*, 10(6), 37-46. <https://doi.org/10.5121/ijma.2018.10604>
- Abeebe, V. V., De Schutter, B., Geurts, L., Desmet, S., Wauters, J., Husson, J., Van den Audenaeren, L., Van Broeckhoven, F., Annema, J.-H. et Geerts, D. (2011). P-iii: A player-centered, iterative, interdisciplinary and integrated framework for serious game design and development. Dans. Joint Conference on Serious Games, Gand, Belgique.
- Abras, C., Maloney-Krichmar, D. et Preece, J. (2004). User-centered design. Dans W. Bainbridge (dir.), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (vol. 37, p. 445-456). Sage Publications.
- Adjedj, J., Ducrocq, G., Bouleti, C., Reinhart, L., Fabbro, E., Elbez, Y., Fischer, Q., Tesniere, A., Feldman, L. et Varenne, O. (2017). Medical student evaluation with a serious game compared to multiple choice questions Assessment. *JMIR Serious Games*, 5(2), e11. <https://doi.org/10.2196/games.7033>
- Akl, E. A., Pretorius, R. W., Sackett, K., Erdley, W. S., Bhoopathi, P. S., Alfarah, Z. et Schunemann, H. J. (2010). The effect of educational games on medical students' learning outcomes: a systematic review: BEME Guide No 14. *Medical Teacher*, 32(1), 16-27. <https://doi.org/10.3109/01421590903473969>
- Aksoy, E. (2019). Comparing the effects on learning outcomes of tablet-based and virtual reality-based serious gaming modules for basic life support training: Randomized trial. *JMIR Serious Games*, 7(2), e13442. <https://doi.org/10.2196/13442>
- Aleven, V. et Koedinger, K. R. (2000). Limitations of student control: Do students know when they need help? Dans. 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montréal,

Canada.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.61.1625&rep=rep1&type=pdf>

Alexiou, A., Oshri, I. et Schippers, M. C. (2013). Exploring the learning potential of serious games: The role of game features and individual differences in user engagement and learning. Dans. Academy of Management Annual Meeting, Lake Buena Vista, Floride.

<https://research.tilburguniversity.edu/en/publications/exploring-the-learning-potential-of-serious-games-the-role-of-gam>

Alexiou, A., Schippers, M. et Oshri, I. (2012). Positive psychology and digital games: The role of emotions and psychological flow in serious games development. *Psychology (Savannah, Ga.)*, 3(12a), 1243-1247. <https://doi.org/10.4236/psych.2012.312A184>

Alexiou, A. et Schippers, M. C. (2018). Digital game elements, user experience and learning: A conceptual framework. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2545-2567. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9730-6>

Alexiou, A., Schippers, M. C., Oshri, I. et Angelopoulos, S. (2020). Narrative and aesthetics as antecedents of perceived learning in serious games. *Information Technology & People*. <https://doi.org/10.1108/itp-08-2019-0435>

Alinier, G. (2010). Developing high-fidelity health care simulation scenarios: A guide for educators and professionals. *Simulation & Gaming*, 42(1), 9-26. <https://doi.org/10.1177/1046878109355683>

Allen, E., Elliott, D. et Jackson, D. (2017). Recognising and responding to in-hospital clinical deterioration: An integrative review of interprofessional practice issues. *Journal of Clinical Nursing*, 26(23-24), 3990-4012. <https://doi.org/10.1111/jocn.13839>

Andersen, L. W., Holmberg, M. J., Berg, K. M., Donnino, M. W. et Granfeldt, A. (2019). In-hospital cardiac arrest: A review. *JAMA*, 321(12), 1200-1210. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.1696>

- Annetta, L. A. (2010). The "I's" have it: A framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14(2), 105-112. <https://doi.org/10.1037/a0018985>
- Arksey, H. et O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., de Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R. et De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Astin, F., Carroll, D., De Geest, S., Fernandez-Oliver, A. L., Holt, J., Hinterbuchner, L., Jennings, C., Jones, I., Ketchell, A., Kletsiou, E., Ruppert, T., Bustelo, A. S., Serafin, A. et Uchmanowicz, I. (2015). A core curriculum for the continuing professional development of nurses working in cardiovascular settings: Developed by the education committee of the Council on Cardiovascular Nursing and Allied Professions (CCNAP) on behalf of the European Society of Cardiology. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 14(2S), S1-17. <https://doi.org/10.1177/1474515115580905>
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton.
- Bajpai, S., Semwal, M., Bajpai, R., Car, J. et Ho, A. H. Y. (2019). Health professions' digital education: Review of learning theories in randomized controlled trials by the Digital Health Education Collaboration. *Journal of Medical Internet Research*, 21(3), e12912. <https://doi.org/10.2196/12912>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215. <https://doi.org/10.1037//0033-295x.84.2.191>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. Macmillan Publishers.

- Baranowski, T., Buday, R., Thompson, D. I. et Baranowski, J. (2008). Playing for real: video games and stories for health-related behavior change. *American Journal of Preventive Medicine*, 34(1), 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2007.09.027>
- Bauman, E. B. (2012). *Game-based teaching and simulation in nursing and healthcare*. Springer Publishing Company.
- Bell, B. A. (2010). Pretest–Posttest Design. Dans N. J. Salkind (dir.), *Encyclopedia of Research Design*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412961288>
- Benner, P. (2016). Using the Dreyfus model of skill acquisition to describe and interpret skill acquisition and clinical judgment in nursing practice and education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 188-199. <https://doi.org/10.1177/0270467604265061>
- Benner, P. et Tanner, C. (1987). Clinical judgment - How expert nurses use intuition. *American Journal of Nursing*, 87(1), 23-31. <https://doi.org/10.2307/3470396>
- Benner, P., Tanner, C. et Chesla, C. (1992). From beginner to expert: Gaining a differentiated clinical world in critical care nursing. *ANS: Advances in Nursing Science*, 14(3), 13-28. <https://doi.org/10.1097/00012272-199203000-00005>
- Benner, P. E., Tanner, C. A. et Chesla, C. A. (2009). *Expertise in nursing practice: Caring, clinical judgment, and ethics* (2^e éd.). Springer Publishing Company.
- Bergeron, B. (2006). *Developing serious games*. Charles River Media.
- Blanie, A., Amorim, M. A. et Benhamou, D. (2020). Comparative value of a simulation by gaming and a traditional teaching method to improve clinical reasoning skills necessary to detect patient deterioration: a randomized study in nursing students. *BMC Medical Education*, 20, 53. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-1939-6>
- Boada, I., Rodriguez-Benitez, A., Garcia-Gonzalez, J. M., Olivet, J., Carreras, V. et Sbert, M. (2015). Using a serious game to complement CPR instruction in a nurse faculty. *Computer*

Methods and Programs in Biomedicine, 122(2), 282-291.
<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2015.08.006>

Boeker, M., Andel, P., Seidl, M., Streicher, A., Schneevoigt, T., Dern, P. et Frankenschmidt, A. (2009). Uro Island I-game-based e-learning in der urologie. *GMS Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.3205/mibe000082>

Bohsra, B. (2020, 18 avril 2020). *Quebec order allows health-care students near graduation, recent retirees to work during COVID-19 pandemic*. CTV News.
<https://montreal.ctvnews.ca/quebec-order-allows-health-care-students-near-graduation-recent-retirees-to-work-during-covid-19-pandemic-1.4898614>

Bonawitz, E. et Xu, F. (2016). Active learning: Cognitive development, education, and computational models. Dans. 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Austin, Texas.

Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C. et Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, 94, 178-192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>

Bradshaw, C., Atkinson, S. et Doody, O. (2017). Employing a qualitative description approach in health care research. *Global Qualitative Nursing Research*, 4, 1-8.
<https://doi.org/10.1177/2333393617742282>

Breakaway Games. (2022). *Register to use simulations and games to improve your skills and knowledge!* <https://store.breakawaygames.com/Home/Index>

Brom, C., Děchtěrenko, F., Šisler, V., Zdeněk, H. et Lukavský, J. (2018). Does motivation enhance knowledge acquisition in digital game-based and multimedia learning? A review of studies from one lab. Dans. 4th Joint International Conference, JCSG 2018, Darmstadt, Allemagne.

- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4-7.
- Brown Tyo, M. et McCurry, M. K. (2019). An integrative review of clinical reasoning teaching strategies and outcome evaluation in nursing education. *Nursing Education Perspectives*, 40(1), 11-17. <https://doi.org/10.1097/01.NEP.0000000000000375>
- Brull, S., Finlayson, S., Kostelec, T., MacDonald, R. et Krenzischek, D. (2017). Using gamification to improve productivity and increase knowledge retention during orientation. *Journal of Nursing Administration*, 47(9), 448-453. <https://doi.org/10.1097/NNA.0000000000000512>
- Buckley, J., DeWille, T., Exton, C., Exton, G. et Murray, L. (2018). A gamification–motivation design framework for educational software developers. *Journal of Educational Technology Systems*, 47(1), 101-127. <https://doi.org/10.1177/0047239518783153>
- Buijs-Spanjers, K. R., Hegge, H. H., Jansen, C. J., Hoogendoorn, E. et de Rooij, S. E. (2018). A web-based serious game on delirium as an educational intervention for medical students: Randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*, 6(4), e17. <https://doi.org/10.2196/games.9886>
- Buijs-Spanjers, K. R., Hegge, H. H. M., Cnossen, F., Hoogendoorn, E., Jaarsma, D. et de Rooij, S. E. (2019). Dark play of serious games: Effectiveness and features. *Games for Health Journal*, 8(4), 301-306. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0126>
- Cant, R. P. et Cooper, S. J. (2017). Use of simulation-based learning in undergraduate nurse education: An umbrella systematic review. *Nurse Education Today*, 49, 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.11.015>
- Carter, A. G., Creedy, D. K. et Sidebotham, M. (2016). Efficacy of teaching methods used to develop critical thinking in nursing and midwifery undergraduate students: A systematic review of the literature. *Nurse Education Today*, 40, 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.03.010>

- Casler, M. D. (2015). Fundamentals of experimental design: Guidelines for designing successful experiments. *Agronomy Journal*, 107(2), 692-705. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0114>
- Chan, B. et Cochrane, D. (2016). *Mesure des préjudices subis par les patients dans les hôpitaux canadiens*. https://secure.cihi.ca/free_products/cihi_cpsi_hospital_harm_fr.pdf
- Chee, E. J. M., Prabhakaran, L., Neo, L. P., Carpio, G. A. C., Tan, A. J. Q., Lee, C. C. S. et Liaw, S. Y. (2019). Play and learn with patients-designing and evaluating a serious game to enhance nurses' inhaler teaching techniques: A randomized controlled trial. *Games for Health Journal*, 8(3), 187-194. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0073>
- Chon, S. H., Timmermann, F., Dratsch, T., Schuelper, N., Plum, P., Berlth, F., Datta, R. R., Schramm, C., Hander, S., Spath, M. R., Dubbers, M., Kleinert, J., Raupach, T., Bruns, C. et Kleinert, R. (2019). Serious games in surgical medical education: A virtual emergency department as a tool for teaching clinical reasoning to medical students. *JMIR Serious Games*, 7(1), e13028. <https://doi.org/10.2196/13028>
- Choudhury, S. et Pattnaik, S. (2020). Emerging themes in e-learning: A review from the stakeholders' perspective. *Computers & Education*, 144, 103657. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103657>
- Cochrane Effective Practice and Organisation of Care (EPOC). (2017). *Suggested risk of bias criteria for EPOC reviews*. <http://epoc.cochrane.org/epoc-specific-resources-review-authors>
- Cochrane Effective Practice and Organisation of Care Review Group (EPOC). (2002). *Data collection checklist*. <https://methods.cochrane.org/sites/methods.cochrane.org.bias/files/public/uploads/EP%20Data%20Collection%20Checklist.pdf>
- Colorafi, K. J. et Evans, B. (2016). Qualitative descriptive methods in health science research. *HERD*, 9(4), 16-25. <https://doi.org/10.1177/1937586715614171>

- Conn, V. S., Algase, D. L., Rawl, S. M., Zerwic, J. J. et Wyman, J. F. (2010). Publishing pilot intervention work. *Western Journal of Nursing Research*, 32(8), 994-1010. <https://doi.org/10.1177/0193945910367229>
- Connell, C. J., Endacott, R., Jackman, J. A., Kiprillis, N. R., Sparkes, L. M. et Cooper, S. J. (2016). The effectiveness of education in the recognition and management of deteriorating patients: A systematic review. *Nurse Education Today*, 44, 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.06.001>
- Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et Instituts de recherche en santé du Canada. (2017). *Énoncé de politique des trois conseils - Éthique de la recherche avec des êtres humains*. <http://www.ger.ethique.gc.ca/fra/documents/tcps2-2018-fr-interactive-final.pdf>
- Cook, D. A. (2005). The research we still are not doing: an agenda for the study of computer-based learning. *Academic Medicine*, 80(6), 541-548.
- Cook, N. F., McAloon, T., O'Neill, P. et Beggs, R. (2012). Impact of a web based interactive simulation game (PULSE) on nursing students' experience and performance in life support training - A pilot study. *Nurse Education Today*, 32(6), 714-720. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2011.09.013>
- Coster, W. J. (2013). Making the best match: selecting outcome measures for clinical trials and outcome studies. *American Journal of Occupational Therapy*, 67(2), 162-170. <https://doi.org/10.5014/ajot.2013.006015>
- Courtier, J., Webb, E. M., Phelps, A. S. et Naeger, D. M. (2016). Assessing the learning potential of an interactive digital game versus an interactive-style didactic lecture: the continued importance of didactic teaching in medical student education. *Pediatric Radiology*, 46(13), 1787-1796. <https://doi.org/10.1007/s00247-016-3692-x>
- Craig, P., Dieppe, P., Macintyre, S., Michie, S., Nazareth, I. et Petticrew, M. (2013). Developing and evaluating complex interventions: the new Medical Research Council guidance.

International Journal of Nursing Studies, 50(5), 587-592.
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2012.09.010>

Creswell, J. W. (2013). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4^e éd.). Sage Publications.

Creutzfeldt, J., Hedman, L., Heinrichs, L., Youngblood, P. et Fellander-Tsai, L. (2013). Cardiopulmonary resuscitation training in high school using avatars in virtual worlds: an international feasibility study. *Journal of Medical Internet Research*, 15(1), e9.
<https://doi.org/10.2196/jmir.1715>

Creutzfeldt, J., Hedman, L., Medin, C., Heinrichs, W. L. et Fellander-Tsai, L. (2010). Exploring virtual worlds for scenario-based repeated team training of cardiopulmonary resuscitation in medical students. *Journal of Medical Internet Research*, 12(3), e38.
<https://doi.org/10.2196/jmir.1426>

Crossley, C., Fanfarelli, J. R. et McDaniel, R. (2016). *User experience design considerations for healthcare games and applications*. 2016 IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), Orlando, Floride.

Csikszentmihalyi, M. (1975). Play and intrinsic rewards. *Journal of Humanistic Psychology*, 15(3), 41-63.

Currey, J., Massey, D., Allen, J. et Jones, D. (2018). What nurses involved in a Medical Emergency Teams consider the most vital areas of knowledge and skill when delivering care to the deteriorating ward patient. A nurse-oriented curriculum development project. *Nurse Education Today*, 67, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.05.009>

Custers, E. (2019). Theories of truth and teaching clinical reasoning and problem solving. *Advances in Health Sciences Education: Theory and Practice*, 24(4), 839-848.
<https://doi.org/10.1007/s10459-018-09871-4>

- Czajkowski, S. M., Powell, L. H., Adler, N., Naar-King, S., Reynolds, K. D., Hunter, C. M., Laraia, B., Olster, D. H., Perna, F. M., Peterson, J. C., Epel, E., Boyington, J. E. et Charlson, M. E. (2015). From ideas to efficacy: The ORBIT model for developing behavioral treatments for chronic diseases. *Health Psychology, 34*(10), 971-982. <https://doi.org/10.1037/hea0000161>
- Daniel, M., Rencic, J., Durning, S. J., Holmboe, E., Santen, S. A., Lang, V., Ratcliffe, T., Gordon, D., Heist, B., Lubarsky, S., Estrada, C. A., Ballard, T., Artino, A. R., Jr., Sergio Da Silva, A., Cleary, T., Stojan, J. et Gruppen, L. D. (2019). Clinical reasoning assessment methods: A scoping review and practical guidance. *Academic Medicine, 94*(6), 902-912. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000002618>
- Dankbaar, M. E., Alsmas, J., Jansen, E. E., van Merriënboer, J. J., van Saase, J. L. et Schuit, S. C. (2016). An experimental study on the effects of a simulation game on students' clinical cognitive skills and motivation. *Advances in Health Sciences Education: Theory and Practice, 21*(3), 505-521. <https://doi.org/10.1007/s10459-015-9641-x>
- Dankbaar, M. E., Richters, O., Kalkman, C. J., Prins, G., Ten Cate, O. T., van Merriënboer, J. J. et Schuit, S. C. (2017). Comparative effectiveness of a serious game and an e-module to support patient safety knowledge and awareness. *BMC Medical Education, 17*, 30. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0836-5>
- De Freitas, S. (2006). *Learning in immersive worlds: a review of game-based learning*. http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/elearninginnovation/gamingreport_v3.pdf
- de Sena, D. P., Fabricio, D. D., da Silva, V. D., Bodanese, L. C. et Franco, A. R. (2019). Comparative evaluation of video-based on-line course versus serious game for training medical students in cardiopulmonary resuscitation: A randomised trial. *PLoS One, 14*(4), e0214722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214722>
- Del Blanco, A., Torrente, J., Fernandez-Manjon, B., Ruiz, P. et Giner, M. (2017). Using a videogame to facilitate nursing and medical students' first visit to the operating theatre. A

randomized controlled trial. *Nurse Education Today*, 55, 45-53.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.04.026>

Deschênes, M. F., Goudreau, J., Fontaine, G., Charette, M., Da Silva, K. B., Maheu-Cadotte, M. A. et Boyer, L. (2019). Theoretical foundations of educational strategies used in e-learning environments for developing clinical reasoning in nursing students: A scoping review. *Nurse Education in Practice*, 41, 102632. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2019.102632>

DeSmet, A., Thompson, D., Baranowski, T., Palmeira, A., Verloigne, M. et De Bourdeaudhuij, I. (2016). Is participatory design associated with the effectiveness of serious digital games for healthy lifestyle promotion? A meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 18(4), e94. <https://doi.org/10.2196/jmir.4444>

Destyanto, A. R., Hidayatno, A., Moeis, A. O. et Iman, M. (2019). Co-creating prototype improvement using participatory design on the development of a serious game in financial literacy skills. Dans R. Hamada, S. Soranastaporn, H. Kanegae, P. Dumrongrojwatthana, S. Chaisanit, P. Rizzi et D. V (dir.), *Neo-simulation and gaming toward active learning* (p. 111-122). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8039-6>

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. et Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. Dans. 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning future media environments, Tampere, Finlande.

Diehl, L. A., de Souza, R. M., Gordan, P. A., Esteves, R. Z. et Coelho, I. C. (2015). User assessment of "InsuOnLine," a game to fight clinical inertia in diabetes: A pilot study. *Games for Health Journal*, 4(5), 335-343. <https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0111>

Diehl, L. A., Souza, R. M., Gordan, P. A., Esteves, R. Z. et Coelho, I. C. (2017). InsuOnline, an electronic game for medical education on insulin therapy: A randomized controlled trial with primary care physicians. *Journal of Medical Internet Research*, 19(3), e72. <https://doi.org/10.2196/jmir.6944>

- Dijkers, M. (2013). Introducing GRADE: a systematic approach to rating evidence in systematic reviews and to guideline development. *KT Update*, 1(5). <http://www.ktdrr.org/products/update/v1n5/>
- Dimitriadou, A., Djafarova, N., Turetken, O., Verkuyl, M. et Ferworn, A. (2021). Challenges in serious game design and development: Educators' experiences. *Simulation & Gaming*, 52(2), 132-152. <https://doi.org/10.1177/1046878120944197>
- Donaldson, S. K. et Crowley, D. M. (1978). The discipline of nursing. *Nursing Outlook*, 26(2), 113-120. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/245616>
- Drummond, D., Delval, P., Abdenouri, S., Truchot, J., Ceccaldi, P. F., Plaisance, P., Hadchouel, A. et Tesniere, A. (2017). Serious game versus online course for pretraining medical students before a simulation-based mastery learning course on cardiopulmonary resuscitation: A randomised controlled study [Article]. *European Journal of Anaesthesiology*, 34(12), 836-844. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000675>
- Durand, S., Harvey, B. et D'Anjou, H. (2016). *Le champ d'exercice et les activités réservées des infirmières et infirmiers*. <https://www.oiiq.org/documents/20147/1306047/1466-exercice-infirmier-activites-reservees-web+%282%29.pdf/84aaaa05-af1d-680a-9be1-29fcde8075e3>
- Dwan, K., Li, T., Altman, D. G. et Elbourne, D. (2019). CONSORT 2010 statement: extension to randomised crossover trials. *BMJ*, 366, l4378. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4378>
- Elbay, R. Y., Kurtulmus, A., Arpacioğlu, S. et Karadere, E. (2020). Depression, anxiety, stress levels of physicians and associated factors in Covid-19 pandemics. *Psychiatry Research*, 290, 113130. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113130>
- Eldridge, S. M., Chan, C. L., Campbell, M. J., Bond, C. M., Hopewell, S., Thabane, L., Lancaster, G. A. et group, P. c. (2016). CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *BMJ*, 355, i5239. <https://doi.org/10.1136/bmj.i5239>

- Ellaway, R. H. (2016). A conceptual framework of game-informed principles for health professions education. *Advances in simulation*, 1, 28. <https://doi.org/10.1186/s41077-016-0030-1>
- Ericsson, K. A. (2008). Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Academic Emergency Medicine*, 15(11), 988-994. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x>
- Eseryel, D., Law, V., Ifenthaler, D., Ge, X. et Miller, R. (2014). An investigation of the interrelationships between motivation, engagement, and complex problem solving in game-based learning. *Educational Technology & Society*, 17(1), 42-53. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/jeductechsoci.17.1.42>
- Ezekowitz, J. A., O'Meara, E., McDonald, M. A., Abrams, H., Chan, M., Ducharme, A., Giannetti, N., Grzeslo, A., Hamilton, P. G., Heckman, G. A., Howlett, J. G., Koshman, S. L., Lepage, S., McKelvie, R. S., Moe, G. W., Rajda, M., Swiggum, E., Virani, S. A., Zieroth, S., Al-Hesayen, A., Cohen-Solal, A., D'Astous, M., De, S., Estrella-Holder, E., Fremes, S., Green, L., Haddad, H., Harkness, K., Hernandez, A. F., Kouz, S., LeBlanc, M. H., Masoudi, F. A., Ross, H. J., Roussin, A. et Sussex, B. (2017). 2017 comprehensive update of the Canadian Cardiovascular Society guidelines for the management of heart failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 33(11), 1342-1433. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2017.08.022>
- Faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal. (2015). *Référentiel de compétences - Baccalauréat en sciences infirmières*.
- Fanfarelli, J. R., McDaniel, R. et Crossley, C. (2018). Adapting UX to the design of healthcare games and applications. *Entertainment Computing*, 28, 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2018.08.001>
- Farmakis, D., Papingiotis, G. et Parissis, J. (2017). Acute heart failure: Epidemiology and socioeconomic burden. *Continuing Cardiology Education*, 3(3), 88-92. <https://doi.org/10.1002/cce2.61>

- Feeley, N., Cossette, S., Cote, J., Heon, M., Stremmler, R., Martorella, G. et Purden, M. (2009). The importance of piloting an RCT intervention. *Canadian Journal of Nursing Research*, 41(2), 85-99. <https://cinr.archive.mcgill.ca/article/view/2194/2188>
- Fontaine, G., Cossette, S., Maheu-Cadotte, M.-A., Mailhot, T., Lavoie, P., Gagnon, M.-P., Dubé, V. et Côté, J. (2020). Traduction, adaptation et évaluation psychométrique préliminaire d'une mesure d'engagement et d'une mesure de charge cognitive en contexte d'apprentissage numérique. *Pédagogie Médicale*, 20(2), 79-90. <https://doi.org/10.1051/pmed/2020009>
- Freesound team. (s.d.). *About freesound*. <https://freesound.org/help/about/>
- Friedrich, M., Bergdolt, C., Haubruck, P., Bruckner, T., Kowalewski, K. F., Muller-Stich, B. P., Tanner, M. C. et Nickel, F. (2017, Feb 6). App-based serious gaming for training of chest tube insertion: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 18(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-1799-5>
- Fritz, C. O., Morris, P. E. et Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2-18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gaalan, K., Kunaviktikul, W., Akkadechanunt, T., Wichaikhum, O. A. et Turale, S. (2019). Factors predicting quality of nursing care among nurses in tertiary care hospitals in Mongolia. *International Nursing Review*, 66(2), 176-182. <https://doi.org/10.1111/inr.12502>
- Garber, L. L., Hyatt, E. M. et Boya, U. O. (2017). Gender differences in learning preferences among participants of serious business games. *International Journal of Management Education*, 15(2), 11-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.02.001>
- Garcia-Viola, A., Garrido-Molina, J. M., Marquez-Hernandez, V. V., Granados-Gamez, G., Aguilera-Manrique, G. et Gutierrez-Puertas, L. (2019, Dec 1). The Influence of Gamification on Decision Making in Nursing Students. *Journal of Nursing Education*, 58(12), 718-722. <https://doi.org/10.3928/01484834-20191120-07>

- Garris, R., Ahlers, R. et Driskell, J. E. (2016). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467. <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Gauthier, A., Corrin, M. et Jenkinson, J. (2015). Exploring the influence of game design on learning and voluntary use in an online vascular anatomy study aid. *Computers & Education*, 87, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.017>
- Gentry, S., Gauthier, A., L'Estrade Ehrstrom, B., Wortley, D., Lilienthal, A., Tudor Car, L., Dauwels-Okutsu, S., Nikolaou, C., Zary, N., Campbell, J. et Car, J. (2019). Serious gaming and gamification education in health professions: a systematic review by the Digital Health Education collaboration. *Journal of Medical Internet Research*, 21(3), e12994. <https://doi.org/10.2196/12994>
- Giessen, H. W. (2015). Serious games effects: an overview. *Procedia - Social and Behavioral Science*, 174, 2240-2244. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.881>
- Gorbanev, I., Agudelo-Londono, S., Gonzalez, R. A., Cortes, A., Pomares, A., Delgadillo, V., Yepes, F. J. et Munoz, O. (2018). A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. *Medical Education Online*, 23(1), 1438718. <https://doi.org/10.1080/10872981.2018.1438718>
- Goudreau, J., Boyer, L. et Létourneau, D. (2014). Clinical nursing reasoning in nursing practice: A cognitive learning model based on a think aloud methodology. *Quality Advancement in Nursing Education-Avancées En Formation Infirmière*, 1(1), 4. <https://doi.org/10.17483/2368-6669.1009>
- Graafland, M., Bemelman, W. A. et Schijven, M. P. (2014). Prospective cohort study on surgeons' response to equipment failure in the laparoscopic environment. *Surgical Endoscopy*, 28(9), 2695-2701. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3530-x>

- Graafland, M., Bemelman, W. A. et Schijven, M. P. (2017). Game-based training improves the surgeon's situational awareness in the operation room: a randomized controlled trial. *Surgical Endoscopy*, 31(10), 4093-4101. <https://doi.org/10.1007/s00464-017-5456-6>
- Graafland, M., Schraagen, J. M. et Schijven, M. P. (2012). Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *British Journal of Surgery*, 99(10), 1322-1330. <https://doi.org/10.1002/bjs.8819>
- Gredler, M. E. (2004). Games and simulations and their relationships to learning. Dans M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen et M. J. Bishop (dir.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (p. 571-581). Springer.
- Grendal Games. (s. d.). *Games that change the world*. <https://grendelgames.com/>
- Guay, F., Vallerand, R. J. et Blanchard, C. (2000). On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and Emotion*, 24(3), 175-213. <https://doi.org/10.1023/A:1005614228250>
- Hamari, J., Koivisto, J. et Sarsa, H. (2014). Does gamification work?—A literature review of empirical studies on gamification. Dans. Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences, Waikola, Hawaiï.
- Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J. et Edwards, T. (2016). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
- Hannig, A., Lemos, M., Spreckelsen, C., Ohnesorge-Radtke, U. et Rafai, N. (2013). Skills-O-Mat: Computer supported interactive motion- and game-based training in mixing alginate in dental education. *Journal of Educational Computing Research*, 48(3), 315-343. <https://doi.org/10.2190/EC.48.3.c>

- Harjola, V. P., Lassus, J., Sionis, A., Kober, L., Tarvasmaki, T., Spinar, J., Parissis, J., Banaszewski, M., Silva-Cardoso, J., Carubelli, V., Di Somma, S., Tolppanen, H., Zeymer, U., Thiele, H., Nieminen, M. S., Mebazaa, A. et CardShock Study Investigators Great Network. (2015). Clinical picture and risk prediction of short-term mortality in cardiogenic shock. *European Journal of Heart Failure*, 17(5), 501-509. <https://doi.org/10.1002/ejhf.260>
- Harrington, C. M., Chaitanya, V., Dicker, P., Traynor, O. et Kavanagh, D. O. (2018). Playing to your skills: a randomised controlled trial evaluating a dedicated video game for minimally invasive surgery. *Surgical Endoscopy*, 32(9), 3813-3821. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6107-2>
- Haubruck, P., Nickel, F., Ober, J., Walker, T., Bergdolt, C., Friedrich, M., Muller-Stich, B. P., Forchheim, F., Fischer, C., Schmidmaier, G. et Tanner, M. C. (2018). Evaluation of app-based serious gaming as a training method in teaching chest tube insertion to medical students: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 20(5), e195. <https://doi.org/10.2196/jmir.9956>
- Havola, S., Koivisto, J. M., Makinen, H. et Haavisto, E. (2020). Game elements and instruments for assessing nursing students' experiences in learning clinical reasoning by using simulation games: An integrative review. *Clinical Simulation in Nursing*, 46, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2020.04.003>
- Hawlitcshek, A. et Joeckel, S. (2017). Increasing the effectiveness of digital educational games: The effects of a learning instruction on students' learning, motivation and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 72, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.040>
- Hernandez-Ruiz, E., James, B., Noll, J. et Chrysiou, E. G. (2018). What makes music relaxing? An investigation into musical elements. *Psychology of Music*, 48(3), 327-343. <https://doi.org/10.1177/0305735618798027>
- Hertzog, M. A. (2008). Considerations in determining sample size for pilot studies. *Research in Nursing and Health*, 31(2), 180-191. <https://doi.org/10.1002/nur.20247>

- Higgins, J., Savović, J., Page, M., Elbers, R. et Sterne, J. (2021a). Assessing risk of bias in a randomized trial. Dans J. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. Page et V. Welch (dir.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.2*. Cochrane. <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-08>
- Higgins, J. P., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. et Welch, V. A. (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (2^e éd.). John Wiley & Sons.
- Higgins, J. P. T., Eldridge, S. et Li, T. (2021b). Including variants on randomized trials. Dans J. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. Page et V. Welch (dir.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.2*. <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-23>
- Higgins, J. P. T. et Green, S. (2011a). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. The Cochrane Collaboration. <https://training.cochrane.org/handbook/archive/v5.1/>
- Higgins, J. P. T. et Green, S. (2011b). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0*. The Cochrane Collaboration. <http://handbook.cochrane.org/>
- Higgins, J. P. T., Tianjing, L. et Deeks, J. J. (2021c). Choosing effect measures and computing estimates of effect. Dans J. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. Page et V. Welch (dir.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.2*. <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-06>
- Holder, A. G. (2018). Clinical reasoning: A state of the science report. *International Journal of Nursing Education Scholarship*, 15(1). <https://doi.org/10.1515/ijnes-2016-0024>
- Hong, Q. N., Pluye, P., Bujold, M. et Wassef, M. (2017). Convergent and sequential synthesis designs: implications for conducting and reporting systematic reviews of qualitative and quantitative evidence. *Systematic Reviews*, 6, 61. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0454-2>

- Horne, E., Lancaster, G. A., Matson, R., Cooper, A., Ness, A. et Leary, S. (2018). Pilot trials in physical activity journals: a review of reporting and editorial policy. *Pilot and Feasibility Studies*, 4, 125. <https://doi.org/10.1186/s40814-018-0317-1>
- Houghton, C., Dowling, M., Meskell, P., Hunter, A., Gardner, H., Conway, A., Treweek, S., Sutcliffe, K., Noyes, J., Devane, D., Nicholas, J. R. et Biesty, L. M. (2020). Factors that impact on recruitment to randomised trials in health care: a qualitative evidence synthesis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10(10), MR000045. <https://doi.org/10.1002/14651858.MR000045.pub2>
- Huiskes, J., Weijs, T., Kalkman, C. et ten Cate, O. (2015). Gaming to Enhance Students' Patient-Safety Skills: Evaluation of Air Medic Sky One. *Mededpublish*, 4(1). <https://doi.org/10.15694/mep.2015.005.0006>
- Huizinga, J. (2014). *Homo ludens: A study of the play-element in culture*. Routledge.
- Hunter, A. et Brewer, J. D. (2015). Designing multimethod research. Dans S. N. Hesse-Biber et R. B. Johnson (dir.), *The Oxford Handbook of Multimethod and Mixed Methods Research Inquiry*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199933624.013.13>
- Husky, M. M., Kovess-Masfety, V. et Swendsen, J. D. (2020). Stress and anxiety among university students in France during Covid-19 mandatory confinement. *Comprehensive Psychiatry*, 102, 152191. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2020.152191>
- Jarvis, S. et de Freitas, S. (2009). *Evaluation of an immersive learning programme to support triage training*. 2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, Coventry, Royaume-Uni. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5116561/>
- Jaunay, L. B., Zerr, P., Peguin, L., Renouard, L., Ivanoff, A. S., Picard, H., Griffith, J., Chassany, O. et Duracinsky, M. (2019). Development and evaluation of a new serious game for continuing medical education of general practitioners (Hygie): Double-blinded randomized controlled

trial. *Journal of Medical Internet Research*, 21(11), e12669.
<https://doi.org/10.2196/12669>

Johansen, M. L. et O'Brien, J. L. (2016). Decision making in nursing practice: A concept analysis. *Nursing Forum*, 51(1), 40-48. <https://doi.org/10.1111/nuf.12119>

Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V. et Freeman, A. (2014). *NMC horizon report: 2014 higher education edition*. <https://cdc.qc.ca/pdf/2014-Horizon-Report-creative-commons-copy.pdf>

Jurgens, C. Y., Goodlin, S., Dolansky, M., Ahmed, A., Fonarow, G. C., Boxer, R., Arena, R., Blank, L., Buck, H. G., Cranmer, K., Fleg, J. L., Lampert, R. J., Lennie, T. A., Lindenfeld, J., Pina, I. L., Semla, T. P., Trebbien, P., Rich, M. W., American Heart Association Council on Quality of, C., Outcomes, R. et the Heart Failure Society of, A. (2015). Heart failure management in skilled nursing facilities: a scientific statement from the American Heart Association and the Heart Failure Society of America. *Circulation: Heart Failure*, 8(3), 655-687.
<https://doi.org/10.1161/HHF.0000000000000005>

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.

Karra, S., Karampa, V. et Paraskeva, F. (2019). Gamification design framework based on self determination theory for adult motivation. Dans *Learning technology for education challenges*. 8th international workshop on learning technology for education challenges, Zamora, Espagne.

Kashdan, T. B. et Silvia, P. J. (2021). Curiosity and interest: The benefits of thriving on novelty and challenge. Dans C. R. Snyder, S. J. Lopez, L. M. Edwards et S. C. Marques (dir.), *Handbook of positive psychology* (3^e éd., p. 366-374). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195187243.013.0034>

Kaufman, D. M. (2003). Applying educational theory in practice. *BMJ*, 326(7382), 213-216.
<https://doi.org/10.1136/bmj.326.7382.213>

- Kelly, J. (2018). Towards ethical principles for participatory design practice. *Codesign*, 15(4), 329-344. <https://doi.org/10.1080/15710882.2018.1502324>
- Kerfoot, B. P. et Baker, H. (2012a). An online spaced-education game for global continuing medical education: a randomized trial. *Annals of Surgery*, 256(1), 33-38. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31825b3912>
- Kerfoot, B. P. et Baker, H. (2012b). An online spaced-education game to teach and assess residents: a multi-institutional prospective trial. *Journal of the American College of Surgeons*, 214(3), 367-373. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2011.11.009>
- Kerfoot, B. P., Kearney, M. C., Connelly, D. et Ritchey, M. L. (2009). Interactive spaced education to assess and improve knowledge of clinical practice guidelines: a randomized controlled trial. *Annals of Surgery*, 249(5), 744-749. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31819f6db8>
- Kerfoot, B. P., Turchin, A., Breydo, E., Gagnon, D. et Conlin, P. R. (2014). An online spaced-education game among clinicians improves their patients' time to blood pressure control: a randomized controlled trial. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 7(3), 468-474. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000814>
- Khrais, H. et Saleh, A. (2017). The outcomes of integrating concept mapping in nursing education: An integrative review. *Open Journal of Nursing*, 7(11), 1335-1347. <https://doi.org/10.4236/ojn.2017.711096>
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.12.001>
- Kirkpatrick, D. L. (2008). Luminary perspective: evaluating training programs. Dans E. Biech (dir.), *Astd Handbook for Workplace Learning Professionals* (p. 485-491). ASTD Press.
- Knight, J. F., Carley, S., Tregunna, B., Jarvis, S., Smithies, R., de Freitas, S., Dunwell, I. et Mackway-Jones, K. (2010). Serious gaming technology in major incident triage training: a pragmatic

controlled trial. *Resuscitation*, 81(9), 1175-1179.
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.03.042>

Knowles, M. S. (1995). *L'apprenant adulte: vers un nouvel art de la formation*. Editions d'Organisation.

Koivisto, J.-M. (2017). *Learning clinical reasoning through game-based simulation: Design principles for simulation games* [University of Helsinki].

Koivisto, J.-M., Niemi, H., Multisilta, J. et Eriksson, E. (2015). Nursing students' experiential learning processes using an online 3D simulation game. *Education and Information Technologies*, 22(1), 383-398. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9453-x>

Koivisto, J. M., Haavisto, E., Niemi, H., Haho, P., Nylund, S. et Multisilta, J. (2018). Design principles for simulation games for learning clinical reasoning: A design-based research approach. *Nurse Education Today*, 60, 114-120. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.10.002>

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Case Western Reserve University.

Konstam, M. A., Kiernan, M. S., Bernstein, D., Bozkurt, B., Jacob, M., Kapur, N. K., Kociol, R. D., Lewis, E. F., Mehra, M. R., Pagani, F. D., Raval, A. N., Ward, C., American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in the Young et Council on Cardiovascular Surgery Anesthesia. (2018). Evaluation and management of right-sided heart failure: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 137(20), e578-e622. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000560>

Krath, J., Schurmann, L. et von Korfflesch, H. F. O. (2021). Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 125, 106963. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963>

- Kron, F. W., Gjerde, C. L., Sen, A. et Fetters, M. D. (2010). Medical student attitudes toward video games and related new media technologies in medical education. *BMC Medical Education*, 10(1), 50. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-10-50>
- Kurmani, S. et Squire, I. (2017). Acute heart failure: definition, classification and epidemiology. *Current Heart Failure Reports*, 14(5), 385-392. <https://doi.org/10.1007/s11897-017-0351-y>
- Lau, H. M., Smit, J. H., Fleming, T. M. et Riper, H. (2016). Serious games for mental health: Are they accessible, feasible, and effective? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 7, 209. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00209>
- Lave, J. et Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Lavoie, P., Deschênes, M.-F., Richard, V., Pepin, J. I., Tanner, C. A. et Lasater, K. (2021a). Traduction et adaptation d'un modèle du jugement clinique infirmier pour la recherche et la formation infirmière en contexte francophone. *Quality Advancement in Nursing Education - Avancées En Formation Infirmière*, 7(2). <https://doi.org/10.17483/2368-6669.1272>
- Lavoie, P., Deschênes, M. F., Nolin, R., Belisle, M., Garneau, A. B., Boyer, L., Lapierre, A. et Fernandez, N. (2020). Beyond technology: A scoping review of features that promote fidelity and authenticity in simulation-based health professional education. *Clinical Simulation in Nursing*, 42, 22-41. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2020.02.001>
- Lavoie, P., Lapierre, A., Maheu-Cadotte, M. A., Fontaine, G., Khetir, I. et Bélisle, M. (2021b). Transfer of clinical decision-making-related learning outcomes following simulation-based education in nursing and medicine: A scoping review. *Academic Medicine*. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004522>
- Lee, J. (2015). *Effects of fantasy and fantasy proneness on learning and engagement in a 3D educational game* [University of Texas].

<https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/30927/LEE-DISSERTATION-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lee, J., Lee, Y., Gong, S., Bae, J. et Choi, M. (2016). A meta-analysis of the effects of non-traditional teaching methods on the critical thinking abilities of nursing students. *BMC Medical Education*, 16, 240. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0761-7>

Leon, A. C., Davis, L. L. et Kraemer, H. C. (2011). The role and interpretation of pilot studies in clinical research. *Journal of Psychiatric Research*, 45(5), 626-629. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2010.10.008>

Levac, D., Colquhoun, H. et O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. *Implementation Science*, 5, 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>

Lincoln, Y. S. et Guba, E. G. N. i. B. H., CA. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.

Low, J. L., Lewis, S. M. et Prescott, P. (1999). Assessing robustness of crossover designs to subjects dropping out. *Statistics and Computing*, 9(3), 219-227. <https://doi.org/10.1023/A:1008974031782>

Luck, R. (2003). Dialogue in participatory design. *Design Studies*, 24(6), 523-535. [https://doi.org/10.1016/s0142-694x\(03\)00040-1](https://doi.org/10.1016/s0142-694x(03)00040-1)

Lyons, E. J. (2015). Cultivating engagement and enjoyment in exergames using feedback, challenge, and rewards. *Games for Health Journal*, 4(1), 12-18. <https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0072>

MacDonald, K. et Frank, M. (2016). When does passive learning improve the effectiveness of active learning? Dans. 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Austin, Texas. http://langcog.stanford.edu/papers_new/macdonald-2016-cogsci.pdf

Maheu-Cadotte, M., Cossette, S., Dubé, V., Fontaine, G., Mailhot, T., Balli, F. et Mathieu-Dupuis, G. (2017). *Impact of design elements in serious games on engagement and educational outcomes of healthcare professionals and students: a systematic review and meta-analysis*

protocol.

https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.php?ID=CRD42017077424&ID=C RD42017077424

Maheu-Cadotte, M., Lavoie, P. et Dubé, V. (2022). Development and contribution of a serious game to improve nursing students' clinical reasoning in acute heart failure: a multimethod study [document soumis pour publication]. *Faculté des sciences infirmières, Université de Montréal*.

Maheu-Cadotte, M. A., Cossette, S., Dubé, V., Fontaine, G., Deschênes, M. F., Lapierre, A. et Lavoie, P. (2020). Differentiating the design principles of virtual simulations and serious games to enhance nurses' clinical reasoning. *Clinical Simulation in Nursing*, 49, 19-23. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2020.04.004>

Maheu-Cadotte, M. A., Cossette, S., Dubé, V., Fontaine, G., Lavallée, A., Lavoie, P., Mailhot, T. et Deschênes, M. F. (2021a). Efficacy of serious games in healthcare professions education: A systematic review and meta-analysis. *Simulation in Healthcare*, 16(3), 199-212. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000512>

Maheu-Cadotte, M. A., Cossette, S., Dube, V., Fontaine, G., Mailhot, T., Lavoie, P., Cournoyer, A., Balli, F. et Mathieu-Dupuis, G. (2018). Effectiveness of serious games and impact of design elements on engagement and educational outcomes in healthcare professionals and students: a systematic review and meta-analysis protocol. *Bmj Open*, 8(3), e019871. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019871>

Maheu-Cadotte, M. A., Dubé, V., Cossette, S., Lapierre, A., Fontaine, G., Deschênes, M. F. et Lavoie, P. (2021b). Involvement of end users in the development of serious games for health care professions education: Systematic descriptive review. *JMIR Serious Games*, 9(3), e28650. <https://doi.org/10.2196/28650>

Mahramus, T., Penoyer, D. A., Frewin, S., Chamberlain, L., Wilson, D. et Sole, M. L. (2014). Assessment of an educational intervention on nurses' knowledge and retention of heart

- failure self-care principles and the Teach Back method. *Heart and Lung*, 43(3), 204-212.
<https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2013.11.012>
- Majuri, J., Koivisto, J. et Hamari, J. (2018). Gamification of education and learning: a review of empirical literature. Dans. 2nd International Gamifin Conference (Gamifin 2018), Pori, Finlande. <http://ceur-ws.org/Vol-2186/paper2.pdf>
- Malaby, T. M. (2007). Beyond play: a new approach to games. *Games and Culture*, 2(2), 95-113.
- Malone, T. W. (1980). What makes things fun to learn? Heuristics for designing instructional computer games. Dans. 3rd ACM SIGSMALL symposium and the first SIGPC symposium on Small systems, Palo Alto, Californie.
- Manthorp, R. (2020). *Education: learning to program*.
<https://www.yoyogames.com/fr/tutorials/education-learning-to-program>
- Masters, J., Barton, C., Blue, L. et Welstand, J. (2019). Increasing the heart failure nursing workforce: recommendations by the British Society for Heart Failure Nurse Forum. *British Journal of Cardiac Nursing*, 14(11), 1-12. <https://doi.org/10.12968/bjca.2019.0109>
- Mathieu, E., McGeechan, K., Barratt, A. et Herbert, R. (2013). Internet-based randomized controlled trials: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 20(3), 568-576. <https://doi.org/10.1136/amiainl-2012-001175>
- McArthur, A., Klugarova, J., Yan, H. et Florescu, S. (2020). Systematic reviews of text and opinion. Dans E. Aromataris et Z. Munn (dir.), *JBIM Manual for Evidence Synthesis*.
<https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-05>
- McDonald, E. W., Boulton, J. L. et Davis, J. L. (2018). E-learning and nursing assessment skills and knowledge - An integrative review. *Nurse Education Today*, 66, 166-174.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.03.011>
- Mebazaa, A., Tolppanen, H., Mueller, C., Lassus, J., DiSomma, S., Baksyte, G., Cecconi, M., Choi, D. J., Cohen Solal, A., Christ, M., Masip, J., Arrigo, M., Noura, S., Ojji, D., Peacock, F.,

- Richards, M., Sato, N., Sliwa, K., Spinar, J., Thiele, H., Yilmaz, M. B. et Januzzi, J. (2016). Acute heart failure and cardiogenic shock: a multidisciplinary practical guidance. *Intensive Care Medicine*, 42(2), 147-163. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4041-5>
- Meyer, T. E., Shih, J. A. et Harrington, C. (2019). Acute heart failure and pulmonary edema. Dans D. L. Brown (dir.), *Cardiac Intensive Care* (3^e éd., p. 180-198). Elsevier.
- Michael, D. R. et Chen, S. L. (2005). *Serious games: games that educate, train, and inform*. Course Technology PTR.
- Middeke, A., Anders, S., Raupach, T. et Schuelper, N. (2020). Transfer of clinical reasoning trained with a serious game to comparable clinical problems: A prospective randomized study. *Simulation in Healthcare*, 15(2), 75-81. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000407>
- Middeke, A., Anders, S., Schuelper, M., Raupach, T. et Schuelper, N. (2018). Training of clinical reasoning with a Serious Game versus small-group problem-based learning: A prospective study. *PloS One*, 13(9), e0203851. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203851>
- Miles, M. B., Huberman, A. M. et Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: a method sourcebook*. Sage Publications.
- Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, 65, S63-S67. <https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>
- Minor, J. (2021). *GameMaker Studio 2 review*. <https://www.pcmag.com/reviews/gamemaker>
- Mohan, D., Angus, D. C., Ricketts, D., Farris, C., Fischhoff, B., Rosengart, M. R., Yealy, D. M. et Barnato, A. E. (2014). Assessing the validity of using serious game technology to analyze physician decision making. *PloS One*, 9(8), e105445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105445>
- Mohan, D., Farris, C., Fischhoff, B., Rosengart, M. R., Angus, D. C., Yealy, D. M., Wallace, D. J. et Barnato, A. E. (2017). Efficacy of educational video game versus traditional educational

- apps at improving physician decision making in trauma triage: randomized controlled trial. *BMJ*, 359, j5416. <https://doi.org/10.1136/bmj.j5416>
- Mohan, D., Fischhoff, B., Angus, D. C., Rosengart, M. R., Wallace, D. J., Yealy, D. M., Farris, C., Chang, C. H., Kerti, S. et Barnato, A. E. (2018). Serious games may improve physician heuristics in trauma triage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(37), 9204-9209. <https://doi.org/10.1073/pnas.1805450115>
- Mohan, D., Rosengart, M. R., Fischhoff, B., Angus, D. C., Farris, C., Yealy, D. M., Wallace, D. J. et Barnato, A. E. (2016). Testing a videogame intervention to recalibrate physician heuristics in trauma triage: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Emergency Medicine*, 16(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s12873-016-0108-z>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. et Group, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A. et Group, P.-P. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4, 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Momentive. (2021). SurveyMonkey. <https://www.surveymonkey.com/>
- Moore, C. G., Carter, R. E., Nietert, P. J. et Stewart, P. W. (2011). Recommendations for planning pilot studies in clinical and translational research. *Clinical and Translational Science*, 4(5), 332-337. <https://doi.org/10.1111/j.1752-8062.2011.00347.x>
- Moore, G., Wilding, H., Gray, K. et Castle, D. (2019). Participatory methods to engage health service users in the development of electronic health resources: Systematic Review. *Journal of Participatory Medicine*, 11(1), e11474. <https://doi.org/10.2196/11474>

- Mordt, P., K, T., Lokken, A. et Foss, B. (2011). The Medication Game – Digital game based medication calculation – Development and Design. Dans M. Poulsen et E. Kober (dir.), *The Gameit Handbook: A Framework of Game Based Learning Pedagogy* (p. 105-122).
- Muir, M. et Conati, C. (2012). An analysis of attention to student–adaptive hints in an educational game. Dans. International conference on intelligent tutoring systems, La Canée, Grèce.
- Mummah, S. A., Robinson, T. N., King, A. C., Gardner, C. D. et Sutton, S. (2016). IDEAS (integrate, design, assess, and share): A framework and toolkit of strategies for the development of more effective digital interventions to change health behavior. *Journal of Medical Internet Research*, 18(12), e317. <https://doi.org/10.2196/jmir.5927>
- Nakamura, J. et Csikszentmihalyi, M. (2014). The concept of flow. Dans *Flow and the foundations of positive psychology: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi* (p. 239-263). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8>
- Naul, E. et Liu, M. (2020). Why story matters: A review of narrative in serious games. *Journal of Educational Computing Research*, 58(3), 687-707. <https://doi.org/10.1177/0735633119859904>
- Nevin, C. R., Westfall, A. O., Rodriguez, J. M., Dempsey, D. M., Cherrington, A., Roy, B., Patel, M. et Willig, J. H. (2014). Gamification as a tool for enhancing graduate medical education. *Postgraduate Medical Journal*, 90(1070), 685-693. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2013-132486>
- Newman, M. A., Sime, A. M. et Corcoran-Perry, S. A. (1991). The focus of the discipline of nursing. *Advances in Nursing Science*, 14(1), 1-6. https://journals.lww.com/advancesinnursingscience/Fulltext/1991/09000/The_focus_of_the_discipline_of_nursing.2.aspx
- Newman, M. A., Smith, M. C., Pharris, M. D. et Jones, D. (2008). The focus of the discipline revisited. *ANS: Advances in Nursing Science*, 31(1), E16-27. <https://doi.org/10.1097/01.ANS.0000311533.65941.f1>

- O'Brien, H. L. et Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50-69. <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- O'Brien, J. E., Hagler, D. et Thompson, M. S. (2015). Designing simulation scenarios to support performance assessment validity. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 46(11), 492-498. <https://doi.org/10.3928/00220124-20151020-01>
- O'Rourke, E., Ballweber, C. et Popović, Z. (2014). Hint systems may negatively impact performance in educational games. Dans. Proceedings of the first ACM conference on learning @ scale conference, Atlanta, Georgie.
- O'Brien, H. L., Cairns, P. et Hall, M. (2018). A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (UES) and new UES short form. *International Journal of Human-Computer Studies*, 112, 28-39. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.01.004>
- Ofosu-Ampong, K., Boateng, R., Anning-Dorson, T. et Kolog, E. A. (2020). Are we ready for gamification? An exploratory analysis in a developing country. *Education and Information Technologies*, 25(3), 1723-1742. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10057-7>
- Olszewski, A. E. et Wolbrink, T. A. (2017). Serious gaming in medical education: A proposed structured framework for game development. *Simulation in Healthcare*, 12(4), 240-253. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000212>
- Open GameArt organisation. (s.d.). Home. <https://opengameart.org/>
- Ortega-Rivas, A., Saorin, J. L., de la Torre, J. et Elsheikha, H. (2013). Touch-pad mobile devices for blended learning in immunology practicals. *Medical Education*, 47(5), 518-519. <https://doi.org/10.1111/medu.12177>
- Panyowat, R. (2019). *Resus Days Development Retrospective – 1 Year Later*. <https://resusdays.com/resus-days-development-retrospective-1-year-later/>

- Panzoli, D., Lelardeux, C. P., Galaup, M., Lagarrigue, P., Minville, V. et Lubrano, V. (2017). Interaction and communication in an immersive learning game: the challenges of modelling real-time collaboration in a virtual operating room. Dans M. Ma, A. Oikonomou et L. C. Jain (dir.), *Serious Games and Edutainment Applications* (p. 147-186). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9>
- Paré, G., Trudel, M.-C., Jaana, M. et Kitsiou, S. (2015). Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. *Information & Management*, 52(2), 183-199.
<https://doi.org/10.1016/j.im.2014.08.008>
- Parikh, K. S., Sheng, S., Hammill, B. G., Yancy, C. W., Fonarow, G. C., Hernandez, A. F. et DeVore, A. D. (2019). Characteristics of acute heart failure hospitalizations based on presenting severity. *Circulation Heart Failure*, 12(1), e005171.
<https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.118.005171>
- Patterson, B. J. et Krouse, A. M. (2017). Researching nursing education. Dans B. J. Patterson et A. M. Krouse (dir.), *Scientific inquiry in nursing education: Advancing the science*. Wolters Kluwer.
- Perrin, K. O. (2017). What is critical care? Dans K. O. Perrin et C. E. MacLeod (dir.), *Understanding the essentials of critical care nursing* (3^e éd., p. 1-22). Pearson.
- Perski, O., Blandford, A., West, R. et Michie, S. (2017). Conceptualising engagement with digital behaviour change interventions: a systematic review using principles from critical interpretive synthesis. *Translational Behavioral Medicine*, 7(2), 254-267.
<https://doi.org/10.1007/s13142-016-0453-1>
- Persson, J. (2017). A review of the design and development processes of simulation for training in healthcare - A technology-centered versus a human-centered perspective. *Applied Ergonomics*, 58, 314-326. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.07.007>
- Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., McInerney, P., Godfrey, C. M. et Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of

scoping reviews. *Jbi Evid Synth*, 18(10), 2119-2126. <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>

Polivka, B. J., Anderson, S., Lavender, S. A., Sommerich, C. M., Stredney, D. L., Wills, C. E. et Darragh, A. R. (2019). Efficacy and usability of a virtual simulation training system for health and safety hazards encountered by healthcare workers. *Games for Health Journal*, 8(2), 121-128. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0068>

Ponikowski, P., Voors, A. A., Anker, S. D., Bueno, H., Cleland, J. G. F., Coats, A. J. S., Falk, V., Gonzalez-Juanatey, J. R., Harjola, V. P., Jankowska, E. A., Jessup, M., Linde, C., Nihoyannopoulos, P., Parissis, J. T., Pieske, B., Riley, J. P., Rosano, G. M. C., Ruilope, L. M., Ruschitzka, F., Rutten, F. H., van der Meer, P. et European Society of Cardiology Scientific Document Group. (2016). 2016 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 37(27), 2129-2200. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>

Ravayse, W. S., Seugnet Blignaut, A., Leendertz, V. et Woolner, A. (2016, Mar). Success factors for serious games to enhance learning: a systematic review [Review]. *Virtual Reality*, 21(1), 31-58. <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0298-4>

Reichlin, L., Mani, N., McArthur, K., Harris, A. M., Rajan, N. et Dacso, C. C. (2011). Assessing the acceptability and usability of an interactive serious game in aiding treatment decisions for patients with localized prostate cancer. *Journal of Medical Internet Research*, 13(1), e4. <https://doi.org/10.2196/jmir.1519>

Ricciardi, F. et De Paolis, L. T. (2014). A comprehensive review of serious games in health professions. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, 787968. <https://doi.org/10.1155/2014/787968>

Richmond, A., Cooper, N., Gay, S., Atiomo, W. et Patel, R. (2020). The student is key: A realist review of educational interventions to develop analytical and non-analytical clinical

reasoning ability. *Medical Education*, 54(8), 709-719.
<https://doi.org/10.1111/medu.14137>

Riley, J. (2015). The key roles for the nurse in acute heart failure management. *Cardiac Failure Review*, 1(2), 123-127. <https://doi.org/10.15420/cfr.2015.1.2.123>

Rodríguez-Gázquez, M. d. I. Á., Arredondo-Holguín, E. et Herrera-Cortés, R. (2012). Effectiveness of an educational program in nursing in the self-care of patients with heart failure: Randomized controlled trial. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 20(2), 296-306.
<https://doi.org/10.1590/s0104-11692012000200012>

Rogers, B. L. (2005). *Developing nursing knowledge : philosophical traditions and influences*. Lippincott Williams & Wilkins.

Romero, M. et Kalmpourtzis, G. (2020). Constructive alignment in game design for learning activities in higher education. *Information*, 11(3), 126.
<https://doi.org/10.3390/info11030126>

Rondon, S., Sassi, F. C. et Furquim de Andrade, C. R. (2013). Computer game-based and traditional learning method: a comparison regarding students' knowledge retention. *BMC Medical Education*, 13, 30. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-13-30>

Roy, A., Druker, S., Hoge, E. A. et Brewer, J. A. (2020). Physician anxiety and burnout: Symptom correlates and a prospective pilot study of app-delivered mindfulness training. *JMIR mHealth uHealth*, 8(4), e15608. <https://doi.org/10.2196/15608>

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K. et Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371-380.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>

Salari, N., Hosseini-Far, A., Jalali, R., Vaisi-Raygani, A., Rasoulpoor, S., Mohammadi, M., Rasoulpoor, S. et Khaledi-Paveh, B. (2020). Prevalence of stress, anxiety, depression

- among the general population during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *Global Health*, 16(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00589-w>
- Salen, K. et Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press.
- Sandelowski, M. (2000). Whatever happened to qualitative description? *Research in Nursing and Health*, 23(4), 334-340. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10940958>
- Savovic, J., Turner, R. M., Mawdsley, D., Jones, H. E., Beynon, R., Higgins, J. P. T. et Sterne, J. A. C. (2018). Association between risk-of-bias assessments and results of randomized trials in Cochrane reviews: The ROBES meta-epidemiologic study. *American Journal of Epidemiology*, 187(5), 1113-1122. <https://doi.org/10.1093/aje/kwx344>
- Sawyer, B. et Rejeski, D. (2002). *Serious games: Improving public policy through game-based learning and simulation*. <https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/ACF3F.pdf>
- Scales, C. D., Jr., Moin, T., Fink, A., Berry, S. H., Afsar-Manesh, N., Mangione, C. M. et Kerfoot, B. P. (2016). A randomized, controlled trial of team-based competition to increase learner participation in quality-improvement education. *International Journal for Quality in Health Care*, 28(2), 227-232. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzw008>
- Schober, P., Boer, C. et Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Schrader, C. et Bastiaens, T. (2012). Learning in educational computer games for novices: The impact of support provision types on virtual presence, cognitive load, and learning outcomes. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(3), 206-227. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i3.1166>
- Schulz, K. F., Altman, D. G. et Moher, D. (2010). CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMC Medicine*, 8, 18. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-8-18>

- Schwarzer, G., Carpenter, J. R. et Rücker, G. (2015). Small-Study Effects in Meta-Analysis. Dans *Meta-Analysis with R* (p. 107-141). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21416-0_5
- Shutterstock Inc. (2021). *Concrétisez vos idées*. <https://www.shutterstock.com/fr>
- Sim, I., Chan, A. W., Gulmezoglu, A. M., Evans, T. et Pang, T. (2006). Clinical trial registration: transparency is the watchword. *Lancet*, 367(9523), 1631-1633. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68708-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68708-4)
- Slavin, R. E. et Smith, D. (2008). The relationship between sample sizes and effect sizes in systematic reviews in education. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 31(4), 500-506. <https://doi.org/10.3102/0162373709352369>
- Smith, G. B. (2010). In-hospital cardiac arrest: is it time for an in-hospital 'chain of prevention'? *Resuscitation*, 81(9), 1209-1211. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.04.017>
- Sousa, V. D. et Rojjanasrirat, W. (2011). Translation, adaptation and validation of instruments or scales for use in cross-cultural health care research: a clear and user-friendly guideline. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 17(2), 268-274. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2010.01434.x>
- Stingel-Voigt, Y. (2019). Music in serious games as a healing factor. Dans A. Görgen, G. A. Nunez et H. Fangerau (dir.), *Handbook of Popular Culture and Biomedicine* (p. 271-282). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90677-5_20
- Stokes, B. G. (2005). Videogames have changed: Time to consider serious games? *Development Education Journal*, 11(3), 12-14. [http://benjaminstokes.net/doc/Stokes\(2005\)--Videogames-have-changed-time-to-consider-Serious-Games.pdf](http://benjaminstokes.net/doc/Stokes(2005)--Videogames-have-changed-time-to-consider-Serious-Games.pdf)
- Sundel, S. et Ea, E. E. (2018). An educational intervention to evaluate nurses' knowledge of heart failure. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 49(7), 315-321. <https://doi.org/10.3928/00220124-20180613-07>

- Sward, K. A., Richardson, S., Kendrick, J. et Maloney, C. (2008). Use of a web-based game to teach pediatric content to medical students. *Ambulatory Pediatrics*, 8(6), 354-359. <https://doi.org/10.1016/j.ambp.2008.07.007>
- Talan, T., Dogan, Y. et Batdi, V. (2020). Efficiency of digital and non-digital educational games: A comparative meta-analysis and a meta-thematic analysis. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(4), 474-514. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1743798>
- Tan, A. J. Q., Lee, C. C. S., Lin, P. Y., Cooper, S., Lau, L. S. T., Chua, W. L. et Liaw, S. Y. (2017). Designing and evaluating the effectiveness of a serious game for safe administration of blood transfusion: A randomized controlled trial. *Nurse Education Today*, 55, 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.04.027>
- Tanes, Z. (2016). Three perspectives on video game learning: behaviorism, cognitivism, and constructivism. Dans *Emerging research and trends in gamification* (p. 167-195). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8651-9.CH008>
- Tanner, C. A. (2006). Thinking like a nurse: a research-based model of clinical judgment in nursing. *Journal of Nursing Education*, 45(6), 204-211. <https://doi.org/10.3928/01484834-20060601-04>
- Tettegah, S., McCreery, M. et Blumberg, F. (2015). Toward a framework for learning and digital games research. *Educational Psychologist*, 50(4), 253-257. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1134330>
- Thibodeau, J. T. et Drazner, M. H. (2018). The role of the clinical examination in patients with heart failure. *JACC Heart Failure*, 6(7), 543-551. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2018.04.005>
- Thiele, H., Ohman, E. M., Desch, S., Eitel, I. et de Waha, S. (2015). Management of cardiogenic shock. *European Heart Journal*, 36(20), 1223-1230. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv051>

- Thomas, J., Kneale, D., McKenzie, J. E., Brennan, S. E. et Bhaumik, S. (2021). Determining the scope of the review and the questions it will address. Dans J. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. Page et V. Welch (dir.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.2*. <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-02>
- Thompson, C. et Stapley, S. (2011). Do educational interventions improve nurses' clinical decision making and judgement? A systematic review. *International Journal of Nursing Studies*, 48(7), 881-893. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2010.12.005>
- Tong, A., Sainsbury, P. et Craig, J. (2007). Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): a 32-item checklist for interviews and focus groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 19(6), 349-357. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzm042>
- Tracy, S. J. (2020). Field roles, fieldnotes, and field focus. Dans Auteur (dir.), *Qualitative Research Methods: Collecting Evidence, Crafting Analysis, Communicating Impact* (2nd^e éd.). John Wiley & Sons.
- Tran, D. T., Ohinmaa, A., Thanh, N. X., Howlett, J. G., Ezekowitz, J. A., McAlister, F. A. et Kaul, P. (2016). The current and future financial burden of hospital admissions for heart failure in Canada: A cost analysis. *CMAJ Open*, 4(3), E365-E370. <https://doi.org/10.9778/cmajo.20150130>
- Tubelo, R. A., Portella, F. F., Gelain, M. A., de Oliveira, M. M. C., de Oliveira, A. E. F., Dahmer, A. et Pinto, M. E. B. (2019). Serious game is an effective learning method for primary health care education of medical students: A randomized controlled trial. *International Journal of Medical Informatics*, 130, 103944. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.08.004>
- Turner, R. M., Bird, S. M. et Higgins, J. P. (2013). The impact of study size on meta-analyses: examination of underpowered studies in Cochrane reviews. *PloS One*, 8(3), e59202. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059202>

- Urashima, S., Greiner, C., Ryuno, H. et Yamaguchi, Y. (2021). Factors affecting the quality of dementia care at acute care hospitals: A cross-sectional study. *Journal of Clinical Nursing*. <https://doi.org/10.1111/jocn.16036>
- Urbaniak, G. C. et Plous, S. (2021). Research randomizer. <https://www.randomizer.org/>
- van Diepen, S., Katz, J. N., Albert, N. M., Henry, T. D., Jacobs, A. K., Kapur, N. K., Kilic, A., Menon, V., Ohman, E. M., Sweitzer, N. K., Thiele, H., Washam, J. B., Cohen, M. G., American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Stroke Nursing et Council on Quality of Care Outcomes Research Mission Lifeline. (2017). Contemporary management of cardiogenic shock: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 136(16), e232-e268. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000525>
- Van Nuland, S. E., Roach, V. A., Wilson, T. D. et Belliveau, D. J. (2015). Head to head: The role of academic competition in undergraduate anatomical education. *Anatomical Sciences Education*, 8(5), 404-412. <https://doi.org/10.1002/ase.1498>
- Verschueren, S., Buffel, C. et Vander Stichele, G. (2019). Developing theory-driven, evidence-based serious games for health: Framework based on research community insights. *JMIR Serious Games*, 7(2), e11565. <https://doi.org/10.2196/11565>
- VideoPlasty SRL. (2021). *22,515 Animation Assets - Download thousands of Royalty-Free Stock Animation MOV files, Stock GIF Animations, Motion Graphics and more!* <https://videoplasty.com/>
- Vlachopoulos, D. et Makri, A. (2017). The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1>
- Von Glasersfeld, E. (1994). Pourquoi le constructivisme doit-il être radical? *Revue Des Sciences De L'éducation*, 20(1), 21-27.

- Vygotsky, L. et Cole, M. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wang, R., DeMaria, S., Jr., Goldberg, A. et Katz, D. (2016). A systematic review of serious games in training health care professionals. *Simulation in Healthcare, 11*(1), 41-51. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000118>
- Warburton, D. E. R. et Bredin, S. S. D. (2017). Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology, 32*(5), 541-556. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437>
- Waters, A., Bassendowski, S. et Petrucka, P. (2008). Serious games for students in healthcare: engaging a technically inclined generation. *Canadian Journal of Nursing Informatics, 3*(4), 16-27.
- Wattanasoontorn, V., Boada, I., Sbert, M., Olivet, J. et Juvinyà, D. (2014). LISSA a serious game to teach CPR and use of AED. *Resuscitation, 85*, S72. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.03.182>
- Westera, W., Nadolski, R. J., Hummel, H. G. K. et Wopereis, I. G. J. H. (2008). Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity. *Journal of Computer Assisted Learning, 24*(5), 420-432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2008.00279.x>
- Whitehead, A. L., Julious, S. A., Cooper, C. L. et Campbell, M. J. (2016). Estimating the sample size for a pilot randomised trial to minimise the overall trial sample size for the external pilot and main trial for a continuous outcome variable. *Statistical Methods in Medical Research, 25*(3), 1057-1073. <https://doi.org/10.1177/0962280215588241>
- Wijngaards-de Meij, L. et Merx, S. (2018). Improving curriculum alignment and achieving learning goals by making the curriculum visible. *International Journal for Academic Development, 23*(3), 219-231. <https://doi.org/10.1080/1360144x.2018.1462187>

- Woods, M. et Rosenberg, M. E. (2016). Educational tools: Thinking outside the box. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 11(3), 518-526. <https://doi.org/10.2215/CJN.02570315>
- World Health Organization. (2013). *Transforming and scaling up health professionals' education and training: World Health Organization guidelines 2013*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/439438/retrieve>
- Worster, A. et Haines, T. (2004). Advanced statistics: understanding medical record review (MRR) studies [10.1111/j.1553-2712.2004.tb01433.x]. *Academic Emergency Medicine*, 11(2), 187-192. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2004.tb01433.x>
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H. et van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249-265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Wu, W. H., Hsiao, H. C., Wu, P. L., Lin, C. H. et Huang, S. H. (2012). Investigating the learning-theory foundations of game-based learning: a meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(3), 265-279. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00437.x>
- Wynter, L., Burgess, A., Kalman, E., Heron, J. E. et Bleasel, J. (2019). Medical students: what educational resources are they using? *BMC Medical Education*, 19, 36. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1462-9>
- Xu, Y., Lau, Y., Cheng, L. J. et Lau, S. T. (2021). Learning experiences of game-based educational intervention in nursing students: A systematic mixed-studies review. *Nurse Education Today*, 107, 105139. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105139>
- Yancy, C. W., Jessup, M., Bozkurt, B., Butler, J., Casey, D. E., Jr., Colvin, M. M., Drazner, M. H., Filippatos, G. S., Fonarow, G. C., Givertz, M. M., Hollenberg, S. M., Lindenfeld, J., Masoudi, F. A., McBride, P. E., Peterson, P. N., Stevenson, L. W. et Westlake, C. (2017). 2017 ACC/AHA/HFSA focused update of the 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association

task force on clinical practice guidelines and the Heart Failure Society of America. *Circulation*, 136(6), e137-e161. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000509>

Yoder, S. L. et Terhorst, R., 2nd. (2012). "Beam me up, scotty": designing the future of nursing professional development. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 43(10), 456-462. <https://doi.org/10.3928/00220124-20120904-78>

Yost, J., Thompson, D., Ganann, R., Aloweni, F., Newman, K., McKibbin, A., Dobbins, M. et Ciliska, D. (2014). Knowledge translation strategies for enhancing nurses' evidence-informed decision making: a scoping review. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 11(3), 156-167. <https://doi.org/10.1111/wvn.12043>

YoYo Games Ltd. (2021). *GAMEMAKER STUDIO 2*. <https://www.yoyogames.com/en/gamemaker>

Zaharias, P. et Poylymenakou, A. (2009). Developing a usability evaluation method for e-Learning applications: Beyond functional usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(1), 75-98. <https://doi.org/10.1080/10447310802546716>

Ziaeian, B. et Fonarow, G. C. (2016). Epidemiology and aetiology of heart failure. *Nature Reviews: Cardiology*, 13(6), 368-378. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.25>

Zoom Video Communications Inc. (2021). Zoom. <https://zoom.us/>

Annexe A. Contenu clinique à la base des interventions de formation

Contenu clinique développé dans le cadre du projet doctoral de :

Marc-André Maheu-Cadotte, inf., B.Sc., PhD(c), candidat au doctorat en sciences infirmières à l'Université de Montréal, Centre de recherche de l'Institut de Cardiologie de Montréal, Centre de recherche du Centre hospitalier de l'Université de Montréal

Sous la direction de :

Patrick Lavoie, inf., PhD, professeure adjoint, Faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal; Chercheur régulier, Centre de recherche de l'Institut de Cardiologie de Montréal; Chercheur régulier, Équipe FUTUR du Centre d'innovation en formation infirmière;

Véronique Dubé, inf., PhD, professeure adjointe, Faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal; Chercheuse régulière, Centre de recherche du Centre hospitalier de l'Université de Montréal; Titulaire – Chaire de recherche Marguerite d'Youville d'interventions humanistes en soins infirmiers de l'Université de Montréal

Avec la collaboration de :

Eva Romano, M.Sc., IPSSA, infirmière praticienne spécialisée en soins aux adultes, l'Institut de Cardiologie de Montréal.

Amélie Leroux, M.Sc., IPPSA, infirmière praticienne spécialisée en soins aux adultes, Centre hospitalier de l'Université de Montréal.

Claudie Roussy, M.Sc., IPSSA, infirmière praticienne spécialisée en soins aux adultes à l'Institut de Cardiologie de Montréal.

Les études doctorales de Marc-André Maheu-Cadotte sont soutenues financièrement par :

Le fonds de recherche du Québec- Santé;

Le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, le Réseau de recherche en interventions en sciences infirmières du Québec et ses partenaires universitaires;

La Fondation de l'Institut de Cardiologie de Montréal.

Définition et causes de l'insuffisance cardiaque aiguë

L'insuffisance cardiaque aiguë (ICA), se définit comme l'apparition ou la détérioration rapide de signes d'insuffisance cardiaque, soit un syndrome clinique caractérisé par des pressions de remplissage cardiaques augmentées et/ou une diminution du débit cardiaque.¹ L'ICA peut-être de novo ou secondaire à une décompensation d'une insuffisance cardiaque chronique.² Dans 70% des cas, l'ICA est toutefois secondaire à une insuffisance cardiaque chronique.³

La probabilité d'un diagnostic d'ICA peut être établie en évaluant la présence de certains prédicteurs (voir Tableau 1). Le score en tant que tel n'est pas couramment employé en pratique clinique, mais les prédicteurs rapportés en Tableau 1 sont considérés lors de l'évaluation clinique (Romano, communication personnelle, 28 février 2020; Leroux, communication personnelle, 25 mars 2020). Aucun élément de l'examen paraclinique ou de l'évaluation clinique pris individuellement ne peut permettre de confirmer ou d'exclure un diagnostic d'ICA; un diagnostic d'ICA est posé en considérant l'ensemble des éléments de l'examen paraclinique et de l'évaluation clinique.³ Également, on considère son historique (antécédents médicaux, contexte d'apparition des symptômes) et les médicaments pris actuellement lorsqu'on investigate la possibilité d'une ICA (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).

Tableau 1. - Évaluation de la probabilité d'un diagnostic d'insuffisance cardiaque aiguë d'après la présence de prédicteurs.

Prédicteur	Score possible
Âgé > 75 ans	1
Orthopnée	2
Absence de toux	1
Utilisation déjà présente d'un diurétique	1
Crépitations pulmonaires	1
Absence de fièvre (température orale < 37,5 °C; rectale < 38,0 °C)	2
NT-proBNP élevé (> 450 mcg/mL si > 50 ans; sinon > 900mcg/mL)	4
Œdème interstitiel aux rayons X du thorax	2
Total (0-5 : risque faible; 6-8 : risque modéré; 9-14 : risque élevé)	/14

Note. D'après les lignes directrices pour la gestion de l'insuffisance cardiaque de la Société canadienne de cardiologie.⁴

L'ICA touche principalement des hommes de plus de 70 ans qui ont reçu un diagnostic d'insuffisance cardiaque chronique par le passé et qui ont un diabète et une maladie pulmonaire obstructive chronique comme comorbidités.¹

Un événement ischémique¹, une insuffisance valvulaire ou une tamponnade cardiaque sont les causes les plus fréquentes d'une ICA de novo.² Une hypertension non contrôlée, une arythmie ou une non-adhérence au traitement (incluant pharmacologique et non-pharmacologique) sont les causes les plus fréquentes d'une ICA secondaire à une insuffisance cardiaque chronique.² L'European Cardiovascular Society recommande l'utilisation de l'acronyme CHAMP pour se rappeler les principales causes physiologiques de L'ICA (*Coronary syndrome, Hypertension emergency, Arrhythmia, Mechanical cause* (incluant l'insuffisance valvulaire et une tamponnade cardiaque), *Pulmonary embolism*).² Plus rarement, l'ICA pourrait également être causée par un processus infectieux (p.ex. pneumonie), une dysthyroïdie et une anémie (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).

Le choc cardiogénique représente la forme la plus avancée d'une ICA⁵ et touche approximativement 5% des patients atteints d'une ICA.⁵

Évaluation clinique et paraclinique en insuffisance cardiaque aiguë

Une évaluation clinique rapide d'un patient est essentielle afin de diminuer le risque de mortalité.^{3,5}

Hormis dans les ICA où le patient présente une instabilité clinique franche et un risque de décès dans l'immédiat (p.ex. si détresse respiratoire, chute de l'état de conscience), l'évaluation clinique du patient permet, dans un premier temps, d'évaluer la probabilité d'un diagnostic de ICA.^{5,6}

Dans un deuxième temps, l'évaluation clinique permet de déterminer le statut clinique du patient présentant une ICA. L'ICA est associée à différentes présentations cliniques.⁷ Son statut clinique peut être classifié dans une des quatre catégories suivantes. Ces catégories sont basées sur son statut volumique (sec : aucun signe de surcharge; humide : présence de signes de surcharge) et son statut de perfusion (chaud : aucun signe d'hypoperfusion; froid : présence de signes d'hypoperfusion).^{6,8} Cette catégorisation est d'ailleurs décrite par les grandes associations de cardiologie dans leurs lignes directrices portant sur la gestion de l'insuffisance cardiaque.^{2,8,9} Ce type de catégorisation est également employée couramment en pratique clinique pour synthétiser les résultats de l'évaluation clinique (Romano, communication personnelle, 28 février 2020). L'évaluation clinique du patient permet donc de catégoriser son statut clinique à l'intérieur d'une de ces quatre catégories pour guider la gestion de L'ICA.¹ Ces catégories peuvent également nous informer de son pronostic.¹ Cette catégorisation est rapportée en Tableau 2.

La classification de L'ICA d'après le côté du cœur touché (droite versus gauche) est également parfois employée. Celle-ci peut être utile pour les infirmières dans leur processus de communication auprès des autres professionnels de la santé, quoique celle-ci ne modifie pas la conduite clinique des infirmières (Romano, communication personnelle, 28 février 2020; Leroux, communication personnelle, 25 mars 2020).

Tableau 2. - Classification du statut clinique d'une personne avec une insuffisance cardiaque aigue.

		Statut volumique	
		Sec	Humide
			<p>Aug. de la pression de remplissage ventriculaire⁶</p> <p>Pression pulmonaire artérielle d'occlusion \geq à 22 mmHg⁶</p> <p>Présence de signes de congestion au repos⁷</p> <p>95% des cas d'insuffisance cardiaque aiguë aigue¹</p>
Statut de perfusion	Chaud	<p>Fréquence Plus fréquent lors d'un processus infectieux ou si patient déshydraté. Sinon, il s'agit de l'état souhaité pour les patients avec une ICA (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).</p> <p>Pronostic Taux de mortalité de 11% à 6 mois.¹</p> <p>Signes et symptômes Aug. de l'index cardiaque⁸ ($> 2,5L/min./m^2$)¹⁰ Dim. de l'index de résistance vasculaire systémique⁸ (< 700 dynes/seconde/cm⁻⁵) Dim. de la pression pulmonaire artérielle d'occlusion⁸ (< 10 mmHg)¹⁰</p> <p>Modifications orthostatiques de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque⁶ (> 20 mmHg de la pression artérielle systolique et > 10 battements par minute de la fréquence cardiaque)¹¹</p> <p>Signes paracliniques</p>	<p>Fréquence Plus fréquent de toutes les classifications²</p> <p>Pronostic Un des plus hauts taux de mortalité avec le type froid et humide⁷</p> <p>Signes et symptômes Dim. (< 700 dynes/seconde/cm⁻⁵) OU aucune modification de l'index de résistance vasculaire systémique⁸ Aug. de la pression pulmonaire artérielle d'occlusion (PCWP \geq à 15 mmHg)⁸</p> <p>Distension des veines jugulaires à l'inspection visuelle (≥ 10 cm H₂O)^{2,6}; Aug. de la tension veineuse centrale lors d'une mesure par voie centrale (> 8 à 12 mm Hg¹²; > 12 mmHg⁶) Reflux hépatojugulaire positif (> 3cm)⁶ Orthopnée (dors avec au moins deux oreillers)⁶ Bendopnée (dyspnée moins de 30 secondes après s'être penchée lorsqu'assis)⁶ Crépitations pulmonaires bilatéraux^{2,3}</p>

	<p>Traitement Ajuster la thérapie orale au besoin¹</p>	<p>Dyspnée paroxystique nocturne² Œdème périphérique bilatéral^{2,3} Hépatomégalie^{2,3} (foie > 10 cm de haut en bas à la ligne) médioclaviculaire droite à la percussion)¹³ Ascite^{2,3}</p> <p>Signes paracliniques Aug. des peptides natriurétiques⁶ (BNP >100 pg/ml; NT-proBNP >300pg/ml⁴) ou aug. d'au moins 30% par rapport aux valeurs de base (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020)</p> <p>Traitement Adm. Diurétiques^{1,3,4,6} Adm. Norepinephrine⁸ Adm. Vasodilatateurs^{1,3} Ultrafiltration (si résistant aux diurétiques)¹</p>
<p>Froid Index cardiaque $\leq 2,2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$⁶ ; < 1.8 à $2,2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$⁸</p> <p>Présence de signes d'hypoperfusion au repos⁷</p>	<p>Fréquence Plus fréquent chez les personnes avec une insuffisance cardiaque chronique⁸ Représente 28% des cas de choc cardiogénique secondaire à un infarctus du myocarde⁸ Plus fréquent lors d'un processus infectieux ou d'une anémie (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).</p> <p>Pronostic ???</p> <p>Signes et symptômes Dim. de l'index cardiaque ($< 2,2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$)⁸</p>	<p>Fréquence Plus fréquent lors d'un infarctus du myocarde⁸</p> <p>Pronostic Taux de mortalité de 40% à 6 mois¹</p> <p>Signes et symptômes Dim. de l'index cardiaque ($< 2,2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$)⁸ Aug. de l'index de résistance vasculaire systémique ($> 1500\text{ dynes}/\text{secondes}/\text{cm}^{-5}$)⁸ Aug. de la pression pulmonaire artérielle d'occlusion (PCWP $\geq 15\text{ mmHg}$)⁸ Courbe carrée de la pression artérielle lors de la manœuvre de Valsalva⁶</p>

Aug. de l'index de résistance vasculaire systémique (> 1500 dynes/secondes/cm⁻⁵)⁸

Aucune modification de la pression pulmonaire artérielle d'occlusion⁸

Modifications orthostatiques de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque⁶ (> 20 mmHg de la pression artérielle systolique et > 10 battements par minute de la fréquence cardiaque)¹¹

Pression artérielle différentielle qui diminue (< 40 mmHg et qui diminue au fil du temps)^{2,6}

Extrémités froides^{2,6} et qui suent²

Oligurie^{2,14} (<0,5 mL/kg/h)²

Confusion²

Signes paracliniques

Acidose métabolique (ph < 7,35)

Lactate augmenté (>2 mmol/L)²

Créatinine augmentée² (> 95 umol chez les femmes et > 110 chez les hommes)¹⁵

Traitement

Adm. Norepinephrine (si fréquence cardiaque augmentée ou arythmie)⁸

Adm. Dopamine (si fréquence cardiaque diminuée)⁸

Adm. Inotropes (si toujours hypoperfusé)¹

Adm. petit bolus de liquide^{1,8} (entre 250 et 500cc de NS (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020)

Distension des veines jugulaires (>/=10 cm H₂O)⁶

Reflux hépatojugulaire positif (>3cm)⁶

Orthopnée (dors avec au moins deux oreillers)⁶

Bendopnée⁶

Pression artérielle différentielle qui diminue (< 40 mmHg et qui diminue au fil du temps)^{2,6}

Extrémités froides^{2,6} et qui suent²

Oligurie^{2,14} (<0,5 mL/kg/h)²

Confusion²

Crépitations pulmonaires bilatéraux²

Dyspnée paroxystique nocturne²

Œdème périphérique bilatéral²

Hépatomégalie² (foie > 10 cm de haut en bas à la ligne médio-claviculaire droite à la percussion)¹³

Ascite²

Signes paracliniques

Aug. des peptides natriurétiques⁶ (BNP >100 pg/ml; NT-proBNP >300pg/ml⁴) ou aug. d'au moins 30% par rapport aux valeurs de base (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020)

Traitement

Adm. Diurétiques^{1,3,6} (par voie i.v. comme thérapie de première ligne⁴)

Adm. Inotropes⁶ (si la pression artérielle systolique est < 90 mmHg;¹ dans les cas réfractaires^{1,3})

Adm. Vasodilatateurs⁶ (si la pression artérielle systolique est supérieure à 90 mmHg)^{1,3}

			Adm. Norepinephrine (si fréquence cardiaque augmentée <u>ou</u> arythmie) ⁸
			Adm. Dopamine (si fréquence cardiaque diminuée) ⁸
			Circulation mécanique (si résistant au traitement pharmacologique) ¹

Note. Les valeurs hémodynamiques (p.ex. valeur du débit cardiaque) ne peuvent être obtenues que par un cathéter artériopulmonaire ou une échographie, ou d'autres techniques similaires. Il 'n'est donc pas utile pour les infirmières de connaître les seuils critiques, mais plutôt de comprendre la direction attendue des modifications (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).

Tableau 3. - Considérations associées à l'évaluation de certains signes et symptômes d'insuffisance cardiaque aiguë fréquemment évalués en pratique clinique

Signes	Justifications
Ascite (peu sensible)	Arrive tardivement dans le processus de détérioration ⁶ L'ascite peut prendre des jours à apparaître (Romano, communication personnelle, 28 février 2020). De plus, l'ascite pourrait être causée par une cirrhose hépatique (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).
Épanchement pleural	L'épanchement pleural peut être causé par une autre maladie que l'insuffisance cardiaque aiguë, telle qu'un néo (Romano, communication personnelle, 28 février 2020). Une diminution des murmures vésiculaires et un bruit sourd à la percussion (matité) peuvent permettre d'identifier un épanchement pleural.
Œdème périphérique (peu spécifique)	Peut-être causé par une insuffisance veineuse, une obésité, un lymphœdème, un syndrome néphrotique ou une cirrhose ⁶ <u>ET</u> Arrive tardivement dans le processus de détérioration ⁶ Toutefois, un œdème périphérique bilatéral à godet demeure un signe d'ICA (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).
Pression artérielle ² (peu sensible)	Dans près de 95% des cas, les patients sont normotendus ou hypertendus. ⁷ Toutefois, le pronostic du patient est pire si celui-ci est hypotendu. ² De plus, on veut exclure la possibilité d'une hypotension et savoir quand on devrait débiter un inotrope (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).

Tableau 4. - Signes à l'examen clinique qui nous fournissent des indications quant au côté du cœur atteint par l'insuffisance cardiaque aiguë.

Insuffisance cardiaque gauche (signes de bas débit cardiaque et de surcharge pulmonaire)	Insuffisance cardiaque droite (signes de surcharge systémique)	Signes non spécifiques du côté du cœur atteint
Crépitations pulmonaires bilatéraux ²	Ascite (rare, sauf si insuffisance cardiaque chronique) ^{2,12}	Arythmie auriculaire et ventriculaire
Diminution de l'état de conscience*	Prise de poids*	Extrémités froides
Diminution du temps de remplissage capillaire*	Reflux hépatojugulaire positif*	Essoufflement
Dyspnée paroxystique nocturne ²	Distension des veines jugulaires ^{2,5,12}	Aug. de l'amplitude du pouls apical et déplacement vers la gauche de celui-ci
Fatigue/faible tolérance à l'effort*	Hypoxémie (si foramen ovale perméable droite-gauche; PaO ₂ < 80 mmHg) ¹²	Cyanose (si foramen ovale perméable droite-gauche)
Hypotension artérielle ¹²	Murmure holosystolique au niveau de la valve tricuspide ¹²	Diaphorèse
Murmure holosystolique au niveau de la valve mitrale	Œdème aux membres inférieurs (rare, sauf si insuffisance cardiaque chronique) ^{2,12}	Bruit cardiaque B3
Oligurie*	Hépatomégalie (rare, sauf si insuffisance cardiaque chronique) ^{2,5,12}	Œdème aux membres inférieurs
Orthopnée ²		Perte d'énergie
Pâleur*		Onde V proéminente lors de la mesure de la pression au niveau des jugulaires
		Perte d'énergie

Note. Signes non spécifiques du côté du cœur atteint d'après une évaluation en collaboration avec Amélie Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020. * Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020

Tableau 5. - Examens paracliniques

À faire	Justification
Rayon X du thorax ^{2,5}	Permet de diagnostiquer une surcharge pulmonaire, un épanchement pleural, une cardiomégalie ou une infection pulmonaire. ⁵ Toutefois, le Rayon X peut être normal dans 20% des cas. ^{2,3,5}
Angio-scan ⁵	Permet d'évaluer la circulation sanguine au niveau des vaisseaux pulmonaires (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020). Lorsque la fonction rénale est normale, permet de diagnostiquer une embolie pulmonaire, lorsque la suspicion clinique d'un tel état est présente. ⁵ Le calcul du score de Wells pourrait permettre de déterminer la possibilité de la présence d'un embolisme pulmonaire (Romano, communication personnelle, 28 février 2020). Toutefois, le score de Wells n'a pas été validé pour des patients hospitalisés (Leroux, communication personnelle, 25 mars 2020)
Scintigraphie pulmonaire ventilation/perfusion	Permet d'évaluer la diffusion d'air au niveau pulmonaire (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020). Moins spécifique toutefois comme examen que l'angio-scan (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020). Lorsque la fonction rénale est diminuée (Romano, communication personnelle, 28 février 2020), permet de diagnostiquer une embolie pulmonaire, lorsque la suspicion clinique d'un tel état est présente. ⁵
ECG ^{4,5}	Permet d'identifier une cause arythmique ou ischémique à l'insuffisance cardiaque aiguë ^{2,4} , une hypertrophie d'une des chambres du cœur, une myocardite ⁴ . Une onde Q nous informe d'un infarctus ancien (même de quelques jours, des fois).
Échographie cardiaque ^{5,8}	Permet d'identifier quel ventricule cardiaque est responsable de l'insuffisance cardiaque aiguë (gauche, droite, ou les deux), l'étiologie de l'insuffisance cardiaque aiguë (c.-à-d. infarctus du myocarde, insuffisance/sténose valvulaire, tamponnade cardiaque, embolie pulmonaire), le statut hémodynamique (p.ex. pression de la veine cave, pression de l'artère pulmonaire) ^{5,8}
Évaluer la concentration sérique de peptides natriurétiques ⁴	Les peptides natriurétiques sont synthétisés et relâchés par les myocytes lorsque les ventricules cardiaques sont étirés. ¹⁶ Fort probablement une insuffisance cardiaque aiguë ⁴ BNP > 400pg/ml

À faire	Justification
	<p>NT-proBNP > 900 pg/ml (50-75ans)</p> <p>NT-proBNP > 1800 pg/ml (75+)</p> <p>Incertain s'il s'agit d'une insuffisance cardiaque aigue⁴</p> <p>BNP 100-400pg/ml</p> <p>NT-proBNP 300-900 pg/ml (50-75ans)</p> <p>NT-proBNP 300-1800 pg/ml (75+)</p> <p>Pas une insuffisance cardiaque aigue⁴</p> <p>BNP < 100 pg/ml</p> <p>NT-proBNP <300pg/ml</p>
<p>Évaluer la concentration sérique de créatinine et la clairance de la créatinine^{4,5}</p>	<p>Super important de comparer avec les valeurs de base des patients; une augmentation de plus de 30% de la valeur de base est considérée anormale.</p> <p>Si présence d'atteinte rénale secondaire à hypoperfusion ou congestion, élévation de la concentration de créatinine.⁴ À considérer lors de l'administration d'un diurétique afin d'évaluer la fonction rénale.⁴ Anormale si plus de 95 umol/L chez les femmes et 110 umol/L chez les hommes.¹⁵</p> <p>La clairance de la créatinine devrait être supérieure à 90 mL/min/1.73m² (60-89 : atteinte rénale légère; 30-59 : atteinte rénale modérée; 15-29 : atteinte rénale sévère; < 15 : insuffisance rénale chronique)</p>
<p>Évaluer le débit de filtration glomérulaire⁴</p>	<p>Si présence d'atteinte rénale secondaire à hypoperfusion ou congestion, diminution du débit de filtration glomérulaire.⁴ À considérer lors de l'administration de diurétique afin d'évaluer la fonction rénale.⁴ Le débit de filtration glomérulaire devrait être supérieur à 60mL/min/1,73m²¹⁵</p>
<p>Réaliser une formule sanguine complète⁴</p>	<p>Permet d'identifier une anémie ou une infection chez le patient.¹⁶ L'hémoglobine devrait être supérieure à 134 chez les hommes et à 118 chez les femmes. Les leucocytes devraient être inférieurs à 10,8.¹⁷</p>

À faire	Justification
Réaliser un bilan martial (fer, ferritine, transferrine)	Permet d'identifier une cause à une anémie s'il y a une baisse d'hémoglobines. ¹⁶ Le fer devrait se situer entre 6,0 et 27,0. ¹⁷ La ferritine devrait se situer entre 30 et 400 chez les hommes et entre 13 et 150 chez les femmes. ¹⁷ La transferrine devrait se situer entre 2,02 et 3,64 g/L. ¹⁷
Évaluer la concentration sérique d'albumine	Une hypoalbuminémie complique le traitement d'une surcharge et la résorption de l'œdème. ¹⁶ Une hypoalbuminémie favorise une extravasation du liquide. L'albumine devrait se situer entre 34,0 et 50,0. ¹⁷
Évaluer la concentration sérique de troponines T ^{4,5}	Afin d'exclure la possibilité d'un syndrome coronarien aigu (15% des cas d'insuffisance cardiaque aiguë surviennent lors d'un syndrome coronarien aigu) ⁴ . Toutefois, un déséquilibre entre les besoins en oxygène et la demande peuvent causer la libération de Troponines T même en l'absence d'une maladie coronarienne significative. L'élévation du taux de Troponines T est tout de même associée à un pire pronostic. ¹⁸ Le taux de troponines T devrait être inférieur à 14 ng/L. ¹⁵
Évaluer la concentration sérique d'urée ^{4,5}	Une Aug. du taux d'urée peut indiquer une insuffisance rénale. ¹⁶ La concentration sérique d'urée devrait se situer entre 3,0 et 8,7 mmol/L. ¹⁵
Évaluer la concentration sérique de glucose ^{4,5}	La concentration sérique de glucose devrait se situer entre 4,2 et 6,7 mmol/L. ¹⁵ Le glucose a une valeur pronostic chez les patients avec une ICA (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).
Évaluer la concentration sérique de sodium ⁴	Une hyponatrémie est parfois présente chez les patients avec une ICA et peut être exacerbée par la prise de diurétiques, d'un inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine ou d'un antagoniste des récepteurs de l'angiotensine. ¹⁶ La concentration sérique de sodium devrait se situer entre 134 et 145 mmol/L. ¹⁵ Le sodium a une valeur pronostic chez les patients avec une ICA (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).
Évaluer la concentration sérique de potassium ⁴	L'hypokaliémie peut entraîner des arythmies ventriculaires. ⁴ La concentration sérique de potassium devrait se situer entre 3,5 et 5,1 mmol/L. ¹⁵
Évaluer la concentration sérique de magnésium	Une diminution de la concentration sérique de magnésium peut engendrer une hypokaliémie. ⁵ La concentration sérique de magnésium devrait se situer entre 0,7 et 1,0 mmol/L. ¹⁵

À faire	Justification
Évaluer la concentration sérique de TSH et T4 ⁴	Une maladie de la glande thyroïde (autant une hypothyroïdie qu'une hyperthyroïdie) peut être une cause métabolique de l'insuffisance cardiaque aiguë. ^{2,4} La concentration sérique de TSH devrait se situer entre 0,27 et 4,20 mU/L. ¹⁵ Si le patient reçoit de l'amiodarone, peut être mesuré pour évaluer signe de toxicité. ¹⁶ La TSH est demandée en premier et si elle est anormale alors la T4 est mesurée (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).
Évaluer la concentration sérique de Procalcitonine ⁵	Permet d'identifier la présence d'une infection bactérienne du système respiratoire chez un patient dyspnéique. ⁵ La concentration sérique de procalcitonine devrait se situer en bas de 0,04 ug/L. ¹⁵
Évaluer la concentration sérique de protéines c-réactive	Permet d'identifier la présence d'une infection bactérienne à un niveau systémique (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).
Évaluer la concentration sérique d'enzymes hépatiques ⁵	<p>Une Aug. de la concentration sérique d'aspartate aminotransférase (AST) et d'alanine aminotransférase (ALT) est liée à un processus ischémique au niveau du foie secondaire à une hypoperfusion.⁵ Les GGT peuvent être augmentés en cas de cholestase ou de consommation d'alcool chez des patients chez qui on suspecte un tel état (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).</p> <p>AST : Devrait se situer entre 15 et 37 IU/L¹⁵</p> <p>ALT : Devrait se situer entre 20 et 55 IU/L¹⁵</p>
Évaluer la concentration sérique de lactates ⁵ (ph veineux)	Une Aug. des lactates est un signe de souffrance cellulaire alors que le mode de production d'énergie des cellules devient anaérobie. ⁵ Les lactates sont un déchet du processus de production d'énergie et peuvent occasionner une acidose métabolique (Romano, communication personnelle, 28 février 2020). La concentration sérique des lactates devrait se situer entre 0,5 et 1,7 mmol/L. ¹⁵

Gestion d'une insuffisance cardiaque aiguë

La gestion d'une ICA vise principalement à rééquilibrer le statut volumique et le statut de perfusion de l'individu en plus de traiter la cause sous-jacente à l'ICA.¹

Tableau 6. - Interventions pouvant être réalisées, peu importe le type d'insuffisance cardiaque aiguë

À faire	Justification
Maintenir les échanges gazeux	
Administrer O ₂ ⁵ par lunettes nasales ou masque à réservoir pour maintenir SpO ₂ > 90% ^{3,4} , >/= à 92% ⁴ , SaO ₂ > 95% ¹⁴ , PaO ₂ > 60 mmHg ³	Un surplus d'oxygène peut augmenter la résistance vasculaire systémique et diminuer le débit cardiaque ^{4,7}
Installer un BiPAP ou un CPAP ⁵ si la fréquence respiratoire est > 25/min., si hypoxémie persistante malgré l'utilisation de l'OptiFlow, si hypercapnie (PaCO ₂ > 50 mmHg) ³ et œdème pulmonaire réfractaire à la thérapie ⁴	Aucun bénéfice à utiliser BiPAP ou CPAP quant au taux de mortalité, transfert aux soins intensifs ou intubation vs. les soins usuels. Prioriser l'utilisation d'une lunette nasale ou d'un masque à réservoir ⁴ Privilégiez un BiPAP en cas d'acidémie, d'aug. des lactates, en cas d'hypoxémie réfractaire à la thérapie et si des signes de détresse respiratoire sont présents (Romano, communication personnelle, 28 février 2020).
Intuber le patient	Mais seulement si hypoxémie et hypercapnie persistante ainsi qu'acidose respiratoire malgré BiPAP/CPAP
Assurer que les besoins métaboliques sont satisfaits	
Offrir des repas légers, mais fréquents ¹⁹	L'ICA peut entraîner des nausées et une perte d'appétit. ¹⁹
Offrir des repas faibles en sodium ¹⁹	La présence élevée de sodium dans l'alimentation favorise la surcharge ¹⁹
Substituer les hypoglycémiant oraux par une insuline à courte durée d'action titrée à la glycémie du patient (si diabétique) ³	L'ICA peut causer une instabilité métabolique et favoriser une hyperglycémie. ³ De plus, une insuffisance rénale aiguë est fréquemment diagnostiquée chez les patients avec une ICA; plusieurs hypoglycémiant oraux sont contre-indiqués ou leur dosage doit être revu en cas d'insuffisance rénale. (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).

À faire	Justification
Assurer le confort du patient	
Offrir des périodes de repos ^{3,19}	Permet de diminuer les besoins en oxygène de l'organisme. ^{3,19}
Élever la tête du lit à 45 degrés ^{3,19}	Permet de diminuer les symptômes de dyspnée ^{3,19} Permet aussi le retour veineux.
Supporter les bras par des oreillers ¹⁹	Permet de diminuer le stress subi par les muscles des épaules ^{3,19} et favorise l'expansion de la cage thoracique (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).
Positionner les jambes afin que les chevilles soient plus basses que les genoux ^{3,19}	Permet de diminuer le retour veineux vers le cœur. ^{3,19}
Appliquer une serviette humide au visage du patient ¹⁶	Un patient avec une ICA peut présenter de la diaphorèse due à la stimulation par son système nerveux sympathique. La serviette humide peut alors assurer son confort (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).
Utiliser un ventilateur pour diriger un mouvement d'air vers le visage du patient ¹⁶	Permet de diminuer les symptômes de dyspnée. ¹⁶ Toutefois, davantage pour assurer le confort du patient sans changement hémodynamique notable (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).
Instaurer une limite liquidienne pour le patient (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).	Instaurer une limite liquidienne à 1,5L/min (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).
Prévenir la thrombose veineuse profonde	
Administer un traitement prophylactique « de routine » ³	Les patients présentant une ICA se mobilisent moins et sont encouragés à se reposer au lit ce qui peut augmenter le risque de thrombus. ³ Plusieurs patients avec une ICA reçoivent déjà une anticoagulation pour des problèmes arythmiques ou pour une valve mécanique et ne nécessitent donc pas l'ajout d'un traitement prophylactique (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).
Monitorer l'état hémodynamique du patient (méthodes invasives)	

À faire	Justification
Insérer une ligne artérielle ^{4,5}	Mais seulement en cas d'instabilité clinique, si une mesure continue de la pression artérielle est nécessaire ou si des gaz artériels sont à répétition sont nécessaires ^{4,5}
Installer une voie veineuse centrale ^{4,5}	Mais seulement si besoin de monitorer la tension veineuse centrale et la saturation en oxygène ^{4,5} ou d'administrer une médication vasoactive ²⁰
Installer un cathéter artério-pulmonaire ^{4,5}	Mais seulement en cas d'instabilité clinique qui ne répond pas au traitement, pour distinguer un choc cardiogénique d'un autre type de choc et pour guider l'ajustement de la thérapie ^{4,5}
Monitorer l'état hémodynamique du patient (méthodes non invasives)	
Évaluer les ingestas/excretas ⁴	Mais seulement en cas d'instabilité clinique ⁴ et en cas de doute significatif par rapport à la diurèse. Une sonde urinaire est parfois même installée afin d'avoir une mesure plus précise (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020). Toutefois, au CHUM, on évalue les ingestas/excretas chez tous les patients hospitalisés tout au long de leur séjour (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).
Évaluer les signes vitaux ⁴	La fréquence d'évaluation dépend de la sévérité de l'état clinique et de la réponse du patient au traitement. ⁴
Évaluer quotidiennement le poids du patient ^{4,19}	La SpO2 est fréquemment dans les valeurs normales chez les patients avec une ICA. Elle diminue rarement sous les valeurs normales sauf si le patient présente une comorbidité pulmonaire ou que l'œdème pulmonaire est sévère. ¹⁶
	Permet d'évaluer la réponse au diurétique. ^{4,19} La variation dans le poids du patient permet d'estimer la variation liquidienne plus précisément qu'en évaluant les ingestas/excretas. ¹⁶
Identifier et traiter la cause sous-jacente à l'insuffisance cardiaque aiguë (CHAMP)	
Si cause Coronarienne	Revascularisation rapide est recommandée ³

À faire	Justification
Si cause Hypertensive	Peut-être identifié par prise de la pression artérielle. Nitrate i.v. recommandé <u>ET</u> Ajustement du traitement pharmacologique antihypertenseur (1) Bêtabloqueurs, inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ou antagoniste des récepteurs de l'angiotensine) et antagoniste des récepteurs des minéralocorticoïdes; 2) Diurétique thiazidique, diurétique de l'anse; 3) Ajouter Amlodipine (antagoniste des canaux calciques) et Hydralazine (vasodilatateur artériel) ²
Si cause Arythmique	Peut-être identifié par un électrocardiogramme. ¹⁶ Cardioversion ou installation d'un pacemaker temporaire est recommandée. ³
Si problème Mécanique (p. ex. problème valvulaire, rupture du septum cardiaque, myocardite)	Peut-être suggéré par un ECG et confirmé par une échographie cardiaque. ¹⁶ Intervention percutanée ou chirurgicale est recommandée. ³
Si causée par une embolie Pulmonaire	Peut-être suggéré par l'apparition d'une dyspnée soudaine, une radiographie pulmonaire sans particularité et confirmée par un angio-scan ou une scintigraphie pulmonaire (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020). Le score de Wells demande de considérer : les antécédents de thrombose, de chirurgie récente, d'affection maligne, la présence d'hémoptysie, une douleur à la palpation veineuse profonde du membre inférieur, un œdème unilatéral, une fréquence cardiaque > 100/min et l'absence d'un diagnostic alternatif. Thrombolyse, embolectomie ou cathétérisme est recommandé <u>ET</u> Ajustement du traitement pharmacologique thromboprophylactique ²

Tableau 7. - Interventions supplémentaires pouvant être réalisées en présence de signes de surcharge (types humide)

À faire	Justification
<p>Administrer furosémide 20-80 mg i.v. en bolus⁴ ET en perfusion continue de 5 à 20 mg/heure⁴</p>	<p>Favorise la natriurèse et, par le fait même, l'excrétion de l'eau par les reins. Le furosémide engendre un effet dilatateur au niveau des veines.⁵</p>
<p>OU</p>	
<p>Administrer 0,5 mg/Kg de furosémide en bolus⁵ (si de novo (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p>	<p>Permet de diminuer les pressions de remplissage cardiaque, la congestion périphérique et l'œdème pulmonaire⁴ Un patient en surcharge devrait perdre entre 0,5 et 1,0 kg à son poids par 24 h (sinon, potentiellement résistant au diurétique). La présence de signes de mauvaise perfusion ne devrait jamais être une contre-indication à l'administration de diurétiques. L'administration d'une médication vasoactive (ou d'un support mécanique) devrait plutôt être considérée en supplément.¹²</p>
<p>OU</p>	
<p>Doubler par voie i.v. la dose orale habituellement prise.⁵</p>	
<p>Augmenter le dosage et la fréquence d'administration du furosémide i.v. (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p>	<p>Si le poids du patient ne diminue pas suffisamment avec les doses initiales de furosémide i.v. (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020). Toutefois, avant de modifier la dose, le dosage ingesta/excreta du patient serait vérifié afin de s'assurer qu'il ne consomme pas trop de liquides et qu'il urine bien (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).</p>
<p>Ajouter un diurétique thiazidique au furosémide⁵</p>	<p>Agit davantage en aval que le furosémide au niveau des tubules rénaux afin de diminuer la réabsorption de l'eau.</p>
<p>Metolazone 5mg die à bid¹² (1.25 mg est plus fréquemment donné à l'ICM (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p>	<p>Permet d'améliorer l'effet diurétique du furosémide si le patient ne perd pas au moins 0,5 kg/24hrs⁵</p>

À faire	Justification
<p>Administrer par voie i.v. 1) nitroglycérine (ou SL) OU 2) nitroprusside OU 3) nesitride. ^{4,5,12}</p> <p>Nitroglycérine : Débuter avec une perfusion de 10-20 mcg/min, peut-être augmenté jusqu'à 200 mcg/min.⁵ Est fréquemment débuté à 17mcg/min à l'ICM (au CHUM, maximum 100 mcg, débuté à 17 mcg) De plus, la molécule serait modifiée pour du Nitroprusside bien avant l'atteinte du 200 mcg/min (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p> <p>Nitroprusside : Débuter avec une perfusion de 0,3 mcg/kg/min, peut-être augmenté jusqu'à 5 mcg/kg/min.⁵ (effet vasodilatateur au niveau des artères plus grand que celui de la Nitroglycérine)³ (au CHUM, 0,1 à 0,5 mcg/kg/min et vous allez jusqu'à 10 mcg/kg/min)</p> <p>Nesitride : Débuter avec un bolus de 2 mcg/kg puis en perfusion au débit de 0,01 mcg/kg/min.⁵ Cette molécule n'est pas administrée à l'ICM (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020) ni au CHUM (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020)</p>	<p>Si ne répond pas suffisamment au furosémide i.v. et que la pression artérielle systolique est supérieure à 100 mmHg ou la pression artérielle moyenne est > 65 mmHg⁴ OU la pression artérielle systolique est supérieure à 90 mmHg.^{3,14} Ces médicaments permettent de diminuer la post-charge cardiaque ce qui a pour effet de faciliter le travail des ventricules et d'augmenter le volume d'éjection ventriculaire.³ De plus, l'administration i.v. améliore la perfusion coronarienne.³ Amène une vasodilatation veineuse et, à haute dose, une vasodilatation artérielle.⁷ L'efficacité de la nitroglycérine commence à diminuer 16 à 24 heures post-initiation.⁷</p> <p>Contre-indication absolue dans les cas de sténose aortique et contre-indication relative dans les cas de ICA du côté droit du cœur dû au risque de diminuer la pression de perfusion coronarienne.⁵</p>
<p>Administrer Albumine (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p>	<p>La correction d'une hypoalbuminémie peut faciliter la résolution des signes de surcharge en augmentant la pression oncotique. N'est pas administré si le taux d'albumine est à l'intérieur des normes et est administré avec précaution chez tous les patients dû au risque d'aggraver les signes de surcharge (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p>

À faire	Justification
<p>Administrer Milrinone 0,125-0,75 mcg/kg/min (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020) (au CHUM, les seuils sont les mêmes; bolus de 50 mcg/kg/min au départ; Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020)</p>	<p>Elle est titrée selon ta SvO2 (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020)</p>
<p>Utiliser un appareil d'hémofiltration ou l'ultrafiltration (en cas de résistance aux diurétiques¹²)</p>	<p>Afin de retirer mécaniquement le volume intravasculaire en surplus. Doit être utilisé avec prudence afin de ne pas retirer rapidement une trop grande quantité de liquides et aggraver une insuffisance rénale.¹². L'ultrafiltration est « plus douce » que l'hémofiltration et est privilégiée chez les patients davantage fragiles (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).</p>

Note. Interventions décrites par ordre séquentiel de priorité (de haut en bas).

Tableau 8. - Interventions supplémentaires pouvant être réalisées en présence de signes d’hypoperfusion (types froid)

À faire	Justification
Administrer Dopamine 0,5-2,0 mcg/kg/min ⁴ (↑DC) OU Administrer Dobutamine 2,5-20 mcg/kg/min ^{4,5} (↑↑DC, ↓IRVS, ↓RVP)	Si la pression artérielle systolique est < 90 mmHg OU que la pression artérielle moyenne est < 60 mmHg. Ne doit pas être dans les normales du patient et celui-ci doit en être symptomatique ⁴
Administrer Milrinone 0,125-0,75 mcg/kg/min ⁴ (↑DC, ↓IRVS, ↓RVP) OU Administrer Dobutamine ^{4,5} (↑↑DC, ↓IRVS, ↓RVP)	Si un faible débit cardiaque est confirmé par un monitoring invasif ⁴ . La Milrinone amène moins souvent de la tachycardie que la Dobutamine, risque moins d’amener de la tolérance avec une utilisation prolongée, et est donc préférée en pratique clinique ¹² .
Administrer Norépinéphrine 0,05-0,4 mcg/kg/min ⁸ (↑DC, ↑↑IRVS,)	En cas de tachycardie ou d’arythmie pour augmenter la résistance vasculaire systémique. ⁸

Note. Tous les médicaments inotropes ou vasopresseurs devraient toujours être employés à la plus petite dose possible et le moins longtemps possible car ils augmentent les besoins en oxygène du myocarde.^{3,5} Un monitoring invasif continu de la pression artérielle est essentiel lors de l’administration d’une perfusion d’inotropes ou de vasopresseurs (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).

DC : débit cardiaque; IRVS : index de résistance vasculaire systémique; RVP : résistance vasculaire pulmonaire

Tableau 9. - Interventions qui ne devraient pas être réalisées, peu importe le type d'insuffisance cardiaque aiguë

À faire	Justification
Administer de manière routinière de la morphine (2,5 à 10 mg i.v. en bolus) pour traiter la dyspnée ³⁻⁵	Des larges études épidémiologiques montrent davantage d'effets indésirables que de bénéfiques ⁴ La morphine est administrée uniquement chez les patients avec une ICA dont le pronostic est très mauvais afin d'assurer leur confort et de diminuer leur stress (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020). Toutefois, son utilisation est plus courante au CHUM (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020). De plus, l'administration de la morphine peut causer des nausées ce qui requiert l'administration d'antiémétiques qui peuvent également amener des effets secondaires indésirables telle que la vasoconstriction. ⁷
Évaluer ou corriger la concentration sérique de magnésium ⁴	Pas de bénéfices clairs démontrés ⁴ L'hypomagnésémie est corrigée uniquement dans les cas d'hypokaliémie réfractaire aux suppléments potassiques. La concentration sérique de magnésium n'est même pas évaluée sauf si hypokaliémie réfractaire (Romano, communication personnelle, 6 mars 2020).
Installer un appareil d'hémofiltration ou d'ultrafiltration	L'hémofiltration ou l'ultrafiltration peut engendrer des saignements
Administer une perfusion continue de furosémide ⁷	La perfusion continue de furosémide n'est pas plus efficace que des bolus intraveineux afin de soulager les symptômes de congestion. ⁷
Discontinuer ou suspendre le traitement par bêtabloqueur ou les antagonistes du système rénine-angiotensine-aldostérone ⁷	L'arrêt du traitement par pendant l'hospitalisation est associée à un plus grand risque de décès. Le traitement devrait être suspendu uniquement si la condition clinique s'est détériorée rapidement après une première initiation de celui-ci. ⁷ Il peut arriver que les doses de bêta-bloqueurs soient diminuées pendant l'hospitalisation (Leroux, communication personnelle, le 25 mars 2020).

Tableau 10. - Valeurs hémodynamiques normales (utilisées à l'Institut de cardiologie de Montréal) *

Données hémodynamiques	Valeurs normales
Débit cardiaque (l/min)	Entre 4 et 6
Index cardiaque (l/min/m ²)	Entre 2,5 et 4,5
Pression aortique (mmHg)	
Systole	Entre 90 et 140
Télédiastole	Entre 60 et 90
Moyenne	Entre 70 et 105
Pression du ventricule gauche (mmHg)	
Systole	Entre 90 et 140
Télédiastole	Entre 5 et 12
Pression de l'oreillette gauche (mmHg)	Entre 2 et 21
Pression moyenne d'occlusion de l'artère pulmonaire (mmHg)	Entre 4 et 12
Pression du ventricule droit (mmHg)	
Systole	Entre 15 et 30
Télédiastole	Entre 1 et 7
Pression de l'oreillette droite (mmHg)	Entre 1 et 7
Résistances vasculaires systémiques (dynes x sec/cm ⁵)	Entre 700 et 1600
Résistances vasculaires pulmonaires (dynes x sec/cm ⁵)	Entre 20 et 130

Note. La plupart de ces données sont obtenues en laboratoire d'hémodynamie uniquement. Un cathéter artériopulmonaire pourrait permettre d'avoir les valeurs suivantes : pression artérielle pulmonaire, pression moyenne d'occlusion de l'artère pulmonaire, débit cardiaque, index cardiaque et tension veineuse centrale.

* Romano, communication personnelle, 6 mars 2020

Références

- [1] Kurmani, S. et Squire, I. (2017). Acute heart failure: Definition, classification and epidemiology. *Current Heart Failure Reports*, 14(5), 385-392. <https://doi.org/10.1007/s11897-017-0351-y>
- [2] Ponikowski, P., Voors, A. A., Anker, S. D., Bueno, H., Cleland, J. G. F., Coats, A. J. S., Falk, V., Gonzalez-Juanatey, J. R., Harjola, V. P., Jankowska, E. A., Jessup, M., Linde, C., Nihoyannopoulos, P., Parissis, J. T., Pieske, B., Riley, J. P., Rosano, G. M. C., Ruilope, L. M., Ruschitzka, F., Rutten, F. H., van der Meer, P. et E. S. C. Scientific Document Group. (2016). 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*, 37(27), 2129-2200. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>
- [3] Meyer, T. E., Shih, J. A. et Harrington, C. (2019). Acute heart failure and pulmonary edema. Dans D. L. Brown (dir.), *Cardiac intensive care* (3^e éd., p. 180-198). Elsevier.
- [4] Ezekowitz, J. A., O'Meara, E., McDonald, M. A., Abrams, H., Chan, M., Ducharme, A., Giannetti, N., Grzeslo, A., Hamilton, P. G., Heckman, G. A., Howlett, J. G., Koshman, S. L., Lepage, S., McKelvie, R. S., Moe, G. W., Rajda, M., Swiggum, E., Virani, S. A., Zieroth, S., Al-Hesayen, A., Cohen-Solal, A., D'Astous, M., De, S., Estrella-Holder, E., Fremes, S., Green, L., Haddad, H., Harkness, K., Hernandez, A. F., Kouz, S., LeBlanc, M. H., Masoudi, F. A., Ross, H. J., Roussin, A. et Sussex, B. (2017). 2017 Comprehensive update of the Canadian Cardiovascular Society guidelines for the management of heart Failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 33(11), 1342-1433. <https://doi.org/10.1016/j.cica.2017.08.022>
- [5] Mebazaa, A., Tolppanen, H., Mueller, C., Lassus, J., DiSomma, S., Baksyte, G., Cecconi, M., Choi, D. J., Cohen Solal, A., Christ, M., Masip, J., Arrigo, M., Noura, S., Ojji, D., Peacock, F., Richards, M., Sato, N., Sliwa, K., Spinar, J., Thiele, H., Yilmaz, M. B. et Januzzi, J. (2016). Acute heart failure and cardiogenic shock: A multidisciplinary practical guidance. *Intensive Care Medicine*, 42(2), 147-163. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4041-5>

- [6] Thibodeau, J. T. et Drazner, M. H. (2018). The role of the clinical examination in patients with heart failure. *JACC Heart Failure*, 6(7), 543-551. <https://doi.org/10.1016/j.ichf.2018.04.005>
- [7] Dalzell, J. R., Jackson, C. E., Gardner, R. et McMurray, J. J. (2018). Acute heart failure: Early pharmacological therapy. Dans M. Tubaro, P. Vranckx, S. Price et C. Vrints (dir.), *The ESC textbook of intensive and acute cardiovascular care* (2^e éd.). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/med/9780199687039.003.0052_update_001
- [8] van Diepen, S., Katz, J. N., Albert, N. M., Henry, T. D., Jacobs, A. K., Kapur, N. K., Kilic, A., Menon, V., Ohman, E. M., Sweitzer, N. K., Thiele, H., Washam, J. B., Cohen, M. G., American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Stroke Nursing, Council on Quality of Care Outcomes Research et Mission Lifeline. (2017). Contemporary management of cardiogenic shock: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 136(16), e232-e268. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000525>
- [9] McKelvie, R. S., Moe, G. W., Ezekowitz, J. A., Heckman, G. A., Costigan, J., Ducharme, A., Estrella-Holder, E., Giannetti, N., Grzeslo, A., Harkness, K., Howlett, J. G., Kouz, S., Leblanc, K., Mann, E., Nigam, A., O'Meara, E., Rajda, M., Steinhart, B., Swiggum, E., Le, V. V., Zieroth, S., Arnold, J. M., Ashton, T., D'Astous, M., Dorian, P., Haddad, H., Isaac, D. L., Leblanc, M. H., Liu, P., Rao, V., Ross, H. J. et Sussex, B. (2013). The 2012 Canadian Cardiovascular Society heart failure management guidelines update: Focus on acute and chronic heart failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 29(2), 168-181. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2012.10.007>
- [10] Egi, M., Bellomo, R., Langenberg, C., Haase, M., Haase, A., Doolan, L., Matalanis, G., Seevenayagam, S. et Buxton, B. (2007). Selecting a vasopressor drug for vasoplegic shock after adult cardiac surgery: a systematic literature review. *Annals of Thoracic Surgery*, 83(2), 715-723. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.08.041>
- [11] Gheorghiade, M., Follath, F., Ponikowski, P., Barsuk, J. H., Blair, J. E., Cleland, J. G., Dickstein, K., Drazner, M. H., Fonarow, G. C., Jaarsma, T., Jondeau, G., Sendon, J. L., Mebazaa, A., Metra, M., Nieminen, M., Pang, P. S., Seferovic, P., Stevenson, L. W., van Veldhuisen, D. J., Zannad, F., Anker, S. D., Rhodes, A., McMurray, J. J., Filippatos, G., European Society of Cardiology

- et European Society of Intensive Care Medicine. (2010). Assessing and grading congestion in acute heart failure: a scientific statement from the acute heart failure committee of the heart failure association of the European Society of Cardiology and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine. *European Journal of Heart Failure*, 12(5), 423-433. <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hfq045>
- [12] Konstam, M. A., Kiernan, M. S., Bernstein, D., Bozkurt, B., Jacob, M., Kapur, N. K., Kociol, R. D., Lewis, E. F., Mehra, M. R., Pagani, F. D., Raval, A. N., Ward, C., American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in the Young et Council on Cardiovascular Surgery Anesthesia. (2018). Evaluation and management of right-sided heart failure: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 137(20), e578-e622. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000560>
- [13] Joshi, R., Singh, A., Jajoo, N., Pai, M. et Kalantri, S. P. (2004, Sep-Oct). Accuracy and reliability of palpation and percussion for detecting hepatomegaly: a rural hospital-based study. *Indian Journal of Gastroenterology*, 23(5), 171-174. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15598999>
- [14] Ibanez, B., James, S., Agewall, S., Antunes, M. J., Bucciarelli-Ducci, C., Bueno, H., Caforio, A. L. P., Crea, F., Goudevanos, J. A., Halvorsen, S., Hindricks, G., Kastrati, A., Lenzen, M. J., Prescott, E., Roffi, M., Valgimigli, M., Varenhorst, C., Vranckx, P., Widimsky, P. et ESC Scientific Document Group. (2018). 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 39(2), 119-177. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
- [15] Institut de cardiologie de Montréal. (2020). *Reference values of general biomedical tests, adults* (publication n° 38-BIO-FOR-2899).
- [16] Wade, C. (2018). Heart failure. Dans P. G. Morton et D. K. Fontaine (dir.), *Critical care nursing - A holistic approach* (11^e éd., p. 740-782). Wolters Kluwer.

- [17] Institut de cardiologie de Montréal. (2020). *Reference values of general hematology tests, adults* (publication n° 38-HEMATO-FOR-2915).
- [18] Cresci, S., Pereira, N. L., Ahmad, F., Byku, M., de Las Fuentes, L., Lanfear, D. E., Reilly, C. M., Owens, A. T. et Wolf, M. J. (2019). Heart failure in the era of precision medicine: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation: Genomic and Precision Medicine*, 12(10), 458-485. <https://doi.org/10.1161/HCG.0000000000000058>
- [19] Scruth, E. et Haynes, A. (2014). Cardiovascular disorders. Dans L. D. Urden, K. M. Stacy et M. E. Lough (dir.), *Critical care nursing: diagnosis and management* (7^e éd., p. 338-411). Elsevier.
- [20] Menzies-Gow, E. et Spiers, C. (2018). Acute heart failure. Dans Auteurs (dir.), *Rapid cardiac care* (1^e éd., p. 54-56). Wiley Blackwell.

Annexe B. Grille CONSORT pour les essais croisés

Section/topic	Item No	Description	Page No*
Title†	1a	Identification as a randomised crossover trial in the title	NA ³
Abstract†	1b	Specify a crossover design and report all information outlined in table 2	5
Introduction:			
Background‡	2a	Scientific background and explanation of rationale	29-35
Objectives‡	2b	Specific objectives or hypotheses	35
Methods:			
Trial design†	3a	Rationale for a crossover design. Description of the design features including allocation ratio, especially the number and duration of periods, duration of washout period, and consideration of carryover effect	112, 126
Change from protocol‡	3b	Important changes to methods after trial commencement (such as eligibility criteria), with reasons	113
Participants‡	4a	Eligibility criteria for participants	114
Settings and location‡	4b	Settings and locations where the data were collected	114
Interventions†	5	The interventions with sufficient details to allow replication, including how and when they were actually administered	103-111, 115-117
Outcomes‡	6a	Completely defined prespecified primary and secondary outcome measures, including how and when they were assessed	118-128
Changes to outcomes‡	6b	Any changes to trial outcomes after the trial commenced, with reasons	NA
Sample size†	7a	How sample size was determined, accounting for within participant variability	114-115

³ Identifiée comme une étude employant un devis multiméthodes

Interim analyses and stopping guidelines‡	7b	When applicable, explanation of any interim analyses and stopping guidelines	NA
Randomisation:			
Sequence generation‡	8a	Method used to generate the random allocation sequence	127
Sequence generation‡	8b	Type of randomisation; details of any restriction (such as blocking and block size)	127
Allocation concealment mechanism‡	9	Mechanism used to implement the random allocation sequence§ (such as sequentially numbered containers), describing any steps taken to conceal the sequence until interventions were assigned	127
Implementation†	10	Who generated the random allocation sequence,§ who enrolled participants, and who assigned participants to the sequence of interventions	127
Blinding‡	11a	If done, who was blinded after assignment to interventions (for example, participants, care providers, those assessing outcomes) and how	127
Similarity of interventions‡	11b	If relevant, description of the similarity of interventions	117
Statistical methods†	12a	Statistical methods used to compare groups for primary and secondary outcomes which are appropriate for crossover design (that is, based on within participant comparison)	128-131
Additional analyses‡	12b	Methods for additional analyses, such as subgroup analyses and adjusted analyses	NA
Results			
Participant flow (a diagram is strongly recommended)†	13a	The numbers of participants who were randomly assigned, received intended treatment, and were analysed for the primary outcome, separately for each sequence and period	149
Losses and exclusions†	13b	No of participants excluded at each stage, with reasons, separately for each sequence and period	149
Recruitment‡	14a	Dates defining the periods of recruitment and follow-up	123
Trial end‡	14b	Why the trial ended or was stopped	124

Baseline data†	15	A table showing baseline demographic and clinical characteristics by sequence and period	148, 337
Numbers analysed†	16	Number of participants (denominator) included in each analysis and whether the analysis was by original assigned groups	149
Outcomes and estimation†	17a	For each primary and secondary outcome, results including estimated effect size and its precision (such as 95% confidence interval) should be based on within participant comparisons.¶ In addition, results for each intervention in each period are recommended	150, 159-160 ⁴
Binary outcomes‡	17b	For binary outcomes, presentation of both absolute and relative effect sizes is recommended	NA
Ancillary analyses‡	18	Results of any other analyses performed, including subgroup analyses and adjusted analyses, distinguishing prespecified from exploratory	NA
Harms†	19	Describe all important harms or untended effects in a way that accounts for the design (for specific guidance, see CONSORT for harms ³²)	NA
Discussion:			
Limitations†	20	Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, and if relevant, multiplicity of analyses. Consider potential carryover effects	219-228
Generalisability‡	21	Generalisability (external validity, applicability) of the trial findings	210-211
Interpretation‡	22	Interpretation consistent with results, balancing benefits and harms, and considering other relevant evidence	153-157, 209-218
Other information:			
Registration‡	23	Registration number and name of trial registry	113
Protocol‡	24	Where the full trial protocol can be accessed, if available	NA
Funding‡	25	Sources of funding and other support (such as supply of drugs), role of funders	26

⁴ Aucun intervalle de confiance n'est présentée ni valeur p puisqu'il s'agit d'une première mise à l'essai.

Note. Page numbers are optional depending on journal requirements.

†Modified original CONSORT item; ‡Unmodified CONSORT item; §Random sequence here refers to a list of random orders, typically generated through a computer program. This should not be confused with the sequence of interventions in a randomised crossover trial, for example receiving intervention A before B for an individual trial participant; ¶A within participant comparison takes into account the correlation between measurements for each participant because they act as their own control, therefore measurements are not independent.

Annexe C. Grille COREQ pour les études qualitatives

Topic	Item No.	Guide Questions/Description	Reported on Page No.
Domain 1: Research team and reflexivity			
<i>Personal characteristics</i>			
Interviewer/facilitator	1	Which author conducted the interview or focus group?	123 ⁵
Credentials	2	What were the researcher's credentials? E.g., PhD, MD	123
Occupation	3	What was their occupation at the time of the study?	123
Gender	4	Was the researcher male or female?	123
Experience and training	5	What experience or training did the researcher have?	123
<i>Relationship with participants</i>			
Relationship established	6	Was a relationship established prior to study commencement?	127
Participant knowledge of the interviewer	7	What did the participants know about the researcher? e.g., personal goals, reasons for doing the research	127
Interviewer characteristics	8	What characteristics were reported about the interviewer/facilitator? e.g., Bias, assumptions, reasons and interests in the research topic	123
Domain 2: Study design			
<i>Theoretical framework</i>			
Methodological orientation and Theory	9	What methodological orientation was stated to underpin the study? e.g., grounded theory, discourse analysis, ethnography, phenomenology, content analysis	113
<i>Participant selection</i>			
Sampling	10	How were participants selected? e.g., purposive, convenience, consecutive, snowball	114
Method of approach	11	How were participants approached? e.g., face-to-face, telephone, mail, email	127

⁵ Il ne s'agit pas d'un auteur, mais d'un auxiliaire de recherche

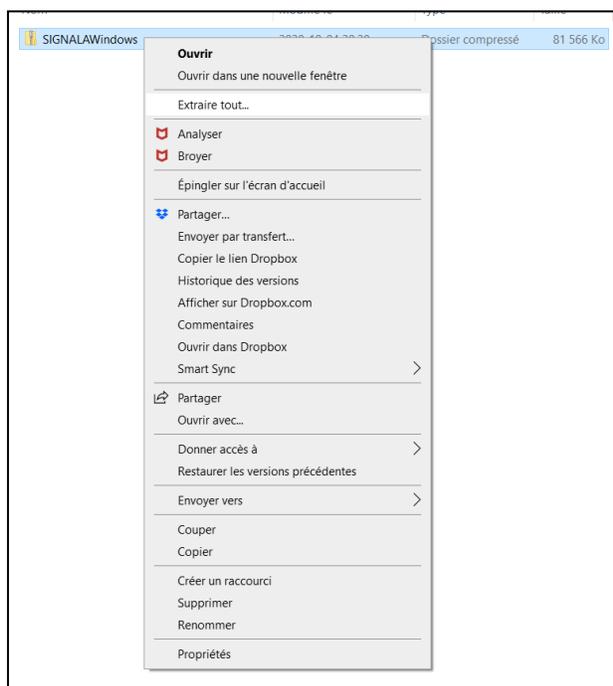
Topic	Item No.	Guide Questions/Description	Reported on Page No.
Sample size	12	How many participants were in the study?	114-115
Non-participation	13	How many people refused to participate or dropped out? Reasons?	149
<i>Setting</i>			
Setting of data collection	14	Where was the data collected? e.g., home, clinic, workplace	122
Presence of non-participants	15	Was anyone else present besides the participants and researchers?	122
Description of sample	16	What are the important characteristics of the sample?	148, 337
<i>Data collection</i>			
Interview guide	17	Were questions, prompts, guides provided by the authors? Was it pilot tested?	122, 328-329
Repeat interviews	18	Were repeat interviews carried out? If yes, how many?	N/A
Audio/visual recording	19	Did the research use audio or visual recording to collect the data?	123
Field notes	20	Were field notes made during and/or after the interview or focus group?	123
Duration	21	What was the duration of the inter views or focus group?	122
Data saturation	22	Was data saturation discussed?	115
Transcripts returned	23	Were transcripts returned to participants for comment	N/A

Annexe D. Document présentant les instructions d'installation des interventions

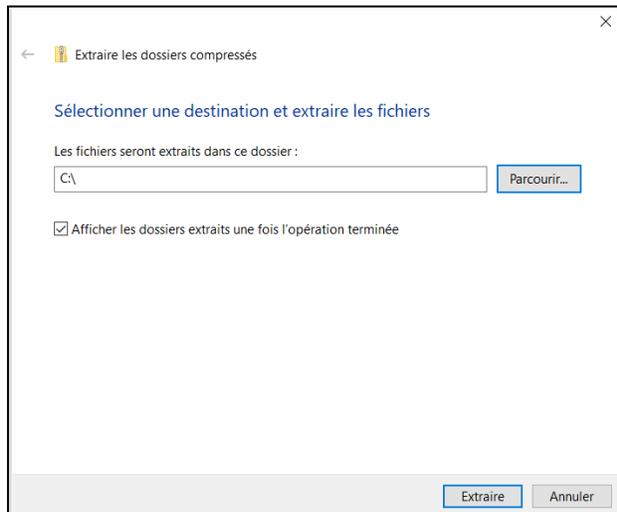
INSTALLATION DE SIGN@L

Vous pouvez vous référer à ce guide si vous avez des soucis lors de l'installation de SIGN@L sur votre ordinateur.

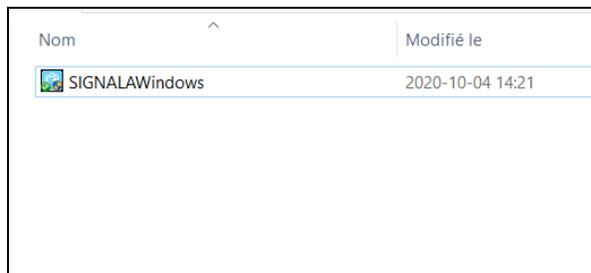
Si le système d'exploitation de votre ordinateur est Windows (XP, Vista, 7, ou plus récent)



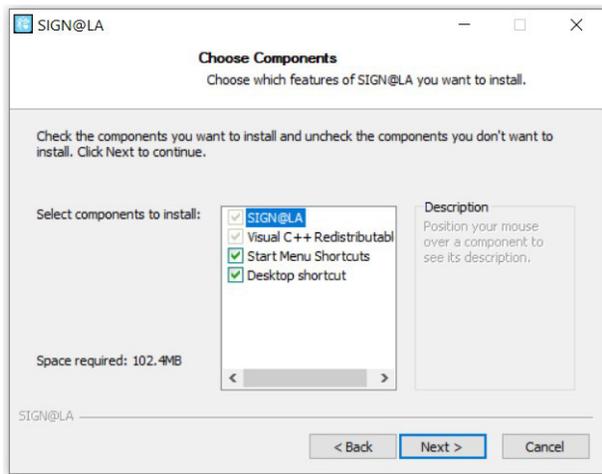
1. Dans le courriel que vous avez reçu, cliquez sur le lien URL permettant de télécharger SIGN@L;
2. Lorsque le téléchargement est terminé, faites un clic droit sur le fichier d'installation puis cliquez sur « Extraire tout ».



3. Au bas de la fenêtre qui vient d'apparaître, prenez note du dossier où seront extraits les fichiers puis cliquez sur le bouton « Extraire ».



4. À l'intérieur du dossier créé lors de l'extraction, localisez le fichier SIGNALAWindows OU SIGNALBWindows et double-cliquez dessus pour démarrer l'installation.
Si un message d'alerte apparaît, cliquez sur « Oui » pour accepter l'installation.



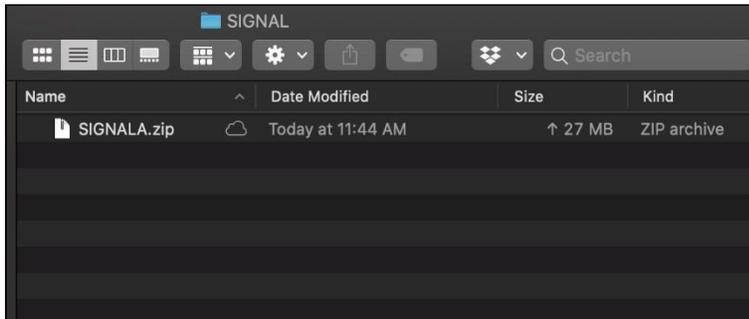
5. L'installeur démarre et vous pouvez suivre les instructions à l'écran.

Lorsque cette fenêtre apparaît, assurez-vous que chacun des éléments est sélectionné. Une coche verte ou grise vous indique que l'élément est sélectionné.

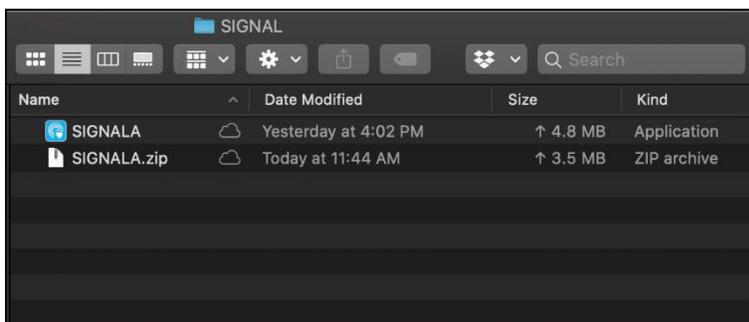


6. Cette icône devrait avoir été ajoutée à votre bureau. Assurez-vous que le son de votre ordinateur est bien activé puis double-cliquez sur cette icône afin de démarrer SIGN@L.

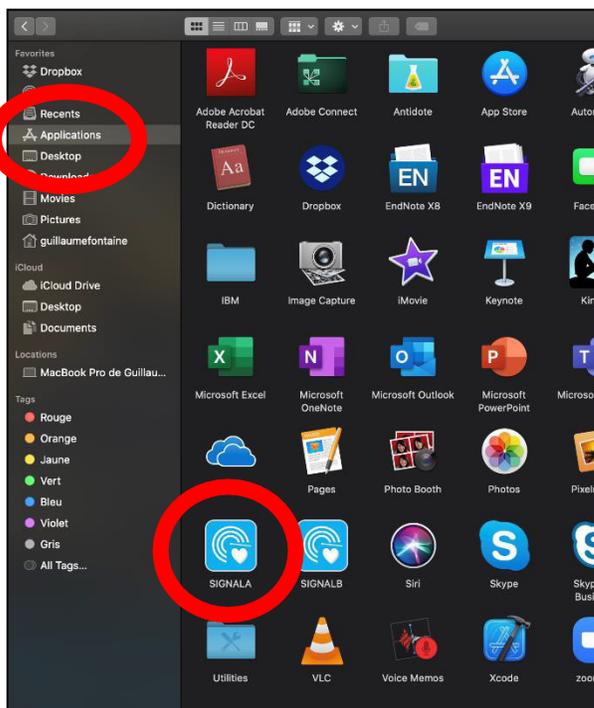
Si le système d'exploitation de votre ordinateur est MAC OS X (10.0 ou plus récent)



1. Dans le courriel que vous avez reçu, cliquez sur le lien URL permettant de télécharger SIGN@L;



2. Lorsque le téléchargement est terminé, accédez au dossier où le fichier a été téléchargé et double-cliquez sur le fichier. Un fichier de type *Application* devrait avoir été extrait;

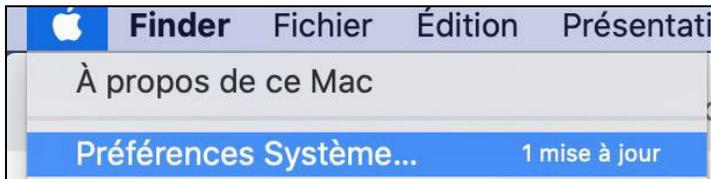


3. Glissez le fichier *Application* nommé «SIGNALA» ou «SIGNALB» dans le dossier « Applications » de votre ordinateur. Si vous omettez de glisser ce fichier dans le dossier « Applications », vous risquez d'obtenir un message vous informant que le jeu est introuvable.

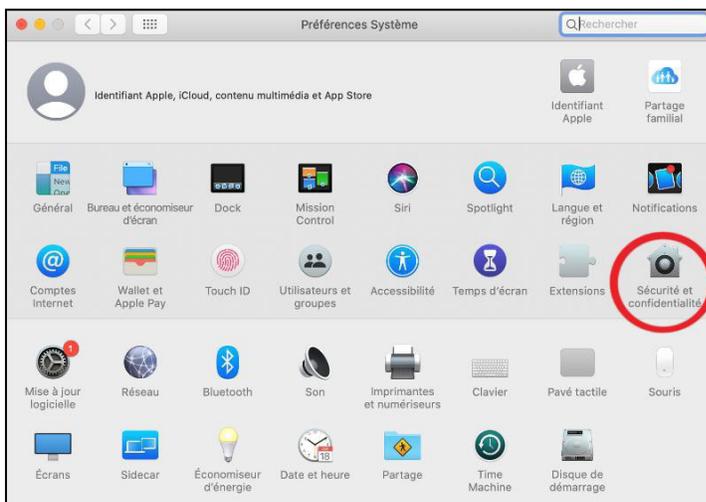
4. Double-cliquez sur le fichier *Application* afin de démarrer SIGN@L.



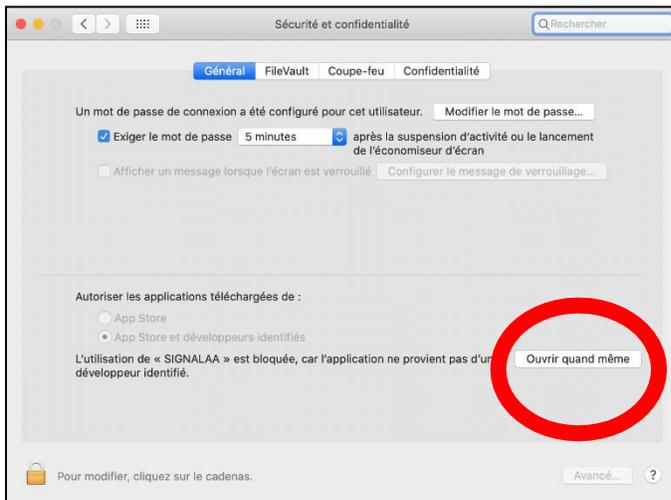
5. Si vous obtenez un message vous informant que Apple ne peut vérifier si ce fichier contient des logiciels malveillants (voir image à gauche), cliquez sur le bouton « OK » de cette fenêtre ».



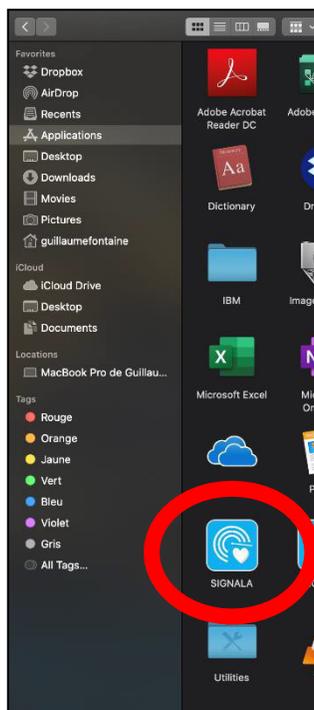
6. Cliquez sur l'icône de *Apple* au haut à gauche de votre écran puis sur l'onglet « Préférences Système... »



7. Dans la fenêtre qui vient d'ouvrir, cliquez sur l'icône « Sécurité et confidentialité ».



8. Dans la fenêtre qui vient d'ouvrir, en bas à droite, cliquez sur le bouton « Ouvrir quand même ».



9. Assurez-vous que le son de votre ordinateur est bien activé puis double-cliquez sur l'icône « SIGNALA » ou « SIGNALB » afin de démarrer SIGN@L.

Annexe E. Questionnaire de données sociodémographiques

1. Genre :

Masculin Féminin Autre Préfère ne pas répondre

2. Âge : _____

3. Adresse courriel à laquelle il est le plus simple de vous rejoindre : _____

4. Type de programme au baccalauréat en sciences infirmières :

Baccalauréat initial DEC-BAC

5. Pratiquez-vous présentement comme infirmière ?

Oui Non

6. Sur une échelle de 0 à 10, à quel point sentez-vous maîtriser présentement les concepts cliniques liés à l'insuffisance cardiaque aiguë (p.ex., physiopathologie, signes et symptômes, examens paracliniques) ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aucune maîtrise des concepts										Excellente maîtrise des concepts

7. Sur une échelle de 0 à 10, à quel niveau situeriez-vous votre expérience à jouer à des jeux vidéo ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aucune expérience à jouer à des jeux vidéo										Riche expérience à jouer à des jeux vidéo

Annexe F. Version française de l'Échelle d'engagement de l'utilisateur – Forme abrégée (Fontaine et al., 2020; O'Brien et Toms, 2010; O'Brien et al., 2018)

Directives

Les énoncés suivants vous invitent à réfléchir à votre expérience en matière d'interaction avec une des deux versions du jeu. Pour chaque énoncé, veuillez utiliser l'échelle suivante afin d'indiquer le choix qui correspond le mieux à votre situation.

Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
1	2	3	4	5

Énoncés

Attention soutenue

1. Cette expérience m'a tellement absorbé que j'en ai perdu la notion du temps.
2. Le temps a filé lorsque j'ai utilisé le jeu vidéo éducatif.
3. J'ai été absorbé par cette expérience.

Convivialité perçue

4. J'ai éprouvé de la frustration lors de l'utilisation du jeu vidéo éducatif.
5. J'ai trouvé que le jeu vidéo éducatif était difficile à utiliser.
6. L'utilisation du jeu vidéo éducatif était pénible.

Attrait esthétique

7. Le jeu vidéo éducatif était attrayant.
8. Le jeu vidéo éducatif était visuellement agréable.
9. La présentation visuelle du jeu vidéo éducatif était plaisante à regarder.

Gratification

10. L'utilisation du jeu vidéo éducatif en valait la peine.
11. Mon expérience s'est avérée gratifiante.
12. J'ai été intéressé par cette expérience.

La question suivante a été ajoutée par l'étudiant-chercheur à la présente échelle.

13. À combien estimez-vous le nombre de minutes passées à utiliser le jeu vidéo éducatif?

Annexe G. Échelle de motivation situationnelle (Guay et al., 2000)

Directives

Les énoncés suivants représentent des raisons pour lesquelles les gens font une activité. Indiquez à quel point elles peuvent s'appliquer à vous et à votre utilisation du jeu en encerclant le chiffre le plus approprié.

Fortement en désaccord	Très peu en accord	Un peu en accord	Moyennement en accord	Assez en accord	Fortement en accord	Très fortement en accord
1	2	3	4	5	6	7

Pourquoi avez-vous participé à cette activité?

1. Parce que cette activité est vraiment plaisante.
2. Parce que je me sens bien en faisant l'activité.
3. Parce que je trouve cette activité intéressante.
4. Parce que je trouve cette activité agréable.

Les questions qui suivent ont été ajoutées par l'étudiant-chercheur à la présente échelle.

5. À quel point aimeriez-vous à nouveau utiliser ce jeu vidéo éducatif dans l'avenir?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aucunement										Énormément

6. Cette question s'applique uniquement si vous avez pu déjà utiliser les deux versions du jeu vidéo éducatif. Laquelle des deux versions du jeu vidéo éducatif aimeriez-vous le plus réutiliser dans l'avenir?

SIGN@L-A



SIGN@L-B



Annexe H. Questionnaire d'évaluation du raisonnement clinique infirmier en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë

Directives

Pour chacune des grilles, construisez le réseau logique qui vous apparaît le plus approprié. Un réseau logique permet d'unir deux éléments mis en surbrillance dans une grille. Pour construire un réseau logique, inscrivez en chiffre l'ordre dans lequel vous incluez une séquence d'éléments dans un réseau logique.

Nous vous demandons de compléter ce questionnaire au meilleur de vos connaissances actuelles, et ce, sans vous référer à une documentation externe. Notez que vos réponses ne seront pas transmises à vos collègues ni à la professeure responsable du cours.

Réseau logique n° 1

Ischémie myocardique A	↓ contractilité du myocarde (Fin) B
↓ perfusion myocardique (Début) C	↑ postcharge ventriculaire droite D

Réponse : C-A-B

Réseau logique n° 2

↓ volume d'éjection systolique ventriculaire gauche (Début) A	↓ pression dans l'oreillette gauche B
↓ débit cardiaque gauche C	↓ pression artérielle systolique (Fin) D

Réponse : A-C-D

Réseau logique n° 3

Sténose significative d'une artère coronaire (Début) A	↑ résistance vasculaire pulmonaire B	↓ pression artérielle systolique (Fin) C
↓ perfusion myocardique D	↓ volume télédiastolique ventriculaire gauche E	↓ débit cardiaque gauche F
Ischémie myocardique G	↓ contractilité du myocarde H	↓ volume d'éjection systolique vent. gauche I

Réponse : A-D-G-H-I-F-C

Réseau logique n° 4

↑ débit cardiaque gauche A	↑ pression dans l'espace interstitiel pulmonaire B	Libération et ↑ concentration sérique de NT-proBNP (Fin) C
↑ volume téléstolique ventriculaire gauche (Début) D	↑ pression du ventricule gauche E	Étirement des myocytes du ventricule gauche F
↓ débit sanguin des artères coronaires G	Perte et ↓ concentration sérique d'albumine H	↓ débit filtration glomérulaire I

Réponse : D-E-F-C

Réseau logique n° 5

↓ pression dans les capillaires pulmonaires A	↓ pression dans l'artère pulmonaire B	↓ précharge du ventricule droit C	Positionner les chevilles sous la hauteur des genoux (Début) D
↓ pression dans l'espace interstitiel pulmonaire E	↓ de la saturation pulsée en oxygène F	↓ pression dans l'oreillette droite G	↓ retour veineux vers le cœur H
↓ passage du liquide de l'espace interstitiel pulmonaire aux alvéoles I	↓ Surcharge pulmonaire (Fin) J	↓ pression dans l'oreillette gauche K	↓ précharge du ventricule gauche L

Réponse : D-H-G-C-B-A-E-I-J

Réseau logique n° 6

↑ pression dans la veine cave inférieure A	↑ de la postcharge du ventricule gauche B	Hypertrophie ventriculaire gauche (Fin) C
Hypertension artérielle (Début) D	↑ de la pression dans la crosse aortique E	↓ débit sanguin des artères coronaires F

Réponse : D-E-B-C

Réseau logique n° 7

Administration de Furosémide par voie intraveineuse (Début) A	↑ pression dans les artères rénales B	↓ concentration sérique d'urée et de créatinine C
↓ réabsorption rénale du $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$ D	↓ pression dans l'oreillette droite E	↓ précharge du ventricule droit F
↑ Diurèse G	↓ retour veineux vers le cœur H	↓ pression dans l'artère pulmonaire I
↓ volume d'éjection systolique du ventricule gauche J	↑ précharge du ventricule droit K	↓ pression dans les capillaires pulmonaires (Fin) L

Réponse : A-D-G-H-E-F-I-L

Réseau logique n° 8

↓ volume télé-systolique du ventricule gauche (Fin) A	↓ volume d'éjection systolique du ventricule gauche B	↑ pression artérielle pulmonaire C	↓ perfusion myocardique D
↑ volume d'éjection systolique du ventricule gauche E	↓ postcharge du ventricule gauche F	↓ résistances vasculaires périphériques G	Administration de Nitroglycérine par voie intraveineuse (Début) H
↑ besoins métaboliques du myocarde I	↑ postcharge du ventricule droit J	↑ postcharge du ventricule gauche K	↑ concentration sérique de NT-proBNP L

Réponse : H-G-F-E-A

Réseau logique n° 9

↑ pression de l'artère pulmonaire A	↑ fraction inspirée en oxygène (FiO ₂) B	Œdème périphérique bilatéral aux membres inférieurs C	↓ retour veineux au cœur D
↑ pression dans les veines hépatiques E	Congestion hépatique F	↑ pression de la veine porte G	Ascite H
↑ pression dans la veine cave inférieure I	↑ pression dans la crosse aortique J	↑ pression dans l'aorte descendante K	Signe du flot positif (Fin) L
↑ pression dans l'oreillette droite (Début) M	↑ fraction d'éjection du ventricule gauche N	↑ saturation veineuse en oxygène O	Dyspnée paroxystique nocturne P

Réponse : M-I-E-F-G-H-L

Réseau logique n° 10

Administration de Furosémide par voie intraveineuse (Début) A	↑ concentration sérique de magnésium B	Offrir des repas légers, mais fréquents C	↓ débit cardiaque gauche D
↓ réabsorption rénale du Na ⁺ /K ⁺ /Cl ⁻ E	↑ Diurèse F	↓ poids (Fin) G	↑ du risque d'arythmies ventriculaires H
↑ pression dans les artères rénales I	↑ concentration sérique de lactates veineux J	Présence de nausées et de vomissements K	↓ concentration sérique de potassium L

Réponse : A-E-F-G

Annexe I. Guide d'entrevue individuelle semi-dirigée

Ouverture (5 min.)

Je voudrais vous remercier d'avoir accepté de participer à cette entrevue. Celle-ci ne devrait pas durer plus de 30 minutes.

Simplement vous informer que l'audio de cette entrevue sera enregistré afin que nous puissions nous y référer lors de l'analyse des résultats. Toutefois, je vous assure que tout ce que vous me dites est confidentiel et votre nom n'apparaîtra à aucun endroit lors de l'analyse des résultats ou lors de présentations ou écrits découlant de ce projet.

Je souhaite faire aujourd'hui un retour sur votre expérience de jeu avec chacune des deux versions du jeu vidéo éducatif que vous avez essayé. J'aimerais voir avec vous ce que vous en avez pensé, ce que vous avez aimé et aussi ce que verriez comme piste d'amélioration pour rendre ce jeu plus intéressant et bénéfique pour l'apprentissage. J'ai quelques questions déjà préparées afin de guider nos échanges. Sentez-vous bien à l'aise d'exprimer votre pensée et comment vous avez trouvé les jeux vidéo éducatifs que vous avez essayé. Il n'y a aucune bonne ni mauvaise réponse. Cela étant dit, sentez-vous bien à l'aise de me le dire s'il y a une question à laquelle vous ne souhaitez pas répondre ou si vous souhaitez interrompre l'entrevue avant la fin. De plus, si jamais, pour une quelconque raison qui vous appartient, vous ne désirez plus après l'entrevue que votre enregistrement soit utilisé, simplement m'en faire part.

Avez-vous des questions avant que je débute ou besoin que je répète quelque chose que je viens de vous dire? L'enregistrement débuterait donc à l'instant.

Corps de l'entrevue (25 min.)

1. Vous avez employé deux versions d'un même jeu, quelles différences avez-vous observées entre les deux versions? [Mécaniques de jeu, trame narrative, esthétique]
2. Avez-vous vu une différence dans votre motivation et le plaisir que vous aviez à utiliser chaque version? [Motivation intrinsèque]
 - a. Si oui, qu'est-ce qui était différent et qu'est-ce qui explique cette différence?

3. Vous avez utilisé deux versions différentes du même jeu. Avez-vous vu une différence dans votre degré d'attention et les sentiments que vous avez ressentis? [Engagement]
 - a. Si oui, qu'est-ce qui était différent et qu'est-ce qui explique cette différence?
4. Avez-vous vu une différence dans votre apprentissage? [Retombées de l'apprentissage]
 - a. Si oui, qu'est-ce qui était différent et qu'est-ce qui explique cette différence?
5. À votre avis, comment pourrions-nous améliorer :
 - a. La version du jeu SIGN@L-A, soit celle qui comprenait une histoire dans un centre hospitalier et des graphismes plus élaborés;
 - b. La version du jeu SIGN@L-B, soit celle qui portait exclusivement sur la création de liens entre des concepts à l'intérieur de grilles en noir et blanc;
6. Au besoin, si non-abordées par le participant, questionner sur les améliorations possibles aux mécaniques de jeu, à la trame narrative et à l'esthétique.
7. Y a-t-il autre chose dont vous aimeriez discuter avant de clore l'entrevue?

Conclusion

Je vous remercie encore énormément d'avoir accepté de participer à cette entrevue. N'hésitez pas à communiquer avec moi si jamais vous avez des questions qui surgissent quant à l'entrevue que nous venons de réaliser. Bonne journée.

Annexe J. Tableau de résultats portant sur les différences interindividus

Tableau. Différences interindividus aux variables de résultat dépendamment de la séquence d'attribution des interventions de formation

	SIGN@L-A puis -B	SIGN@L-B puis -A	Taille d'effet <i>r</i>
	SIGN@L-A T ₁ (n = 8)	SIGN@L-B T ₁ (n = 10)	
Engagement (1-5)	3,7 (0,8)	3,7 (1,3)	0,13*
Attention (1-5)	3,3 (0,9)	3,5 (1,3)	0,01*
Utilisabilité (1-5)	4,0 (1,9)	4,3 (1,9)	0,06
Esthétique (1-5)	4,0 (1,4)	3,0 (1,8)	0,43*
Gratification (1-5)	4,0 (0,5)	4 (0,3)	0,04*
Motivation intrinsèque (1-7)	4,9 (1,8)	4,1 (1,7)	0,22*
Intérêt à utiliser à nouveau cette version du jeu à l'avenir (0-10)	5,0 (2,5)	7,0 (2,3)	0,42
Nombre de minutes passées à jouer avec le jeu	27,5 (25,8)	25,0 (17,5)	0,19*
Raisonnement clinique infirmier (0-10)	9,5 (2,8)	9,0 (3,5) ¹	0,09*
	SIGN@L-B T ₂ (n = 6)	SIGN@L-A T ₂ (n = 8)	
Engagement (1-5)	3,2 (0,9)	4,7 (0,8)	0,73*
Attention (1-5)	3,5 (1,5)	4,3 (1,5)	0,50*
Utilisabilité (1-5)	3,7 (0,8)	5,0 (0,3)	0,67*
Esthétique (1-5)	2,8 (1,2)	5,0 (1,0)	0,85*
Gratification (1-5)	4,0 (1,7)	5,0 (0,9)	0,65*
Motivation intrinsèque (1-7)	4,0 (1,6)	5,5 (2,4)	0,52*
Intérêt à utiliser à nouveau cette version du jeu à l'avenir (0-10)	4,0 (2,5)	9,5 (2,0)	0,77*
Nombre de minutes passées à jouer avec le jeu	17,5 (17,5)	15,0 (22,5)	0,11*
Raisonnement clinique infirmier (0-10)	9,0 (1,5)	9,5 (2,5) ²	0,02*

Note. Des médianes et des écarts interquartiles sont rapportés.

* En faveur de SIGN@L-A.

¹ n = 9; ² n = 6

Annexe K. Approbation éthique de l'étude



CERSES-20-123-D

Comité d'éthique de la recherche en sciences et en santé (CERSES)

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

Le Comité d'éthique de la recherche en sciences et en santé (CERSES), selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans la Politique sur la recherche avec des êtres humains de l'Université de Montréal.

Projet	
Titre du projet	Développement d'un jeu sérieux afin d'améliorer le raisonnement clinique d'étudiantes-infirmières en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë
Étudiant requérant	Marc-André Maheu-Cadotte, candidat au doctorat, Faculté des sciences infirmières
Sous la direction de:	Patrick Lavoie, professeur adjoint, Faculté des sciences infirmières, Université de Montréal & Véronique Dubé, professeure agrégée, Faculté des sciences infirmières, Université de Montréal.

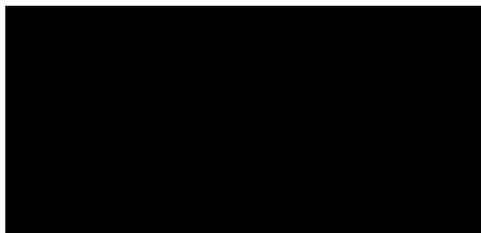
Financement	
Organisme	Fonds de recherche du Québec - Santé
Programme	Bourse de formation doctorale pour les détenteurs d'un diplôme professionnel
Titre de l'octroi si différent	
Numéro d'octroi	
Chercheur principal	
No de compte	

MODALITÉS D'APPLICATION

Tout changement anticipé au protocole de recherche doit être communiqué au Comité qui en évaluera l'impact au chapitre de l'éthique.

Toute interruption prématurée du projet ou tout incident grave doit être immédiatement signalé au Comité.

Selon les règles universitaires en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi est disponible sur la page web du Comité.



29 septembre 2020
Date de délivrance

1er octobre 2021
Date de fin de validité

1er octobre 2021
Date du prochain suivi

adresse postale
C.P. 6128, succ. Centre-ville
Montréal QC H3C 3J7

adresse civique
3333, Queen Mary
Local 220-3
Montréal QC H3V 1A2

Téléphone : 514-343-6111 poste 2604
cereses@umontreal.ca
www.cereses.umontreal.ca

Annexe L. Formulaire d'information et de consentement

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Évaluation d'interventions par des questionnaires papier et des entrevues individuelles

Développement d'un jeu sérieux afin d'améliorer le raisonnement clinique d'étudiantes-infirmières en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë

Chercheur étudiant : Marc-André Maheu-Cadotte, candidat au doctorat en sciences infirmières, Université de Montréal

Directeur de recherche : Patrick Lavoie, Professeur adjoint, Faculté des sciences infirmières, Université de Montréal

Codirectrice de recherche : Véronique Dubé, Professeure agrégée, Faculté des sciences infirmières, Université de Montréal

Cette recherche n'a pas reçu de financement spécifique. M. Maheu-Cadotte est titulaire d'une bourse de formation doctorale pour les détenteurs d'un diplôme professionnel du Fonds de recherche du Québec-Santé (2017-2021). M. Maheu-Cadotte a également obtenu dans le cadre de ses études doctorales des bourses du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, le Réseau de recherche en interventions en sciences infirmières du Québec et ses partenaires universitaires, de la : Fondation de l'Institut de Cardiologie de Montréal et de l'Université de Montréal.

No de projet au CERSES : CERSES-20-123-D

Vous êtes invité à participer à un projet de recherche parce que vous êtes présentement étudiant au baccalauréat en sciences infirmières dans un cours de soins critiques. Avant d'accepter, veuillez prendre le temps de lire ce document présentant les conditions de participation au projet. N'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la personne qui vous présente ce document.

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1. Objectifs de la recherche

Le jeu sérieux est un nouveau dispositif de formation en ligne encore peu intégré dans la formation des infirmières. Afin d'améliorer le raisonnement clinique des futures infirmières, différentes manières existent de concevoir un jeu sérieux. Toutefois, nous en savons encore peu sur la meilleure manière de concevoir un jeu sérieux à cette fin.

Ce projet vise à apprécier l'apport d'une activité de formation basée sur le jeu sérieux, nommé SIGN@L, sur votre engagement, votre motivation et le développement de votre raisonnement clinique en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë. Nous avons développé deux versions du jeu sérieux SIGN@L. Notre objectif est de vérifier quelle version du jeu sérieux SIGN@L est la plus prometteuse en plus d'identifier des éléments qui pourraient être bonifiés dans son design. Pour ce faire, nous avons besoin de la participation d'au moins 30 étudiants inscrits présentement au baccalauréat en sciences infirmières dans un cours de soins critiques. Ce projet permettra de guider de futures études à plus grande échelle pour évaluer son efficacité.

Dans le cadre de cette étude, vous aurez accès aux deux versions du jeu sérieux SIGN@L. Ces versions sont :

- Version A : Cette version du jeu sérieux vous plongera dans un univers virtuel où vous devez prendre soin de patients. Pour prendre soin de ses patients, vous devez réaliser des liens entre des concepts liés à l'insuffisance cardiaque aiguë. Prenez soin correctement de suffisamment de patients pour gagner des points qui permettront de progresser à travers les niveaux de jeu.
- Version B : Cette version du jeu sérieux sera centrée sur la réalisation de liens entre des concepts liés à l'insuffisance cardiaque aiguë. Il n'y aura pas d'univers virtuel, de patients, de points ou de niveaux.

2. Participation à la recherche

Votre participation consistera à utiliser deux versions d'un même jeu sérieux portant sur l'insuffisance cardiaque aiguë et à remplir des questionnaires en lien avec votre expérience d'utilisation. Ces questionnaires porteront sur :

1. Vos **caractéristiques sociodémographiques** (ex. : genre, cheminement de formation actuel, degré d'expérience antérieure avec les jeux vidéo) afin de brosser un portrait général des participants à cette étude;
2. Votre degré d'**engagement** avec chacune des versions du jeu sérieux, c'est-à-dire à quel point votre attention a pu être captée par le jeu sérieux et que celui-ci était facile d'utilisation;
3. Votre **motivation intrinsèque** à utiliser chaque version du jeu sérieux, c'est-à-dire à quel point vous avez utilisé le jeu sérieux parce que vous considérez celui-ci plaisant et intéressant;
4. Votre **raisonnement clinique** en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë, c'est-à-dire votre habileté à réaliser de liens entre des concepts liés à l'insuffisance cardiaque aiguë

Nous vous donnerons accès à chacun des deux jeux sérieux grâce à des URL qui vous seront fournies par courriels à deux moments : 1) lorsque vous aurez consenti à participer à l'étude et complétez le premier questionnaire 2) 7 jours après reçu l'URL pour la première version du jeu sérieux OU lorsque vous aurez réalisé des liens entre les concepts qui vous seront présentés à l'intérieur d'au moins 10 grilles de la première version du jeu sérieux que vous aurez reçu.

Chaque version du jeu sérieux pourra être accessible de votre ordinateur personnel et utilisée au moment et à l'endroit qui vous conviendra le mieux à l'intérieur des 7 jours alloués.

À la suite de l'utilisation des deux versions du jeu sérieux ainsi que de la complétion des questionnaires, vous pourriez également être sollicité pour participer à une entrevue individuelle en ligne d'au plus 30 minutes. Nous prévoyons solliciter la participation d'environ 10 personnes aux entrevues. Cette entrevue portera sur votre expérience d'utilisation et votre appréciation de chacune des deux versions du jeu sérieux. Seulement certains participants, choisis au hasard, seront contactés pour les entrevues.

Nous estimons que la durée maximale de l'étude sera d'environ deux heures au total pour chaque participant, ce qui inclut le temps nécessaire pour lire et compléter le formulaire d'information et de consentement (10 minutes), les questionnaires (25 minutes), l'utilisation totale suggérée des deux versions du jeu sérieux (40 minutes) et, si vous y êtes invité, la durée maximale prévue pour chaque entrevue individuelle (30 minutes).

3. Enregistrements audio/vidéo

Cette rubrique concerne uniquement les participants qui seront invités à participer à une entrevue individuelle en ligne. Cette entrevue d'au plus 30 minutes portera sur votre expérience d'utilisation des deux versions du jeu sérieux SIGN@L.

Les informations qui pourraient permettre de vous identifier seront retirées des enregistrements audios lors de leur transcription aux fins d'analyse. De plus, aucun enregistrement vidéo de l'entrevue ne sera réalisé.

4. Risques et inconvénients

Votre décision de participer ou non à cette étude n'aura aucun impact (positif ou négatif) sur votre scolarité.

Cette étude présente peu de risque pour vous. Le temps qu'elle vous demande (au plus deux (2) heures) est le seul inconvénient relatif à votre participation. Cette étude vise à apprécier l'apport d'un jeu sérieux dont votre performance à l'intérieur de celui-ci n'est pas nécessairement représentative de votre niveau de performance en pratique clinique. Ce jeu sérieux vise à améliorer votre raisonnement clinique et non à évaluer celui-ci. De plus, votre niveau de performance dans le jeu sérieux est confidentiel et sera uniquement connu de vous-même.

Si vous sentez le besoin d'obtenir des services de soutien psychologique ou émotif à quelque moment que ce soit durant l'étude ou à la suite de celle-ci, voici les coordonnées de services qui peuvent vous venir en aide :

Université de Montréal - Centre de santé et de consultation psychologique

2101, boul. Édouard-Montpetit, Montréal, QC, H3Y 1J4

Téléphone : 514 343-6452

Télécopieur (général) : 514 343-7236

Télécopieur (consultation psychologique) : 514 343-2479

<http://www.cscp.umontreal.ca/>

Programme de bien-être des étudiants de la faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal (PASIUM)

Pavillon Marguerite-d'Youville

2375 Chemin de la Côte-Sainte-Catherine, Montreal, QC H3T 1A8
Local 5082
Pour prendre un rendez-vous virtuel : pasium@scinf.umontreal.ca
<https://fsi.umontreal.ca/faculte/service-de-soutien-aux-etudiants/>

5. Avantages et bénéfices

Votre participation au projet vous permettra de jouer à un jeu sérieux qui pourrait avoir des effets bénéfiques sur votre raisonnement clinique en contexte d'insuffisance cardiaque aiguë. De plus, votre participation contribuera à l'avancement des connaissances concernant la formation basée sur le jeu sérieux.

6. Confidentialité des renseignements recueillis

Tous les renseignements personnels recueillis à votre sujet demeureront confidentiels. Vos données seront dé-nominalisées, c'est-à-dire que le code permettant de lier vos identifiants personnels à vos données de l'étude sera conservé dans un dossier protégé par un mot de passe. Aucune information permettant de vous identifier d'une façon ou d'une autre ne sera publiée.

Les questionnaires et les enregistrements seront transcrits et seront détruits, ainsi que toute information personnelle, 7 ans après la fin du projet. Les données seront conservées sous la responsabilité de Patrick Lavoie à l'Université de Montréal.

7. Compensation

Il n'y a pas de compensation prévue pour votre participation à ce projet.

8. Participation volontaire et Droit de retrait

Votre participation à ce projet est entièrement volontaire et vous pouvez à tout moment vous retirer de la recherche sur simple avis verbal et sans devoir justifier votre décision, sans conséquence pour vous. Si vous décidez de vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec l'étudiant-chercheur par téléphone ou courriel indiqués ci-dessous.

À votre demande, tous les renseignements qui vous concernent, incluant les données de tous les questionnaires, pourront aussi être détruits. Cependant, après le déclenchement du processus de publication, il sera impossible de détruire les analyses et les résultats portant sur vos données.

9. Utilisation secondaire des données

Les données que nous collectons pourraient être utilisées éventuellement à d'autres fins que celles décrites dans le présent formulaire (p. ex., pour une sous-étude). Toutefois, ces données ne pourront être utilisées à d'autres fins sans votre consentement à la fin du présent formulaire.

10. Responsabilité

En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement de leurs responsabilités civiles et professionnelles.

11. Diffusion des résultats

Nous diffuserons les résultats de ce projet par le biais d'articles scientifiques et de communications dans le cadre d'événements scientifiques. Aucune donnée permettant de vous identifier personnellement ne sera rapportée dans ces articles et ces communications.

De plus, un résumé des principaux résultats au projet d'au plus une page vous sera acheminée à la fin du projet par le courriel que vous aurez fourni.

12. Personnes ressources

Pour toute question relative à l'étude, ou pour vous retirer de la recherche, veuillez communiquer avec Marc-André Maheu-Cadotte à l'adresse courriel [MASQUÉ].

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités des chercheurs concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le Comité d'éthique de la recherche en Sciences et en Santé (CERSES) :

Courriel : [MASQUÉ]

Téléphone : [MASQUÉ]

Site Web:

<https://recherche.umontreal.ca/responsabilite-en-recherche/ethique-humaine/comites/cerses/#c70895> Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide..

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal en appelant au numéro de téléphone 514 343-2100, de 9h à 17h ou en communiquant par courriel à l'adresse ombudsman@umontreal.ca (**l'ombudsman accepte les appels à frais virés**).

B) CONSENTEMENT

Déclaration du participant

- Je comprends que je peux prendre mon temps pour réfléchir avant de donner mon accord ou non à participer à la recherche.
- Je peux poser des questions à l'équipe de recherche et exiger des réponses satisfaisantes.
- Je comprends qu'en participant à ce projet de recherche, je ne renonce à aucun de mes droits ni ne dégage les chercheurs de leurs responsabilités.
- J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et j'accepte de participer au projet de recherche.

Oui Non

Si vous êtes convié(e) à une entrevue individuelle en ligne, afin de faciliter l'analyse des données, acceptez-vous que l'audio de l'entrevue soit enregistrée?

Oui Non

Je consens à être contacté(e) dans le cadre d'un autre projet de recherche ou d'une sous-étude découlant directement du projet de recherche actuel, conditionnellement à son approbation par un comité d'éthique de la recherche :

Oui Non

Je consens à ce que les données recueillies dans le cadre du présent projet de recherche soient utilisées dans le cadre de projets de recherche futurs, conditionnellement à leur approbation par un comité d'éthique de la recherche.

Oui Non

Signature du participant : _____ Date : _____

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse courriel : _____

Engagement du chercheur responsable

J'ai expliqué au participant les conditions de participation au projet de recherche. J'ai répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées et je me suis assuré de la compréhension du participant. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement.

Nom : _____ Prénom : _____

Signature du chercheur : _____

Date : _____

Annexe M. Caractéristiques des participantes et participants ayant contribué aux différents temps de collecte de données et caractéristiques de ceux n’y ayant pas contribué

Le tableau suivant présente les caractéristiques des participantes et participants ayant contribué à la collecte de données à chacun des temps de mesure. Nous présentons ensuite une comparaison entre les caractéristiques des participantes et participants ayant contribué à chaque temps de mesure comparativement à celles et ceux n’ayant pas contribué à ces temps de mesure.

Tableau. Caractéristiques des participants actifs à l’étude à chacun des temps des mesure pour le volet quantitatif de l’étude

	Au T ₀ (n = 28)	Au T ₁ (n = 18)	Au T ₂ (n = 14)	Au T ₃ (n = 10)
Genre féminin, n (%)	26 (93)	17 (94)	13 (93)	9 (90)
Âge, médiane (EI)	24,0 (7,0) ¹	24,5 (7,0)	25,0 (10,0)	24,5 (14,0)
Type de programme, n (%)				
- Formation initiale	20 (71)	13 (72)	12 (86)	8 (80)
- Formation DEC-BAC	8 (29)	5 (28)	2 (14)	2 (20)
Pratique comme infirmière n (%)	8 (29)	5 (28)	2 (14)	2 (20)
Maîtrise des concepts cliniques, médiane (EI; 0-10)	7,0 (1,0)	7,0 (1,0)	6,5 (1)	6,5 (1,0)
Expérience à jouer à des jeux vidéo, médiane (EI; 0-10)	5,0 (3,0)	5,0 (2,0)	5,0 (3,0)	4,5 (5,0)
Raisonnement clinique infirmier au T ₀ , médiane (EI; 0-10)	7,5 (5,5) ²	8,0 (2,0)	8,0 (2,0)	8,0 (2,25)
Premier jeu sérieux alloué n (%)				
- SIGN@L-A	14 (50)	8 (44)	NA	5 (50)
- SIGN@L-B	14 (50)	10 (56)		5 (50)
Deuxième jeu sérieux alloué n (%)				
- SIGN@L-A	NA	NA	8 (57)	5 (50)
- SIGN@L-B			6 (43)	5 (50)

Note. EI : écart interquartile; NA : non-applicable.

¹ n = 26; ² n = 24;

À T₁ – À la suite de l'utilisation de la première intervention de formation

Dix-huit participantes et participants ont contribué à la collecte des données à la suite de l'utilisation de la première intervention de formation à laquelle ils avaient été alloués (T₁). Dix participantes et participants ont donc arrêté leur participation à l'étude avant la collecte des données au T₁. Le Tableau ici-bas présente la comparaison entre les caractéristiques à T₀ des participantes et participants qui ont contribué à la collecte des données au T₁ et ceux qui n'y ont pas contribué. La seule différence notable était que le score médian de RCI à T₀ était plus élevé chez les participantes et participants ayant contribué à la collecte des données au T₁ que ceux n'y ayant pas contribué. De plus, nous avons observé que quatre des 10 participantes et participants qui n'ont pas contribué à la collecte de données au T₁ n'avaient également pas rempli le questionnaire de RCI au T₀.

Tableau. Comparaison entre les caractéristiques des participants au T₀ ayant contribué à la collecte des données au T₁ et ceux n'y ayant pas contribué.

	A contribué à la collecte des données au T ₁ (n = 18)	N'a pas contribué à la collecte des données au T ₁ (n = 10)
Genre féminin, n (%)	17 (94)	9 (90)
Âge, médiane (écart interquartile)	24,5 (7,0)	22,0 (7,0) ¹
Type de programme, n (%)		
- Formation initiale	13 (72)	7 (70)
- Formation DEC-BAC	5 (28)	3 (30)
Pratique comme infirmière n (%)	5 (28)	3 (30)
Maîtrise des concepts cliniques, médiane (écart interquartile; 0-10)	7,0 (1,0)	6,5 (2,0)
Expérience à jouer à des jeux vidéo, médiane (écart interquartile; 0-10)	5,0 (2,0)	4,5 (4,0)
Raisonnement clinique infirmier, médiane (écart interquartile; 0-10)	8,0 (2,0)	4,0 (6,5) ²
Premier jeu sérieux alloué n (%)		
- SIGN@L-A	8 (44)	6 (60)
- SIGN@L-B	10 (56)	4 (40)

Note. ¹n = 8; ²n = 6

À T₂ – À la suite de l'utilisation de la deuxième intervention de formation

Quatorze participantes et participants ont contribué à la collecte de données à la suite de l'utilisation de la deuxième intervention de formation à laquelle ils avaient été alloués (T₂). Aux 10 participantes et participants ayant arrêté leur participation avant le T₁ s'ajoutent quatre participantes et participants qui ont donc arrêté leur participation avant de contribuer à la collecte des données au T₂, soit la moitié de l'échantillon recruté en début d'étude. Notons que toutes les participantes et tous les participants qui n'ont pas offert de données au T₁ (n = 10) n'ont pas offert de données au T₂, et ce, malgré qu'ils aient tout de même reçu les consignes pour poursuivre leur participation à l'étude.

Le tableau ici-bas présente la comparaison entre les caractéristiques au T₀ des participantes et participants qui ont contribué à la collecte des données à la suite de l'utilisation de la deuxième intervention de formation auquel ils avaient été alloués et ceux qui n'y ont pas contribué. Deux tendances ont été observées. D'une part, une proportion plus importante de participantes et participants inscrits au programme de formation DEC-BAC et pratiquant comme infirmières n'ont pas offert de données à la suite de leur utilisation de la deuxième intervention de formation à laquelle ils avaient été alloués. D'autre part, le score médian de RCI au T₀ était plus élevé chez les participantes et participants ayant contribué à la collecte de données au T₂ que chez ceux n'y ayant pas contribué. Enfin, nous observons que la distribution des scores de RCI au T₀ était davantage concentrée dans l'étendue supérieure des valeurs possibles chez les participantes et participants ayant contribué à la collecte de données au T₂ que chez ceux n'y ayant pas contribué.

Tableau. Comparaison entre les caractéristiques au T₀ des participants ayant contribué à la collecte des données au T₂ et ceux n'ayant pas contribué.

	A contribué à la collecte de données au T ₂ (n = 14)	N'a pas contribué à la collecte de données au T ₂ (n = 14)
Genre féminin, n (%)	13 (93)	13 (93)
Âge, médiane (écart interquartile)	25,0 (10,0)	23,5 (6,0) ¹
Type de programme, n (%)		
- Formation initiale	12 (86)	8 (57)
- Formation DEC-BAC	2 (14)	6 (43)

	A contribué à la collecte de données au T ₂ (n = 14)	N'a pas contribué à la collecte de données au T ₂ (n = 14)
Pratique comme infirmière, n (%)	2 (14)	6 (43)
Maîtrise des concepts cliniques, médiane (écart interquartile; 0-10)	6,5 (1)	7,0 (1,0)
Expérience à jouer à des jeux vidéo, médiane (écart interquartile; 0-10)	5,0 (3,0)	5,0 (4,0)
Raisonnement clinique infirmier, médiane (écart interquartile; 0-10)	8,0 (2,0)	6,0 (8,0) ¹
Deuxième jeu sérieux alloué, n (%)		
- SIGN@L-A	8 (57)	6 (43)
- SIGN@L-B	6 (43)	8 (57)

Note.¹ n = 10

À T₃ – Lors de l'entrevue individuelle

Quatorze participantes et participants ont été invités à une entrevue individuelle et 10 d'entre elles ont accepté (71%). Les caractéristiques au T₀ des personnes ayant participé aux entrevues et de celles n'ayant pas participé aux entrevues est présentée dans le tableau ici-bas. Ici aussi, nous observons que les participantes et participants ayant contribué à ce volet de la collecte de données avaient des scores de RCI au T₀ qui étaient davantage concentrés dans l'étendue supérieure des valeurs possibles

Tableau. Caractéristiques au T₀ des personnes ayant participé aux entrevues et de celles n'ayant pas participé aux entrevues

	A participé à une entrevue (n = 10)	N'a pas participé à une entrevue (n = 4)
Genre féminin, n (%)	9 (90)	4 (100)
Âge, médiane (écart interquartile)	24,5 (14,0)	25 (5)
Type de programme, n (%)		
- Formation initiale	8 (80)	4 (100)
- Formation DEC-BAC	2 (20)	0 (0)
Pratique comme infirmière, n (%)	2 (20)	0 (100)
Maîtrise des concepts cliniques, médiane (écart interquartile; 0-10)	6,5 (1,0)	6,5 (2,0)

	A participé à une entrevue (n = 10)	N'a pas participé à une entrevue (n = 4)
Expérience à jouer à des jeux vidéo, <i>médiane (écart interquartile; 0-10)</i>	4,5 (5,0)	5,0 (2,0)
Raisonnement clinique infirmier, <i>médiane (écart interquartile; 0-10)</i>	8,0 (2,25)	7,0 (6,0)
Deuxième jeu sérieux alloué, n (%)		
- SIGN@L-A	5 (50)	1 (25)
- SIGN@L-B	5 (50)	3 (75)