

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

DÉVELOPPEMENT ET ÉVALUATION D'AVATARS PERSONNALISÉS DANS  
UN ENVIRONNEMENT IMMERSIF TRANSMÉDIATIQUE : EFFETS SUR  
L'ANXIÉTÉ ET LA DOULEUR

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT SUR MESURE EN JEUX SÉRIEUX THÉRAPEUTIQUES

PAR

ESTELLE GUINGO

NOVEMBRE 2023



## REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à mon directeur Dr David Paquin, professeur titulaire à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, pour m'avoir fait confiance et m'avoir accordé une totale indépendance dans le choix de mon sujet de recherche. Cette liberté m'a permis de mener à bien un projet créatif ambitieux qui me ressemble et de rester motivée du début à la fin. Je retiens ces discussions remplies de *brainstormings* créatifs, de critiques constructives et de judicieux conseils qui ont été essentiels à l'élaboration de ce projet doctoral. Merci de m'avoir intégrée au développement du projet Dreamland en novembre 2018 et de m'avoir fait découvrir la puissance du jeu vidéo dans le domaine thérapeutique. Ce projet a été une réelle clé de voûte dans ma décision d'entreprendre une formation doctorale et m'a donné l'élan pour me diriger vers la recherche académique.

De la même manière, j'aimerais remercier chaleureusement ma co-directrice Dre Sylvie Le May, professeure titulaire à l'Université de Montréal et chercheur au centre de recherche du CHU Sainte-Justine (Institut Trans MedTech), qui a cru en mon projet et a accepté de s'investir dans cette aventure en supervisant le volet santé de ce projet. Je la remercie pour sa patience, sa disponibilité et son perpétuel partage d'expertise, qui m'ont apporté rigueur intellectuelle et connaissances scientifiques. Merci de m'avoir donné l'opportunité de m'impliquer dans divers projets de recherche et événements scientifiques, qui m'ont permis de lancer ma carrière de la meilleure manière qu'il soit.

David et Sylvie, je vous remercie d'avoir su créer une complicité et une ambiance de travail quasi-familiale. Merci pour votre dévouement et votre soutien tout au long de mon doctorat. Vous êtes à mes yeux des modèles d'ambition et de réussite tant en enseignement, en pédagogie qu'en recherche.

Je souhaiterais également remercier tous les co-chercheurs qui ont rejoint ce projet et apporté leur expertise. Merci à Casey Côtes-Turpin, Léandra Desjardins, Pascal Bernier, Michel Duval, Christine Genest, Cathy Vézina, Marie-France Langlet et Félix Côtes-Charlebois. Votre apport a fait toute la différence et a permis d'élever ce projet à un niveau supérieur de rigueur, de créativité et d'innovation.

Au Fond de Recherche du Québec – Société et Culture (FRQSC), merci d'avoir subventionné mon projet et de m'avoir permis de me consacrer à temps plein à mes études doctorales. Je remercie également le Réseau Québécois de Recherche sur la Douleur pour les deux bourses « Je m'affiche », qui m'ont permis de présenter mon projet au *Canadian Pain Society Meeting 2022* et 2023.

Je remercie l'unité de recherche clinique en héματο-oncologie du Centre Hospitalier Universitaire de Sainte-Justine à Montréal, d'avoir accueilli mon projet, et plus spécifiquement Marie Galopin et Annie Lahaye pour leur implication et leur support indéfectible dans la collecte de données, sans laquelle le projet n'aurait pas pu se dérouler. Également, merci à tout le personnel du service héματο-oncologie pédiatrique pour leur patience et leur gentillesse durant l'intégration du projet à leur service.

Une pensée particulière à mes parents, Corinne et Erik, qui ont toujours été présents moralement et financièrement pour contribuer à mon succès académique. Merci de m'avoir soutenue dans tous mes choix de vie, même celui qui m'a amené à vivre à plus

de 6000 km de vous. Vous avez su valoriser l'éducation, l'ambition et la détermination qui m'ont amenée à terminer ce doctorat.

À Casey, mon conjoint, pour son soutien sans faille qui m'a permis de me relever dans les moments les plus difficiles de cette aventure. Merci d'avoir lu, relu et corrigé textes et documents en tout genre jusqu'à la fin, et de m'avoir donné des commentaires constructifs qui ont poussé ma réflexion toujours plus loin. Un grand merci à ses enfants Jayden et Elliott, qui, entre deux petites bêtises, ont toujours su me redonner le sourire.

À Camille Dupréelle, ma partenaire de bureau, merci pour ces belles soirées sushis, ton écoute attentive et ton soutien tout au long de ce doctorat. Aussi, merci à Thibault Guichard et Léon Dupuis pour leur contribution à mon projet.

Je remercie également le comité d'évaluation de thèse : Anaïs Lacasse, Annette Leibing, Philippe Vaucher et Sylvain Cherrier qui ont accepté d'évaluer cette thèse.

Merci aux personnes qui ont participé aux tests utilisateurs et qui ont donné de leur temps pour que mon prototype puisse atteindre son plein potentiel en termes de stabilité et jouabilité.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement les enfants qui ont participé à ce projet ainsi que leurs parents. Merci de m'avoir permis de donner vie à Cookie, Kai, Lapin, Arianna et Bobross, et d'avoir contribué au développement d'outils de gestion de la douleur et de l'anxiété.



## **AVANT-PROPOS**

Cette thèse présente les travaux de recherche réalisés au cours de mon doctorat sur mesure en jeux sérieux thérapeutiques à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, en collaboration avec le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Sainte-Justine à Montréal. Le contenu de cette thèse est composé de deux articles, dont je suis la première auteure, ainsi que d'un chapitre dédié au processus créatif du développement du jeu multiplateforme. La thèse est structurée de la manière suivante :

Chapitre 1 - Introduction

Chapitre 2 – Article 1: Customized Avatars in a Multiplatform Game on Mobile and Virtual Reality for Hospitalized Children in Hemato-Oncology: A Conceptual Design.

Chapitre 3 – Processus de développement co-design d'une application multiplateforme basée sur la conception d'avatar unique et personnalisés : Un ami pour la vie.

Chapitre 4 – Article 2: Effects of Unique Customized Avatar in a Multiplatform Virtual Environment on Pain and Anxiety in Hospitalized Children in Hemato-Oncology.

Chapitre 5 – Discussion

Chapitre 6 – Conclusion





## TABLE DES MATIÈRES

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>III</b>
<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>XV</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>XIX</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....</b>	<b>XXI</b>
<b>LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS.....</b>	<b>XXII</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XXV</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 - MISE EN CONTEXTE .....	2
1.1.1 - <i>Le jeu vidéo, une affaire sérieuse : le jeu sérieux.....</i>	<i>2</i>
1.1.2 - <i>Les racines de la ludification.....</i>	<i>3</i>
1.1.3 - <i>La ludification des soins et du domaine de la santé .....</i>	<i>3</i>
1.1.4 - <i>Utilisation de la réalité virtuelle dans un processus de ludification de la santé .....</i>	<i>8</i>
1.2 - PROBLÉMATIQUE.....	13
1.3 - CONTRIBUTIONS AUX CONNAISSANCES .....	16
1.4 - OBJECTIFS DE RECHERCHE .....	17

<b>CHAPITRE 2 - ARTICLE 1: CUSTOMIZED AVATARS IN A MULTIPLATFORM GAME ON MOBILE AND VIRTUAL REALITY FOR HOSPITALIZED CHILDREN IN HEMATO-ONCOLOGY: A CONCEPTUAL DESIGN.....</b>	<b>19</b>
2.1 - RÉSUMÉ .....	20
2.2 - ABSTRACT .....	21
2.3 - INTRODUCTION .....	22
2.3.1 - <i>The hospital: A pain and anxiety inducing environment</i> .....	22
2.3.2 - <i>Healthcare gamification</i> .....	23
2.3.3 - <i>Objectives</i> .....	25
2.4 - METHODS .....	26
2.4.1 - <i>Design</i> .....	26
2.4.2 - <i>Team members</i> .....	29
2.4.3 - <i>Instruments and materials for the multiplatform</i> .....	31
2.5 - RESULTS - “A FRIEND FOR LIFE”: A TRANSMEDIA APPLICATION FOR VIRTUAL REALITY AND SMARTPHONES FEATURING UNIQUE AVATARS.....	32
2.5.1 - <i>Game aesthetic</i> .....	32
2.5.2 - <i>Smartphone application</i> .....	35
2.5.3 - <i>Virtual reality application</i> .....	37
2.5.4 - <i>Characters</i> .....	40
2.6 - DISCUSSION: CONCEPTUAL DESIGN AND FRAMEWORK .....	42
2.6.1 - <i>Creating emotion with game design strategy</i> .....	42
2.6.2 - <i>IKEA Effect: Creating a customizable, loving avatar-friend</i> .....	43
2.6.3 - <i>Transmedia storytelling: From paper to smartphone to VR, the story continues</i> .....	44
2.6.4 - <i>Gamification strategies to improve children’s engagement and motivation</i> .....	47

2.6.5 - <i>Hypothetical healthcare gamification framework</i> .....	49
2.7 - CONCLUSION .....	50
2.8 - LIMITATIONS .....	51
2.9 - ACKNOWLEDGMENTS.....	52
<b>CHAPITRE 3 - PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT CO-DESIGN D'UNE APPLICATION MULTIPLATEFORME BASÉE SUR LA CONCEPTION D'AVATARS UNIQUES ET PERSONNALISÉS: UN AMI POUR LA VIE ..... 54</b>	
3.1 - MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE-CRÉATION.....	56
3.1.1 - <i>Intégration dans un cycle de recherche-action</i> .....	56
3.1.2 - <i>Processus de création : Design Thinking et Co-Design</i> .....	58
3.2 - LEXIQUE TECHNIQUE.....	60
3.2.1 - <i>Modèle de maillage</i> .....	61
3.2.2 - <i>Texture</i> .....	62
3.2.3 - <i>Matériau</i> .....	62
3.2.4 - <i>Matériau adaptable</i> .....	63
3.2.5 - <i>Matériau procédural</i> .....	64
3.2.6 - <i>Rig</i> .....	65
3.2.7 - <i>Blendshape</i> .....	66
3.2.8 - <i>Capture de mouvement</i> .....	67
3.2.9 - <i>Retargeting</i> .....	67
3.2.10 - <i>Programmation orientée objet</i> .....	67
3.2.11 - <i>Classe</i> .....	68
3.2.12 - <i>Patron de conception</i> .....	68
3.3 - CONTRAINTES DE DÉVELOPPEMENT .....	68
1.1.1 <i>Enjeux en contexte hospitalier</i> .....	69
1.1.2 <i>Population cible</i> .....	69
1.1.3 <i>Réalité virtuelle et cyber-malaise</i> .....	70
1.1.4 <i>Limitations liées aux technologies mobiles</i> .....	71

1.1.5	<i>Limitation en ressource humaine</i>	71
3.4	CONCEPTION VISUELLE	72
3.4.1	<i>Inspirations</i>	72
3.4.2	<i>Environnements virtuels et structure narrative transmédiatique</i>	76
3.4.3	<i>Optimisation des processus de développement et d'intégration</i>	83
3.4.4	<i>Conception et modélisation des personnages</i>	86
3.5	DÉVELOPPEMENT DES APPLICATIONS	87
3.5.1	<i>Architectures logicielles</i>	89
3.5.2	<i>Méthode de prototypage</i>	94

**CHAPITRE 4 - ARTICLE 2 : EFFECTS OF UNIQUE CUSTOMIZED  
AVATARS IN A MULTIPLATFORM VIRTUAL ENVIRONMENT ON PAIN  
AND ANXIETY IN HOSPITALIZED CHILDREN IN HEMATO-ONCOLOGY**

.....		<b>97</b>
4.1	RÉSUMÉ	98
4.2	ABSTRACT	99
4.3	INTRODUCTION	100
4.4	MATERIAL AND METHODS	102
4.4.1	<i>Research Design</i>	102
4.4.2	<i>Team composition</i>	102
4.4.3	<i>Study participants</i>	103
4.4.4	<i>Material</i>	104
4.4.5	<i>Study parameters</i>	104
4.4.6	<i>Data analysis</i>	106
4.5	RESULTS	108
4.5.1	<i>Participants characteristics</i>	108
4.5.2	<i>Children/parents interviews</i>	109
4.5.3	<i>Parent Journals</i>	120

4.5.4 - <i>Satisfaction Questionnaires</i> .....	123
4.5.5 - <i>Healthcare professionals' opinions regarding the intervention</i> .....	126
4.6 - DISCUSSION.....	130
<b>CHAPITRE 5 - DISCUSSION.....</b>	<b>134</b>
5.1 - CONTRIBUTIONS À LA GESTION DE LA DOULEUR ET DE L'ANXIÉTÉ EN HÉMATO-ONCOLOGIE PÉDIATRIQUE.....	134
5.2 - CONTRIBUTIONS AU DOMAINE DU JEU SÉRIEUX EN CONTEXTE HOSPITALIER ..	137
5.3 - CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES EN RECHERCHE-CRÉATION .....	139
5.4 - CONSIDÉRATIONS LOGISTIQUES .....	140
5.5 - CRITÈRES DE SCIENTIFICITÉ .....	142
5.5.1 - <i>Crédibilité ou validité interne</i> .....	142
5.5.2 - <i>Transférabilité ou validité externe</i> .....	143
5.5.3 - <i>Équilibre</i> .....	143
5.5.4 - <i>Critères de scientificité relatifs à la recherche-action</i> .....	144
5.5.5 - <i>Respect des valeurs et des principes démocratiques</i> .....	144
5.5.6 - <i>Faisabilité</i> .....	145
5.5.7 - <i>Appropriation</i> .....	145
5.5.8 - <i>Cohérence systémique</i> .....	146
5.6 - LIMITES.....	146
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>149</b>
<b>ANNEXE A CHILDREN FEAR SCALE .....</b>	<b>151</b>
<b>ANNEXE B NUMERICAL RATING SCALE.....</b>	<b>153</b>
<b>ANNEXE D FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR LES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ .....</b>	<b>164</b>
<b>ANNEXE E GUIDE D'ENTREVUE – ENTREVUE PARENTS-ENFANT .....</b>	<b>166</b>

<b>ANNEXE F ARBORESCENCE THÉMATIQUE DES ENTREVUES PARENTS-ENFANTS .....</b>	<b>177</b>
<b>ANNEXE G ARBORESCENCE THÉMATIQUE DES QUESTIONNAIRES OUVERTS.....</b>	<b>179</b>
<b>ANNEXE H ARBORESCENCE THÉMATIQUE DES JOURNAUX DE PARENTS .....</b>	<b>181</b>
<b>ANNEXE I VIDÉO DE PRÉSENTATION - ISPP 2021 .....</b>	<b>183</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>185</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
2.1 - Design thinking and co-design process .....	27
2.2 - Children during character drawing activity .....	28
2.3 - AVATAR team composition and members' roles .....	30
2.4 - Data synchronisation structure.....	32
2.5 - Some videogames inspirations for the game aesthetics.....	34
2.6 - Picture of each room.....	36
2.7 - Accessories menu .....	37
2.8 - Bubble mini-game and animal rewards examples .....	38
2.9 - Adapted fan and its use in the virtual reality game on a participant during data collection.....	40
2.10 - Characters and their 3D versions - From left to right: Cookie, Lapin, Kaï, Arianna, Bobross.....	41
2.11 - Healthcare gamification through transmedia intervention hypothetical conceptual framework.....	50
3.1 - Cycle de recherche-action.....	58
3.2 - Cycle du Design Thinking .....	59
3.3 Différents composants d'un modèle 3D : Le polygone (eng. <i>face</i> ), le point (eng. <i>vertex</i> ) et l'arrête (eng. <i>edge</i> ).....	61

3.4 Deux textures pour le modèle 3D du personnage de test Jack: à droite la texture responsable de la couleur ( <i>Albedo Map</i> ou <i>Diffuse Map</i> ), à gauche celle responsable des reliefs simulés par la lumière ( <i>Normal Map</i> ) .....	62
3.5 Personnage Jack avec son matériau, à droite le matériau en 2D, résultat de la fusion des textures. ....	63
3.6 Matériau adaptable "Steel Painted" d'Adobe Substance 3D Painter, on peut observer que le matériau est modifié en fonction des tranches.....	64
3.7 Processus de création d'un matériau procédural, en haut l'arborescence créé dans le logiciel Adobe Substance Designer, en bas à droite le matériau, à droite la texture de couleur ( <i>Albedo Map</i> ou <i>Diffuse Map</i> ). ....	65
3.8 Personnage Jack avec son <i>rig</i> .....	66
3.9 Modèles modifiés pour blendshapes.....	67
3.10 - À gauche, image tirée du jeu <i>Animal Crossing: New Horizon</i> . À droite, image tirée du jeu <i>Yoshi Crafted World</i> . ....	73
3.11 - Image tirée du jeu <i>Last Day of June</i> .....	74
3.12 - Images tirées des différents films d'animation Pixar .....	75
3.13 - Jauges de satisfaction .....	77
3.14 – Diagramme d'activité de l'application en réalité virtuelle « Un Ami pour la Vie » .....	79
3.15 – Arbres de la scène 1 .....	80
3.16 – Menu en réalité virtuelle.....	80
3.17 – Arbres de la scène 2.....	81
3.18 - Arbres de la scène 3 .....	82
3.19 - Quelques exemples de textures adaptables .....	83
3.20 - Quelques exemples d'assets modélisés .....	84
3.21 - Diagramme d'utilisation .....	89



3.22 - Diagramme de classe de l'application mobile.....	91
3.23 – Diagramme de classe de l'application en réalité virtuelle .....	93



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
4.1 - Children participants' characteristics.....	108
4.2 – Means (SD) on anxiety and pain before and after game utilization (parents' journal) .....	120
4.3 – Children's satisfaction survey – Résultats des questionnaires de satisfaction des enfants (n=5) .....	124
4.4 – Parents' satisfaction surveys – Questionnaires de satisfaction des parents .....	125
4.5 - Healthcare professionals' satisfaction surveys results – Questionnaires de satisfaction des professionnels de la santé impliqués .....	126



## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES**

3D: 3 Dimensions

CHU: Centre Hospitalier Universitaire

COREQ: Consolidated Criteria for Reporting Qualitative Studies

Et al.: Et alia.

IA: Intelligence Artificielle

IRM: Imagerie à résonance magnétique

RV: Réalité Virtuelle

UQAT: Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

UML: Unified Modeling Language

VR: Virtual Reality

VRET: Virtual Reality Exposure Therapy

## **LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS**

fps : Frame per second

## RÉSUMÉ

La gestion de l'anxiété et de la douleur est un enjeu important dans les services d'hémo-oncologie pédiatriques. Les outils développés et les ressources actuellement disponibles ne sont pas suffisants pour offrir aux patients et à leur famille une gestion optimale de l'anxiété et de la douleur. Les nouvelles technologies, telles que la réalité virtuelle et les contenus vidéoludiques, permettent de créer des outils de distraction thérapeutique adaptés au contexte hospitalier et personnalisés en fonction de la condition des patients. Bien que leur efficacité ait été démontrée, le processus de conception et de développement de ces outils est souvent omis, ce qui rend difficile d'évaluer ces projets dans leur ensemble.

L'objectif de cette thèse était tout d'abord de développer et de tester une application multiplateforme basée sur un avatar personnalisé, dans le but de réduire l'anxiété et la douleur chronique chez des enfants hospitalisés dans un service d'hémo-oncologie pédiatrique. Ce projet de recherche visait à étudier et évaluer la faisabilité et l'acceptabilité d'une telle intervention, à comprendre ses effets sur la douleur et l'anxiété des patients, ainsi qu'à évaluer la satisfaction des patients, de leurs parents et des professionnels de la santé impliqués dans leurs soins.

Dans cette perspective, une application multi-plateforme, disponible sur mobile et en réalité virtuelle, a été développée en utilisant un processus de *Design Thinking* (processus de création centré sur l'utilisateur). À la suite du prototypage et grâce à une approche *Co-design*, un atelier de dessin a été réalisé avec chaque enfant participant (n=5) afin de créer un avatar personnalisé intégré à chaque application.

Par la suite, une approche qualitative recherche-action a été suivie afin de comprendre les effets de notre intervention et ses enjeux logistiques et sociaux auprès des enfants, de leurs parents et des professionnels de la santé. Cette étude a été réalisée grâce à des entretiens parents-enfants, la tenue d'un journal d'utilisation, un questionnaire ouvert pour les professionnels de la santé, ainsi que des questionnaires de satisfaction pour les trois groupes de participants. Les résultats démontrent un effet positif sur l'anxiété et la douleur, mais également sur l'isolement social et l'humeur des enfants. Plusieurs pistes d'améliorations logistiques et vidéoludiques ont été identifiées.

Mots clés : Réalité virtuelle, avatar, transmédiation, jeu sérieux, ludification, hémo-oncologie pédiatrique, enfants, douleur, anxiété, multiplateforme, mobile, transmédia





## ABSTRACT

Pain and anxiety management is a crucial stake in pediatric hemato-oncology services. Current tools and resources do not adequately allow patients and their family to cope with pain and anxiety. New technologies such as virtual reality and videogames can become useful tools for therapeutic distraction as they are adaptable to any context and customizable to any medical conditions. Although their efficiency has been demonstrated, the conception and development process of these tools are often omitted, not allowing a complete evaluation of the projects.

The objective of this thesis was to develop and try out a multiplatform application based on friendly customized avatar, to help reduce anxiety and pain in hospitalized children in hemato-oncology. Through this test, the goal was to study both feasibility and acceptability of this intervention and to observe its effects on patients' pain and anxiety.

In this perspective, we developed a multiplatform application, on both mobile and virtual reality through a Design Thinking process. Then, through a co-design approach, each child (n=5) created a friendly avatar during a drawing activity. Once the character was integrated, we followed a qualitative approach to understand the effects of our interventions and the logistical and social stakes with children, their parents and healthcare professionals. This study has been done through child-parent interviews, study journals, open-ended questionnaire for healthcare professional and satisfaction surveys for each group of participants. Results showed a positive effect on anxiety, pain but also on social isolation and general mood. Many improvements areas have been underlined both in logistical aspects and videogames content.

Keywords: Virtual reality, avatar, transmedia storytelling, serious game, gamification, pediatric hemato-oncology, children, pain, anxiety, multiplatform, mobile



## INTRODUCTION

Depuis plus d'une vingtaine d'années, la réalité virtuelle (RV) propose des solutions innovantes aux milieux de la santé afin d'améliorer le bien-être de patients (Difede & Hoffman, 2002; Hoffman, 2021; Le May et al., 2021; Mahrer & Gold, 2009). Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons à la conception d'une solution de distraction transmédiatique qui combine la réalité virtuelle et le téléphone mobile. Plus précisément, nous nous inscrivons dans la tendance émergente de la ludification de la santé, un mouvement social récent. En effet, nous assistons depuis quelques années à l'émergence d'un concept nommé ludification qui désigne l'utilisation des codes du jeu dans des processus sérieux et étrangers au jeu (Deterding et al., 2011; Marczewski, 2012). Ce concept a pour objectif de créer de la motivation, de l'engagement et/ou le désir de modifier un comportement (Al-Rayes et al., 2022; Johnson et al., 2016). La ludification en santé est aujourd'hui plus fréquemment intégrée à la pratique et la formation des professionnels de la santé (Elliman et al., 2016; Krishnamurthy et al., 2022; Suncksen et al., 2018), mais aussi auprès des patients (Abdul Rahim & Thomas, 2017; Pereira et al., 2014) et du grand public en général (Darville et al., 2021; Fijačko et al., 2020; Haruna et al., 2018), et suscite un intérêt croissant au cours des dernières années.

Dans le cadre de cette thèse, nous développerons une intervention de jeu sérieux (*eng. serious games*) en RV dans une optique de ludification du séjour à l'hôpital. Nous ciblerons plus précisément les patients hospitalisés en hématologie pédiatrique. Nous expliquerons également la définition du jeu sérieux et remettrons en contexte ce phénomène nouveau qu'est la ludification dans le domaine de la santé. De plus, nous explorerons le potentiel d'utilisation de la RV en contexte de ludification de la santé.

Nous souhaitons que cette thèse puisse ainsi contribuer à la connaissance et à la recherche portant sur l'utilisation de la RV pour améliorer la qualité de vie des patients hospitalisés. Nous aimerions également qu'elle puisse offrir des recommandations théoriques et pratiques pour les professionnels, les chercheurs et les développeurs travaillant dans le domaine de la santé souhaitant concevoir ou avoir recours à des solutions en jeux sérieux.

### *1.1 - Mise en contexte*

Cette thèse s'inscrit dans une approche pluridisciplinaire reposant sur plusieurs concepts clés tant en santé qu'en vidéoludique. La présente section vise à introduire ces différents concepts et à les mettre en contexte au cœur de la ludification des soins de santé au travers d'exemples concrets.

#### 1.1.1 - Le jeu vidéo, une affaire sérieuse : le jeu sérieux

Le jeu vidéo est, depuis plusieurs années, un divertissement très populaire auprès du public. Plus récemment, de nombreuses entreprises lui ont attribué une nouvelle fonction plus sérieuse : le jeu sérieux. Ce dernier se définit comme la combinaison entre une intention sérieuse et les aspects ludiques, interactifs et immersifs d'un jeu vidéo. Le jeu sérieux s'inscrit dans la perspective de la ludification et, plus précisément, comme un jeu dont le but premier n'est pas d'amuser le joueur (Djaouti et al., 2011; Michael & Chen, 2006). Les évolutions technologiques ont permis le portage du jeu sérieux sur divers médiums tels que l'ordinateur, le mobile ou encore la RV (Djaouti et al., 2011).

### 1.1.2 - Les racines de la ludification

Si la ludification de la santé est un concept très récent, le concept global de ludification trouve ses origines dès le début du XXe siècle (Christians, 2018). À cette époque, certains commerçants commencent à utiliser des monnaies personnalisées et des récompenses pour créer un programme de fidélité pour les commerçants et les consommateurs. Parmi les processus pionniers de ludification, on peut également citer les badges et la structure des organisations scouts, comme the Boy Scouts of America fondée en 1910. Dans cette mini-société reconstituée, chaque membre reçoit un badge lorsqu'il atteint un objectif, qu'il peut ensuite accrocher à sa veste afin de le révéler aux yeux du monde. Ce système de récompenses constitue un élément de ludification et motive les enfants à apprendre des compétences sérieuses telle que la survie en forêt. Ce n'est qu'à partir des années 80 que la recherche universitaire commence à s'intéresser à ce phénomène sous les écrits de Malone (1981), et il faudra attendre 2002 pour que Pelling regroupe ce concept sous le nom de ludification (Christians, 2018; Malone, 1981).

### 1.1.3 - La ludification des soins et du domaine de la santé

Depuis quelques décennies, le domaine de la santé bénéficie du phénomène de ludification et du jeu sérieux. Les sections suivantes présentent une liste non-exhaustive de processus de ludification et de jeu sérieux en santé dans divers domaines.

## **La formation des professionnels de la santé**

La recherche en ludification s'intéresse également à la formation des futurs professionnels de la santé. La ludification se révèle être un outil pertinent pour l'apprentissage et la formation. Des projets de recherche ont démontré que des infirmières (Ferguson et al., 2015) et étudiants en médecine (Nevin et al., 2014) ont bénéficié de processus de ludification dans leur formation. Nevin et al. (2014) ont développé et mis à l'essai une application d'apprentissage gamifiée en ligne afin de déterminer l'acceptation du concept et la rétention d'information des étudiants internes (n=17). L'étude a conclu à un haut niveau d'acceptation par les étudiants ainsi qu'une augmentation des bonnes réponses. La ludification est également utilisée pour la formation à l'utilisation du matériel médical. Par exemple, Süncksen et al. (2018) ont étudié l'apport de la ludification au cours d'un entraînement par simulation sur l'utilisation d'une machine d'imagerie à résonance magnétique (IRM) (n=9). La formation pour ce type de procédure est souvent coûteuse et difficile d'accès. Ainsi, la ludification permet de former du personnel qualifié, sans se soucier du coût ou des problèmes éthiques liés à la reconstitution d'un contexte.

## **L'information et la sensibilisation**

La ludification de la santé est un procédé qui s'est implanté dans la sensibilisation du public vis-à-vis de la santé. Adapter un sujet sérieux en un jeu permet de sensibiliser les enfants, adolescents et adultes à des sujets divers de santé et d'influencer des comportements. Ces sujets sont variés comme la nutrition (Chow et al., 2020), l'hygiène de vie (Fijačko et al., 2020) ou l'éducation sexuelle (Haruna et al., 2018).

## **Interventions en lien avec la psychiatrie et la psychologie**

Du côté de la psychiatrie et de la psychologie, le jeu sérieux en RV est utilisé afin d'établir un diagnostic de santé mentale et proposer un traitement novateur. Par exemple, la RV est utilisée pour le diagnostic et le traitement de certains aspects de la schizophrénie, un domaine de recherche très actif (du Sert et al., 2018; Kargar et al., 2019). Pour les patients résistants aux traitements traditionnels, tels que ceux souffrants d'hallucinations auditives persistantes (du Sert et al., 2018), la RV permet aux patients d'établir un dialogue avec une représentation informatisée des voix constituant leurs hallucinations auditives. Il s'agit de l'intervention étudiée par du Sert et al. (2018) sur 19 participants adultes dans le cadre d'un essai randomisé sur 7 semaines. Ce dialogue a permis aux participants de construire une relation avec ses voix intérieures et ainsi réduire son sentiment d'impuissance, sans l'ajout de nouveaux médicaments antipsychotiques.

Par ailleurs, la RV est utilisée pour traiter diverses phobies. Ce procédé, appelé *Virtual Reality Exposure Therapy (VRET)* ou procédure *in virtuo*, est fondé sur le traitement psychologique plus classique d'*Exposure Therapy* (Difede & Hoffman, 2002; Suso-Ribera et al., 2019). Cette approche permet de désensibiliser le patient de sa phobie par une exposition progressive et contrôlée. Par exemple, Difede et Hoffman (2002) se sont intéressés au cas d'une survivante de l'attaque du 11 septembre 2001 sur le World Trade Center. Leur étude soulignait le potentiel de cette approche pour l'atténuation des symptômes de stress post-traumatique de la patiente. Ils ont souligné une seconde fois le potentiel de l'approche auprès de 13 participants victimes des attentats du 11 septembre 2001 (Difede et al., 2007). La réalité virtuelle permet de réaliser ce traitement de manière sécuritaire et contrôlée, offrant ainsi une solution intéressante pour traiter des phobies nécessitant un environnement particulier, potentiellement

risqué, inaccessible, inexistant ou coûteux (Botella et al., 2017). En comparant les traitements classiques et virtuels de patients atteints de phobies sociales, une étude conclut dans le cadre d'un essai randomisé à trois branches (n=59) que le traitement *in Virtuo* (traitement dans l'environnement virtuel) est plus efficace et pratique pour le psychologue que le traitement *In Vivo* (traitement classique) (Bouchard et al., 2017).

### **Interventions en lien avec la réadaptation physique et neurologique**

La ludification et l'immersion offertes par la RV sont des outils prometteurs pour la réadaptation physique et neurologique. Par exemple, Feng et al. (2019) mettent en lumière que la RV est plus efficace qu'un traitement traditionnel pour améliorer l'équilibre de patients atteints de la maladie de Parkinson grâce à un essai randomisé sur 28 participants (Feng et al., 2019). Nolin et al. (2019) soulignent quant à eux suite à une revue de littérature portant sur 50 publications, que la RV constitue un outil pertinent pour la réadaptation des capacités motrices (Nolin et al., 2019). L'un des aspects les plus prometteurs de l'utilisation de la RV pour la réadaptation motrice est sa capacité à offrir une réadaptation multiple grâce à son adaptabilité et à la facilité de changement d'environnement virtuel (Tieri et al., 2018).

### **Traitement et gestion des maladies chroniques**

La ludification est aussi utile dans la gestion et le traitement des maladies chroniques, notamment auprès des patients diabétiques et des patients survivants d'un cancer. Ces patients doivent procéder régulièrement à des auto-évaluations ou prendre un traitement à un horaire fixe. Pour cela, plusieurs applications mobiles ont été



développées et étudiées pour maintenir l'adhérence au traitement (Jupp et al., 2018; Radovick et al., 2018), habituer les plus jeunes patients à leur auto-évaluation du diabète (Alsaleh & Alnanih, 2020), ou encore simplement expliquer leurs conditions médicales (Wilson & McDonagh, 2013).

### **Gestion de la douleur et de l'anxiété procédurales et post-procédurales**

La distraction thérapeutique associée au processus de ludification et au jeu sérieux est un domaine de recherche en constante évolution. La RV est étudiée comme méthode de distraction pour la gestion de la douleur et de l'anxiété chez les patients pédiatriques lors de traitements douloureux (Khadra et al., 2020; Osmanlliu et al., 2021). La gestion de la douleur par distraction repose sur la théorie du portillon (eng. *Gate Control Theory*) de Melzack & Wall (1965). Cette théorie se base sur le fait que le cerveau est incapable de traiter plusieurs stimuli différents simultanément. En occupant le patient avec la RV, on envoie des stimuli sensoriels au cerveau qui prête ainsi moins attention aux stimuli de douleurs (Melzack & Wall, 1965).

Au cours des vingt dernières années, nous avons pu constater le développement de diverses applications en RV, mises à l'essai dans divers secteurs médicaux. Le projet Snow World, développé par Hunter Hoffman et son équipe (Hoffman et al., 2004), fut le pionnier de l'utilisation de la RV comme outil de distraction thérapeutique. Plus récemment en 2015, le projet Snow World a inspiré le développement de *Dreamland*, une thérapie en RV conçue par le professeur David Paquin et le médecin Jean-Simon Fortin (entreprise *Paperplane Therapeutics*) et utilisée par l'équipe de recherche de la professeure Sylvie Le May (Le May et al., 2016, 2020, 2021; Osmanlliu et al., 2021). Ces différents projets ont pavé la voie à l'utilisation de la RV dans d'autres domaines

médicaux, comme pour la gestion de l'anxiété pré procédurale avec le jeu *Imagine de Paperplane Therapeutics* développé pour gérer l'anxiété des enfants relative à un examen d'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) (Le May et al., 2022).

#### 1.1.4 - Utilisation de la réalité virtuelle dans un processus de ludification de la santé

C'est dans les années '90 que le terme « réalité virtuelle » se popularise (Lanier, 1992). Les entreprises de jeux vidéo, comme Nintendo et Sega, s'intéressent à la technologie et développent des consoles et accessoires en RV, tels que le Virtual Boy et le SegaVR-1. L'accueil du public est plutôt mitigé et ces appareils sont loin de satisfaire le « rêve de transcendance » de l'utilisateur (D. Paquin, 2009). Malgré tout, les chercheurs s'intéressent au potentiel de cette technologie et les premières interventions de jeu sérieux en réalité virtuelle pour la santé voient le jour (Carlin et al., 1997; Moline, 1997; Ota et al., 1995).

#### **Dernières évolutions technologiques relatives à la réalité virtuelle**

Plus récemment, la RV a connu une évolution significative grâce au progrès technologique des processeurs mobiles. Cette évolution a permis la création de casques mobiles tels que l'Oculus Quest Pro ou le Pico Neo 4, dont les performances égalent celles des téléphones dernière génération. Ces casques sont économiquement plus accessibles, car ils ne nécessitent pas de connexion à des ordinateurs performants, contrairement au dernier Oculus Rift S (Greenwald, 2020). En outre, certains casques sont maintenant équipés de capteurs permettant d'observer le joueur pendant son expérience. Ces capteurs, oculométriques ou labiaux, ne sont pas toujours accessibles

au grand public à cause de leur prix, mais ils permettent d'observer le comportement du joueur et de recueillir des données sur des paramètres physiologiques dans une perspective de recherche (Kim et al., 2021; Nam et al., 2018). Nous considérons que ces outils sont très pertinents dans une perspective de ludification de la santé, car ils permettent de collecter des données sans nuire à l'immersion du patient.

### **Réalité virtuelle en recherche : caractéristiques uniques et potentialités pour la ludification de la santé**

Le choix de la RV dans une perspective de recherche en santé est fondé sur la capacité d'immersion unique offerte par cette technologie et les potentialités qu'elle a à offrir. L'opportunité d'immerger l'utilisateur dans un environnement choisi et contrôlé tout en collectant des données physiologiques permet de mieux comprendre certains phénomènes. De plus, l'intérêt grandissant du public pour cette technologie (Katatikarn, 2023) facilite son intégration dans les hôpitaux, auprès des patients et des professionnels de la santé. Dans notre cas, la RV nous offre la possibilité de faire voyager l'enfant dans un monde virtuel et de le faire interagir avec des environnements dynamiques et relaxants. Par cette méthode, nous souhaitons utiliser cette technologie afin de réduire l'anxiété et la douleur ressentie par l'utilisateur.

### **Réalité virtuelle : Désavantages d'une technologie en perpétuelle évolution**

Malgré ses avantages considérables et sa grande flexibilité, la RV présente également des inconvénients qui doivent être pris en compte lors de la conception et du développement d'un jeu sérieux en réalité virtuelle. Le principal défaut, qui perdure

depuis l'invention de cette technologie, est un effet secondaire potentiel appelé cyber-malaise (*eng. cybersickness*) dérivé du mal des transport (*eng. motion sickness*). Le cyber-malaise se manifeste au travers de symptômes tels que des maux de tête, des vertiges ou encore des nausées. Ce dernier est généralement dû à l'utilisation d'un système de déplacement dans le virtuel qui crée une différence de perception entre l'oreille interne et les yeux, provoquant les symptômes mentionnés (Kourtesis et al., 2023).

La réduction des effets secondaires de la réalité virtuelle a évolué depuis la conception des premiers casques grâce à l'amélioration des performances, de la résolution des dalles d'affichage ainsi que de la qualité des capteurs gyroscopiques (Caserman et al., 2021). Cependant, la fréquence et l'intensité du cyber-malaise est relative à chaque utilisateur et les développeurs de jeux doivent rester prudents lorsqu'ils donnent au joueur le pouvoir de se déplacer à leur aise dans le monde virtuel ou qu'ils y forcent son déplacement.

Dans le cadre de l'utilisation de la réalité virtuelle dans un contexte médical, il n'est pas envisageable de provoquer des symptômes chez les patients pendant ou après l'expérience virtuelle. Dans certains cas, le patient peut présenter des symptômes ou des effets secondaires post-traitement que nous ne voudrions pas aggraver par une mauvaise utilisation de la réalité virtuelle. Toutefois il est important de noter que les cybermalaises n'affectent pas tous les patients et qu'ils semblent rares. Par exemple, lors d'une étude sur la gestion de la douleur lors de procédures de retrait de broche orthopédique (n=95), seul 1 participant a rapporté des effets secondaires suite à l'utilisation de la réalité virtuelle (Le May, 2023). L'une des premières solutions logiques est de réduire la durée d'utilisation et de suggérer à l'utilisateur de faire des pauses (Porcino et al., 2017).

Une solution pour limiter l'utilisation de la réalité virtuelle tout en continuant d'alimenter l'engagement autour du jeu sérieux ou de l'intervention gamifiée est de créer une expérience multi-plateforme. L'utilisation de plusieurs supports, qu'ils soient numériques (application de téléphone, vidéo, réalité augmentée, télévision...) ou plus classique (livre, document, affiche...) permet d'exposer plusieurs points de vue différents sur un même scénario et de créer un engagement à plus long-terme. Cette technique narrative est appelée transmédiation (eng. *transmedia storytelling*) (Jenkins, 2017).

### **L'apport narratif de la transmédiation**

La transmédiation est une stratégie de communication qui consiste à relayer une histoire à travers plusieurs médias. Chaque média est en parfaite adéquation avec sa partie de l'histoire, complète les autres parties et apporte sa propre contribution à l'histoire. Ce concept est généralement utilisé en stratégie marketing pour créer de l'engagement autour d'un produit en créant, par exemple, des histoires parallèles (Gosciola, 2013; Jenkins, 2017).

Plusieurs franchises telles que Star Wars ou le Seigneur des Anneaux ont étendu leur univers depuis les films aux livres, en passant par les séries télévisées ou encore les jeux vidéo pour attirer de nouveaux spectateurs, consolider l'engagement de son public ou assouvir la soif de connaissances et la curiosité des plus grands fans (Brown & Waterhouse-Watson, 2016; Guynes & Hassler-Forest, 2017).

Dans le cas de la ludification des soins de santé grâce à la réalité virtuelle, nous croyons que la construction d'un engagement à long-terme pourrait motiver le patient à

réutiliser le casque de réalité virtuelle la prochaine fois qu'il en a besoin ou lors de sa prochaine visite pour un traitement. La flexibilité technologique de la réalité virtuelle permet non seulement de créer un engagement à long-terme via une transmédiation, mais aussi de créer un environnement générateur d'émotions.

### **Le jeu vidéo, créateur de motivation et d'émotions**

Le jeu sérieux a un potentiel de motivation auprès des utilisateurs. De son côté, le jeu vidéo offre l'opportunité aux développeurs d'évoquer des émotions spécifiques chez le joueur. L'utilisation de certaines couleurs ou la conception de certaines ambiances permettent de générer des émotions chez les joueurs (Geslin et al., 2016; Roohi & Forouzandeh, 2019). La compréhension de la psychologie cognitive et des biais cognitifs peut être un atout considérable lors de la création de jeu vidéo (Hodent, 2017). Ces biais cognitifs, appliqués au jeu vidéo, permettent une meilleure compréhension du joueur et de ses réactions.

Si l'environnement virtuel et son ambiance peuvent permettre d'atteindre émotionnellement le joueur, la création de liens sociaux, même avec des personnages non-joueurs, peut elle aussi créer une réponse émotionnelle et être une source d'engagement (Isbister, 2016). Les personnages non-joueurs peuvent revêtir plusieurs rôles au sein d'un jeu vidéo. Ils peuvent être présents pour guider le joueur, lui offrir un service ou une interaction, l'accompagner ou encore constituer un obstacle à affronter (Rogers et al., 2018).

## 1.2 - Problématique

L'hôpital est un lieu anxiogène pour les jeunes patients et leur famille. Lorsque la vie d'un enfant est en jeu, la peur de la mort, le changement brusque de routine, l'incertitude et la séparation sont autant de facteurs qui peuvent engendrer de l'anxiété (Dyekjær & Dreyer, 2019; Nazari et al., 2017). La gestion de cette réponse psychologique à une situation anormale est limitée et elle se répercute rapidement sur le personnel infirmier ainsi que sur la qualité de vie et de traitement de l'enfant. Chez les enfants souffrant de cancer et hospitalisés pour décompensation ou traitements, cette réalité est encore plus manifeste au quotidien. Non seulement ces enfants ont reçu un diagnostic grave, mais ils doivent également subir plusieurs traitements et épreuves diagnostiques qui engendrent de l'anxiété et de la douleur (Darcy et al., 2014). Malgré les nombreuses distractions proposées par les hôpitaux pour détendre et soulager les enfants, les périodes d'anxiété et de douleur intenses persistent et peu de ressources sont disponibles pour aider les parents et les enfants à y faire face (Lazor et al., 2021; Tutelman et al., 2018). Une étude systématique a mis en avant l'importance et la pertinence de l'utilisation d'interventions dans la gestion de l'anxiété et de la douleur chez les enfants atteints de cancer. Elle inclut 25 études utilisant diverses solutions comme le massage, l'art thérapie, la musique ou la réalité virtuelle (Thrane, 2013). Malgré le fait que ces études référencées datent de plus d'une dizaine voire parfois plus d'une vingtaine d'années, l'étude systématique soulignait déjà l'apport de ces solutions externes aux soins des enfants atteints de cancer pour la gestion de la douleur (eng. *Integrative medicine*). Une seconde étude, plus récente et intégrant des solutions technologiques plus modernes, souligne l'apport des nouvelles technologies dans des interventions innovantes pour gérer les symptômes de dépression, d'anxiété et de douleur chez les enfants hospitalisés pour un cancer. Cette seconde étude propose une revue systématique de la littérature intégrant 5 études (Lopez-Rodriguez et al., 2020).

Le faible nombre d'étude intégré à l'étude ne permet pas de globaliser les résultats mais laisse tout de même supposer que l'utilisation des nouvelles technologies est une avenue de recherche pertinente pour la gestion de la dépression, l'anxiété et de la douleur dans le domaine pédiatrique. La distraction thérapeutique est un domaine de recherche en plein essor qui propose de nouvelles avenues de solution pour la gestion de la douleur et de l'anxiété procédurales et anticipatoires (Canbulat et al., 2014; Gold et al., 2021; Hoffman et al., 2019; Kwekkeboom, 2003; Le May et al., 2021; Vessey et al., 1994). Grâce aux récentes évolutions technologiques, la RV et le jeu sérieux sont de plus en plus utilisés comme outils de distraction thérapeutique. Les casques de RV offrent un aspect immersif inédit, permettant au joueur de d'incarner un personnage et d'être entouré par le virtuel, ce qui est impossible à recréer avec un jeu vidéo traditionnel. Cette immersion complète dans le virtuel permet de transporter le patient dans un monde imaginaire et de lui faire oublier l'espace d'un instant l'environnement anxiogène dans lequel il se trouve (Hoffman et al., 2011).

L'incarnation d'un personnage peut être effectuée via un avatar, un corps virtuel permettant au joueur de s'identifier et de mieux comprendre son personnage. L'avatar peut aussi être un personnage non joueur aux fonctions multiples avec lequel on interagit. L'utilisation d'avatars a notamment permis d'élaborer des protocoles de recherches visant à améliorer les conditions de vie des patients hospitalisés. Par exemple, dans le domaine de l'oncologie adulte, une étude a utilisé l'avatar comme outil d'évaluation de la perception de soi chez les patientes atteintes de cancer du sein (Triberti et al., 2019).

Les recherches autour de l'utilisation de la RV comme outil thérapeutique dans les processus de traitements pédiatriques se sont intéressées à la faisabilité et à l'efficacité de son utilisation. Nous sommes, à l'heure actuelle, conscients de l'efficacité de la RV et de l'immersion comme outil thérapeutique réducteur de douleur et d'anxiété, grâce



aux recherches menées, entre autres, par Hoffman et al. (2019), Le May et al. (2020) et Gold et al. (2021). Les jeunes patients subissant des traitements douloureux et anxiogènes sur de longues durées, par exemple dans le domaine de l'oncologie, pourraient eux aussi trouver un bénéfice dans l'utilisation de ces technologies pendant et entre leurs traitements. Nous croyons qu'elles ont la capacité d'atténuer l'anxiété relative à l'environnement hospitalier, à leur traitement, et ainsi améliorer considérablement la gestion de leur anxiété.

Cependant, une revue compréhensive a souligné que si plusieurs recherches ont montré des résultats encourageants quant à l'utilisation de la RV sur des patients atteints de cancer, des études supplémentaires sont nécessaires afin de mieux comprendre les facteurs thérapeutiques de cet outil en milieu oncologique pédiatrique (Pittara et al., 2020). Un autre groupe de recherche s'est aussi intéressé à la gestion de la douleur et de l'anxiété grâce à la réalité virtuelle chez les patients en héματο-oncologie en général (Ahmad et al., 2020). Ils soulignent eux aussi que les résultats des 13 études contenus dans la revue systématique sont encourageants et que la réalité virtuelle associée au traitement standard semblait plus efficace que le traitement seul, du point de vue de la gestion de la douleur et de l'anxiété. Ils soulignent aussi le besoin de continuer les recherches dans ce domaine avec des méthodologies de recherche rigoureuses. Parmi les revues systématiques que nous avons relevées concernant la réalité virtuelle en héματο-oncologie, la plupart des études intégrées concernent une expérience virtuelle utilisée pendant une procédure et non de manière spontanée durant le séjour à l'hôpital (Cheng et al., 2022; Comparcini et al., 2023; Pittara et al., 2020). De plus, notre revue de littérature révèle que la distraction thérapeutique utilisée en oncologie pédiatrique semble être un domaine peu exploré. La majorité des distractions proposées sont les clowns thérapeutiques (Lopes-Junior et al., 2020), la musicothérapie (Giordano et al., 2020) et l'hypnose (Grégoire et al., 2019). Enfin, nous n'avons trouvé aucune étude ayant pour but le développement et la mise à l'essai d'avatars-ami personnalisés dans

un environnement en RV destinés à réduire l'anxiété des enfants hospitalisés atteints du cancer. Ce champ de recherche semble donc inexploré.

### *1.3 - Contributions aux connaissances*

L'objectif de cette thèse était de développer, de tester et d'évaluer la faisabilité et l'acceptabilité d'une intervention transmédiate innovante (Un Ami pour la Vie-Avatar personnalisé) qui pourrait permettre à des enfants atteints de cancer et sous traitements de mieux gérer leur anxiété et leur douleur. Ce projet proposait d'utiliser la création au service de la santé et l'imagination des enfants au service de leur propre traitement. Cette thèse s'inscrit ainsi dans une démarche de recherche-crédation en création numérique, une discipline encore jeune dont les modèles ne cessent d'évoluer. De ce fait, nos contributions à l'avancement des connaissances ont été les suivantes :

- Créer un cadre conceptuel de recherche-crédation autour de l'utilisation de la RV et de la création d'avatars à des fins thérapeutiques.
- Contribuer aux modèles et aux devis en recherche-crédation en développant un devis inspiré de la recherche-action, du *design thinking* et du *co-design*.
- Augmenter l'engagement du joueur en l'impliquant dans le processus de création d'un avatar non-joueur intelligent.
- Transposer la technique de narration transmédiate utilisée en marketing dans le milieu médical, à des fins de distractions thérapeutiques.
- Exploiter le potentiel immersif des technologies RV de pointe afin d'optimiser l'engagement du joueur-patient.
- Explorer les stratégies narratives et vidéoludiques afin d'optimiser l'engagement du joueur-patient dans une perspective thérapeutique.

Si l'enfant est moins anxieux, il sera plus engagé et plus positif à l'égard de son traitement (Arrieta et al., 2013). La gestion de l'anxiété et de la douleur pré et post-traitement par la RV et son application dans les services de traitement à longue durée sont des avenues prometteuses que nous comptons explorer et valider. Nos contributions ont été les suivantes :

- Diminuer la douleur chronique ressentie par les enfants en héματο-oncologie.
- Diminuer l'anxiété ressentie par les enfants vis-à-vis de l'environnement hospitalier.
- Contribuer à l'amélioration de la prise en charge d'enfants dans des traitements à longue durée.
- Augmenter la satisfaction des familles dont les enfants sont hospitalisés en oncologie.

Nos résultats pourront ainsi paver la voie à de nouveaux projets personnalisés pour des patients hospitalisés dans des unités de soins variées. En combinant les sciences de la santé et la création numérique, nous souhaitons que cette thèse puisse contribuer à l'avancement des connaissances dans ces deux domaines.

#### *1.4 - Objectifs de recherche*

Le présent projet avait pour but de développer et de mettre à l'essai une intervention de RV utilisant des avatars personnalisés pour aider les enfants hospitalisés en héματο-oncologie à mieux gérer leur anxiété et leur douleur. Cette intervention innovante intégrait le jeu sérieux et la ludification du séjour à l'hôpital.

- Développer et mettre à l'essai un avatar personnalisé destiné à des enfants atteints de cancer en cours de traitement.
- Évaluer la faisabilité, l'acceptabilité et la satisfaction d'enfants hospitalisés en hémato-oncologie à l'égard de leur avatar pour la gestion de leur anxiété, ainsi que chez leurs parents et les intervenants.
- Concevoir un cadre conceptuel hypothétique pour la ludification des soins de santé via une application multiplateforme basée sur des avatars uniques et personnalisés

**CHAPITRE 2 - ARTICLE 1: CUSTOMIZED AVATARS IN A  
MULTIPLATFORM GAME ON MOBILE AND VIRTUAL REALITY FOR  
HOSPITALIZED CHILDREN IN HEMATO-ONCOLOGY: A CONCEPTUAL  
DESIGN**

Ce chapitre présente le processus de développement du jeu « Un ami pour la vie » ainsi que les différents concepts clés constituant notre cadre conceptuel. Cet article rédigé en anglais vise à être soumis pour publication au journal International Journal of Virtual Reality. La liste des auteurs est la suivante :

Estelle Guingo<sup>1</sup>, David Paquin<sup>1</sup>, Casey Côtes-Turpin<sup>1</sup>, Sofia Adabb<sup>3</sup>, Cathy Vézina<sup>1</sup>,  
Félix Côtes-Charlebois<sup>1</sup>, Sylvie Le May<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

<sup>2</sup>Université de Montréal

<sup>3</sup> Centre de recherche de l'hôpital pour enfant Shriners, Montréal, Canada

## *2.1 - Résumé*

L'environnement hospitalier est une source d'anxiété et de douleur pour les jeunes patients hospitalisés et leur famille. La ludification des soins de santé et la distraction offrent une approche pertinente pour une meilleure gestion de cette anxiété et de cette douleur. L'objectif de cet article est de présenter "Un ami pour la vie", un jeu sérieux multiplateforme basé sur la création d'un avatar personnalisé pour les enfants hospitalisés en hémato-oncologie et conçu afin de les aider à mieux gérer leur anxiété et leur douleur. Cette application en réalité virtuelle et sur mobile vise à utiliser le biais cognitif "IKEA Effect" et la transmédiation afin d'accroître l'engagement de l'enfant dans le jeu.

Ce jeu sérieux a été développé dans le cadre du projet de recherche AVATAR, qui combine recherche-action et co-design. Notre équipe pluridisciplinaire est constituée de diverses expertises pertinentes complémentaires en sciences infirmières, pédiatrie, hémato-oncologie ainsi qu'en nouvelles technologies. Nous avons également impliqué un parent partenaire et un patient partenaire.

Cet article présente notre jeu sérieux, "Un ami pour la vie", et le développement collaboratif mis en place dans la phase de prototypage. Nous exposerons aussi notre cadre conceptuel hypothétique ainsi que les concepts qui le sous-tendent. Pour terminer, les limites et les perspectives de recherche seront discutées.

## *2.2 - Abstract*

The hospital is an environment that may induce both anxiety and pain in hospitalized children and their families. The use of games and distraction offers a solution to better manage anxiety and pain. The objective of the present paper is to introduce “A Friend for Life,” a multi-platform game based on the creation of customized avatars to help children hospitalized in the hematology-oncology unit cope with their everyday pain and anxiety. This smartphone and virtual reality application uses the IKEA Effect and transmedia storytelling to improve child engagement in the game.

This game was developed as part of AVATAR, a research project that combines collaborative action research with co-design. The project is led by our multidisciplinary team with relevant experience in nursing, pediatrics, hematology-oncology, and new technology. As well, our team includes a former patient and a former patient’s parent.

In this paper, we introduce our serious game, “A Friend for Life,” and the collaborative development method that was used in the prototyping phase. Additionally, we will outline our hypothetical conceptual framework and its underlying concepts. Finally, we discuss the game's limitations and directions for future research.

### *2.3 - Introduction*

#### 2.3.1 - The hospital: A pain and anxiety inducing environment

Pain is defined as “an unpleasant sensory and emotional experience associated with, or resembling that associated with, actual or potential tissue damage” (International Association for the Study of Pain, 2020; Williams & Craig, 2016). Anxiety may increase pain, as is seen in patients during the preoperative period (Álvarez-García & Yaban, 2020; Tola et al., 2021). Stress and anxiety are two related, yet distinct concepts that warrant distinction. Stress is a non-specific response to any event because it can take various forms and can be triggered by many agents (Selye, 1956). In contrast, anxiety has two distinct concepts: state and trait anxiety (Spielberger, 1972). State anxiety fluctuates in time and intensity and is a response to a stressful situation. On the other hand, trait anxiety refers to a relatively stable disposition within the individual to judge a wide range of environmental events as potentially threatening (Mascarenhas & Smith, 2011).

The hospital environment may be anxiety-inducing for young individuals as well as their family. The fear of treatments, death and/or the separation from loved ones can lead to anxiety, particularly in the case of children with cancer undergoing painful treatments (Darcy et al., 2014; Dyekjær & Dreyer, 2019; Nazari et al., 2017). Although hospitals offer distractions such as therapeutic clowns (Lopes-Junior et al., 2020) and music therapy (Facchini & Ruini, 2021) to help children relax, periods of anxiety and pain can persist. There are few resources available to help children and their family cope with pain and anxiety (Lazor et al., 2021; Tutelman et al., 2018). However, Thrane’s (2013) systematic review shows the potential benefits of diverse pain and anxiety management interventions. Through the review of twelve studies about pain



and anxiety management intervention from 1990 to 2010, Thrane (2013) underlined the benefit of hypnosis, mind-body techniques, virtual reality, massage, music, and creative arts therapy. However, studies included in the review had small sample sizes.

Lopez-Rodriguez et al. (2020) underline the benefits of technologies in managing symptoms of depression, anxiety, and pain observed in children with cancer. This systematic review included eight studies that used smartphones, robotics, video games, and virtual reality. Studies included for review underwent methodological appraisal using the 11-item PEDro Scale. Five studies were “good,” two were “fair,” and only one was “poor.” Recent technological improvements have led therapeutic distraction researchers to explore the use of virtual reality, serious gaming, and gamification as new tools for anxiety and pain management before or during procedures (Khadra et al., 2020; Le May et al., 2021). Serious gaming includes games where the primary goal is not mere entertainment, but rather the achievement of a serious objective, such as pain management or learning (Wilkinson, 2016). Gamification is the use of games or game characteristics in serious procedures.

### 2.3.2 - Healthcare gamification

Serious games are games that have a serious goal, beyond mere entertainment. The incorporation of game-like elements and characteristics into serious procedures with the aim to create motivation, engagement, and/or a desire to change behavior is commonly referred to as, “gamification” (Deterding et al., 2011; Johnson et al., 2016). Unlike serious games, gamification is not always a game and can take on many forms. Our focus of study is the use of video games, particularly virtual reality (VR), in healthcare gamification.

Virtual reality is a technology that enables users to interact with a computer-generated, immersive environment. By using a VR head-mounted display and audio feedback, the player is isolated from the real world and can interact as if they were in the virtual environment. This technology has been gradually integrated into the medical field for a wide range of uses (Tao et al., 2021).

Gamification has numerous applications in the medical field. It can be used to educate and sensitize patients, families, and the general public on various health-related topics, such as, health-practices (Fijačko et al., 2020), sexual education (Haruna et al., 2018) and nutrition (Chow et al., 2020). Gamification can also serve as a potential tool for professional training, thereby decreasing the associated costs and ethical challenges. (Ferguson et al., 2015; Nevin et al., 2014; Suncksen et al., 2018). Many studies have used gamification, particularly serious videogames, and VR as a tool for diverse treatments (Udara & Alwis, 2019). Virtual reality-based treatments, such as the “In Virtuo” treatment, have shown potential for individuals with schizophrenia (du Sert et al., 2018), obsessive-compulsive disorder (Laforest et al., 2016) phobias (Botella et al., 2017; Difede & Hoffman, 2002; Suso-Ribera et al., 2019). Additionally, VR and video games have shown benefits in rehabilitation (Hoffman, Boe, et al., 2020), especially for stroke patients (Nolin et al., 2019).

Virtual reality is also a commonly used tool for therapeutic distraction to manage pain and anxiety. Studies have examined the feasibility, acceptability, and efficacy of VR during various medical procedures, including burn wound care and orthopedic bone pins removal in children (Le May et al., 2020, 2021).

Furthermore, pediatric hemato-oncology researchers have developed and examined smartphone applications for cancer treatment management. For instance, Sisom (Arvidsson et al., 2016) uses gamification to help children better communicate their

symptoms with healthcare staff. Also, avatars and pet simulators have been used in the Pain Buddy project (Fortier et al., 2016; Hunter et al., 2020) and the virtual pet game created by Chai et al. (2020). These applications aim to keep children motivated in their treatments and to help them better manage their pain. These studies (Chai et al., 2020; Fortier et al., 2016; Hunter et al., 2020) have demonstrated promising results in using avatars for managing pain and anxiety in addition to improving staff/child communication. However, from a game design perspective, these applications lack a high level of customization as they only allow customization of a pre-existing character. Furthermore, none of these projects offer the possibility of meeting and interacting with a virtual friend through VR.

### 2.3.3 - Objectives

While there have been many studies published on the effectiveness of VR and new technologies in healthcare, there remains a gap in research on game content and aesthetics for serious games in healthcare. In addition, there is no research, to our knowledge, on the potential benefits of customizable avatars and multi-platform applications in a healthcare context. Therefore, the main objectives of our present study are two-fold: (1) To present the conceptual design of our serious game “A Friend for Life,” designed for hospitalized children in hemato-oncology and based on highly customizable virtual-friend avatars and transmedia storytelling; (2) To present the key concepts that support our project and the collaborative development method used for the creation of our serious game.

Our primary goal is to develop and optimize a serious game for hospitalized children in hemato-oncology that uses highly customizable avatars to help manage episodes of anxiety and pain.

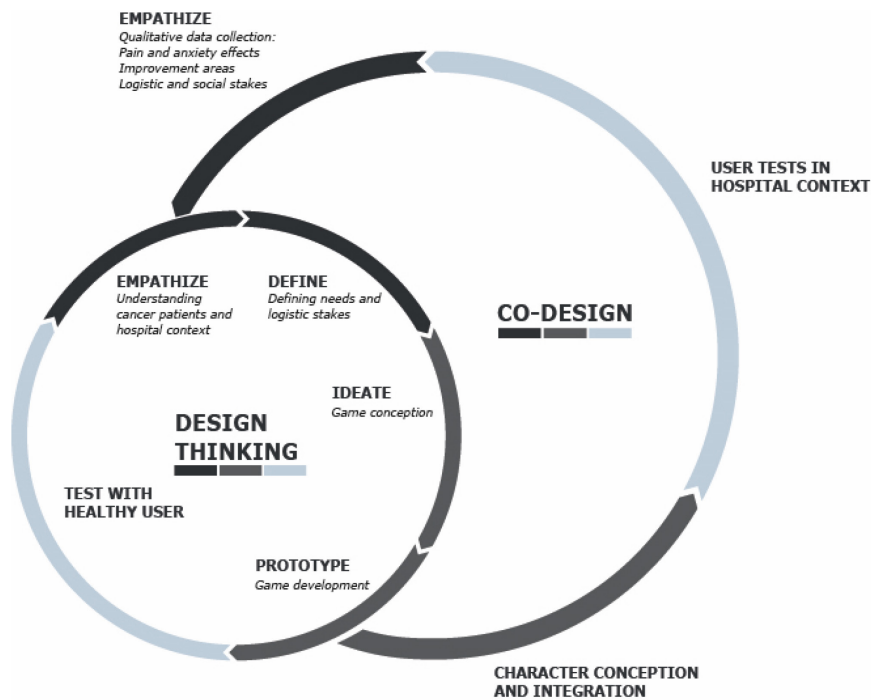
## 2.4 - *Methods*

### 2.4.1 - Design

The development of “A Friend for Life” followed a research design that combined action-research and art-based research. For our research team, we selected individuals who represented our population of interest, including a former cancer patient and a the parent of a former cancer patient, as well as experts in pediatric hemato-oncology, including a child psychologist, a physician, and a nurse. More details will be given on team constitution in the next section (2.2). The involvement of relevant persons that are not necessarily familiar with research is a key characteristic of action-research. Our study integrated iterative cycles of prototyping and optimizing based on qualitative feedback.

We used a design thinking approach to prototype the game, punctuated by prototype testing for game development (Figure 2.1). We then used a co-design approach, which centers users in the game design process, to create characters with each patient participant (Hodent, 2017). This human-centered design ensures that user needs are met, and that the experience is both positive and enjoyable (Norman, 2013). In the context of video games, human-centered design is referred to as a player-centric design (Fullerton, 2014). Design thinking is a process that works through iterative cycles of modifications until users are satisfied with the prototype (Hodent, 2017). If design thinking includes user feedback, perspective, and ideas (Hodent, 2017), co-design research directly involves participants who may not always be familiar with the art-based creation process (Dubois et al., 2016).

## 2.1 - Design thinking and co-design process



In the development phase of our game “A Friend for Life,” we included children in user testing to obtain feedback and to improve our prototype. Although not all the members of our research team were experts in gamification and serious games, they all provided feedback and opinions about logistical stakes and intervention integration. Once the prototype was ready, we used co-design to create a virtual friend by conducting a drawing activity with each child in Fall 2022 (figure 2.2).

## 2.2 - Children during character drawing activity<sup>1</sup>



This development process allowed us to work effectively even with a small development team and to optimize game content with pertinent feedback from the research team and user testers.

---

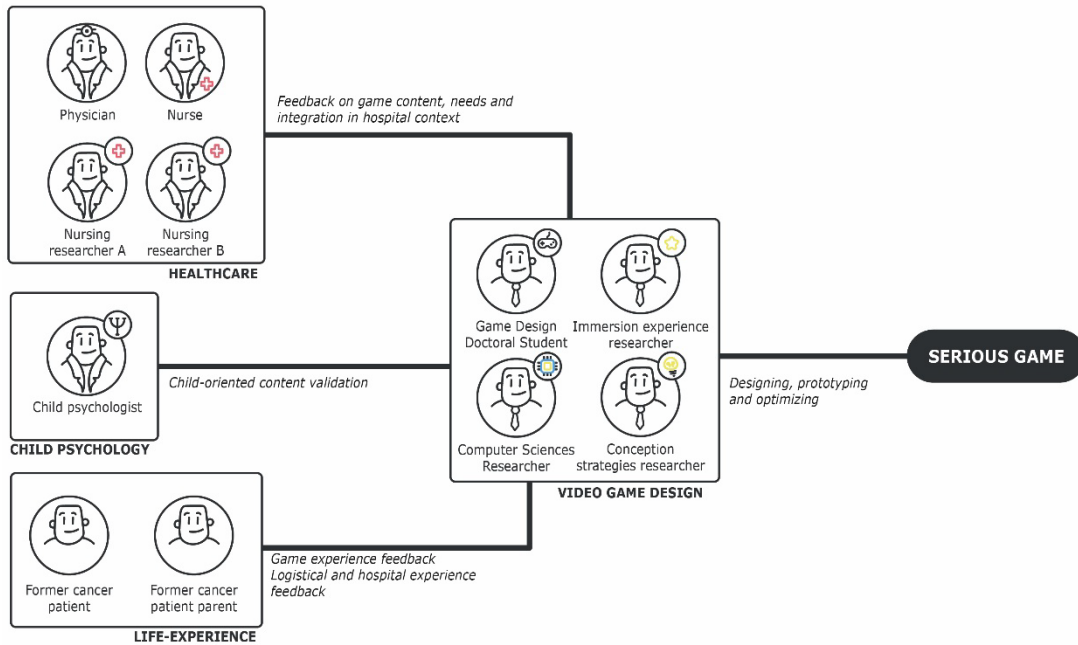
<sup>1</sup> Pour ces photos, un document de droit à l'image joint au formulaire de consentement a été rempli par chaque participant, ou leur parent le cas échéant.

Referring to methodological elements related to art-based, or creation-research, raised ideological debates in both French and English literature. While English literature employs different terms concerning “art-based research” allowing to specify the creation field (as research-creation, practice-led research, or others) (L.-C. Paquin & Noury, 2018), methodological and epistemological debates persist. Some researchers argue that art research does not have to follow the same rules and methods as traditional research (Gosselin & Le Coguiec, 2006; Lécho Hirt, 2015). On the other hand, other researchers underline the difference between scientific research and creative quests, as well as the lack of epistemology and methodology around research-creation (Findeli & Coste, 2007; Stévance, 2012; Vial, 2015). They also promote a multidisciplinary framework in which each research team member brings their own expertise.

#### 2.4.2 - Team members

To ensure that our project would benefit from diverse perspectives, we formed a multidisciplinary team consisting of representatives from four key areas: healthcare, child psychology, lived-experience, and new technologies/videogame design. Our team’s structure and the roles of each member are illustrated in Figure 2.3. We chose to integrate patient partners and pediatric hemato-oncology experts following the GRIPP2 reporting checklist for patient and public involvement in research (Staniszewska et al, 2017).

### 2.3 - AVATAR team composition and members' roles



The healthcare professional group included a nurse, a physician, and two nurse researchers. Each member brought a crucial understanding of the needs and context of healthcare to our project, guiding us in selecting the appropriate research methodology. Child psychology expertise was essential in ensuring that the virtual game was appropriate and engaging for our targeted population. Additionally, we included a former patient and the parent of a former patient in our team. Their perspectives provided valuable insights into the logistical and social stakes involved in hospital stays and hemato-oncology treatments. Finally, our team also included experts in new technologies, game design, and creative workflows. These experts were responsible for application development, prototyping, and addressing and handling technical issues.



By convening a strong and complementary team with expertise from diverse fields, we were able to optimize game content for the hospital environment and its associated social and logistical challenges. This is an innovative approach because it recognizes the importance of aesthetics and game content, which are often neglected in research and serious game development as Isbister (2016) underlines in her book:

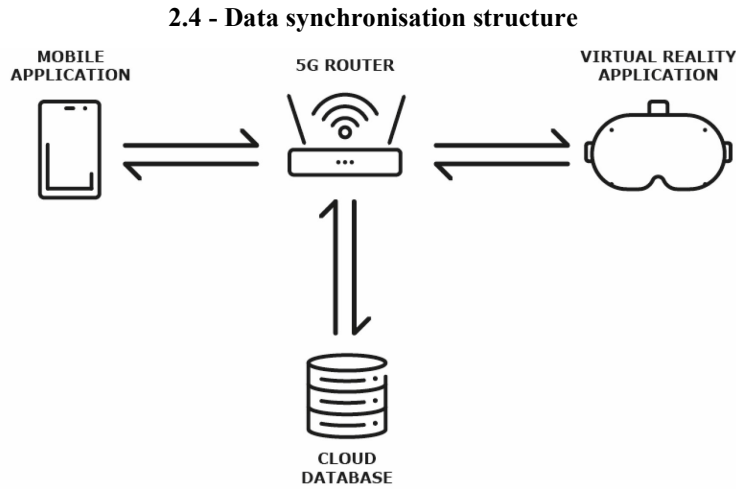
*“Another risk is placing high hopes on games designed for the public good – as many nonprofits, health organizations, and social enterprises are doing – without realizing that bad game design can undermine the most noble of ambition. It’s quite possible to make terrible, dull, and unappealing games for learning or training or health.”*

*(Isbister, 2016, p. xvii)*

#### 2.4.3 - Instruments and materials for the multiplatform

This multiplatform project needed various devices and software. First, we selected the Google Pixel 4 as our smartphone due to its optimal performance and reasonable cost. Our decision to use smartphone VR instead of computer-based VR was primarily to avoid logistical challenges and to easily bring the VR to children anywhere on the unit.

To connect the smartphone and VR application to a database, we used external mobile 5G routers to avoid using hospital internet networks, which are often very restricted and provide inconsistent connection speeds from one hospital block to another. The database was designed to keep track of players’ in-game habits and facilitate the transfer of rewards and accessories from one application to the next (figure 2.4).



The 3D environment of the game was optimized to reduce polygon counts and to draw calls to ensure a smooth and consistent frame rate of 60 frames per second (fps). Going below this threshold can lead the device to lag, slowing down the game and causing cybersickness (e.g. nausea, vomiting, dizziness, etc.) for the player (Zhang, 2020). Since the game was designed to be played on two smartphones, we had to put in extra effort to optimize both environments. This optimization was of top priority during the development process as our target users are hospitalized children with cancer. We wanted to ensure the game would not exacerbate any side effects of medical treatment.

## *2.5 - Results - “A Friend for Life”: a transmedia application for virtual reality and smartphones featuring unique avatars*

### 2.5.1 - Game aesthetic

The game aesthetic for “A Friend for Life,” was designed after reviewing various child-oriented content. One of the main challenges was to create a world that would appeal

to a wide range of ages from 6 to 17 years old. To achieve this, our team drew inspiration from popular sources such as Pixar movies and original Nintendo content, both of which have a broad audience (Black, 2022; T. J., 2016). We also gathered inspiration from independent games such as, “Last Day of June,” and animation films with unique visual design like, “Mitchell’s Vs the Machine,” “Le Petit Prince,” and “Pokemon: Mewtwo Strikes Back – Evolution.” We also reviewed several popular pet simulation games, meaning applications with more than 5M downloads on the app store, including “Clumsy Ninja,” “My Tamagotchi Forever,” “Pou, My Talking Tom,” and “Axolochi,” to better understand the user interface and experience of these kinds of games. These games brought us to focus on simplifying the game mechanics, the importance of character reaction, and on avoiding paywalls for features, a tactic often found in free smartphone games. For VR, the pet simulation game “Bogo” was our main inspiration as a lot of activities are available in a single virtual environment where the player does not have to move around. Figure 2.5 contains pictures that inspired the game aesthetics.

## 2.5 - Some videogames inspirations for the game aesthetics



From a 3D modeling perspective, we aimed for a low-poly aesthetic to accommodate the maximum performance levels of the two devices used in our project. We also wanted a recognizable aesthetic, achieved through a hand-crafted texturing environment that allows us to create harmony between research workflow (avatar conception) and visual aesthetic. Our watercolor and clay textures made with procedural conception software convey an aspect of DIY (Do It Yourself), which aligns with our highly customizable avatars.

To make the environment engaging for children, we opted for a colorful and stylized look, using everyday objects to furnish the character's house in the smartphone application. From a user interface perspective, we focused on creating design affordances, allowing children to intuitively understand how to interact with the objects. Design affordance refers to the action possibilities that are easily inferred by the user based on their perception or experience with similar objects or interfaces (Norman, 1988, 2013). For example, by tapping on the bathtub in the bathroom, a child would generally expect to clean their character. In the VR application, we created an imaginary land, with relaxing sound effects and music. If the environment has more of a magical feel, interactive objects remain familiar to the children (a water gun, a pinata stick, flowers, a ball, a hammer).

The narrative connection between the two applications is straightforward: the VR game takes place in the character's courtyard, while the smartphone games invites the child to enter the character's house.

### 2.5.2 - Smartphone application

The social aspect of the avatar-friend allowed the addition of a diary in the smartphone application which was recommended by the child life specialist team. The digital diary allowed the patient to confide their feelings to their virtual friend through voice recordings and to self-report their anxiety and pain levels. Anxiety was measured through the Children Face Scale (McMurtry et al., 2011) and pain was measured with a 0-10 numerical rating scale (Breivik et al., 2008). The diary helped us better understand cancer patients and monitor their feelings, mood, anxiety, and pain during hospitalization. Each day the child logged into the smartphone application, they were prompted to complete their diary by speaking to their virtual friend. The user interface

(UI) we chose was very similar to a texting application, and if negative moods persisted for three days, an email was sent to a designated staff member to check on the child and provide them with proper care as required.

After completing the daily diary, the patient visited their virtual friend's house (figure 2.6). From there, they could take care of their virtual friend's needs like hunger, hygiene, love, and sleep which were indicated by gauges. The child could have fun with their virtual friend by fulfilling their needs, such as feeding them their favorite food, bathing them, brushing their teeth, or even making them dance. The virtual friend's needs were frustration-free as they could not suffer or be harmed in any way.

2.6 - Picture of each room



Furthermore, the child earned experience points by taking good care of their friend and could level up to unlock new types of food and accessories.

The accessories could be found by the player inside the dresser within the virtual friend's bedroom (figure 2.7). Selecting an accessory would put the item on the character and appear on both the smartphone and VR application.

2.7 - Accessories menu



### 2.5.3 - Virtual reality application

The VR experience took the player on a magical journey where they could play many games with their virtual friend by their side. To minimize motion sickness and simplify user interactions, players were restricted from moving around in the virtual world; however, they could collect flowers in VR that would become available in the smartphone application.

The VR application featured three games for players to choose from, each embedded within a 5 to 8 minutes storyline. The storyline was punctuated by characters' comments that brought them to life and added to the rewarding and dynamic nature of the experience.

The first game included in the smartphone? application was a “shoot'em all” game wherein the child used a water gun to shoot bubbles. Once a certain amount of bubbles were shot, an animal would spawn among the bubbles. If the child caught the animal with the water gun, the animal would appear in their aquarium within the smartphone application (as shown in Figure 2.8).

#### 2.8 - Bubble mini-game and animal rewards examples



The bubble game is adaptive and offers different difficulty levels based on the player's performance. The more the player scores points, the more challenging the game becomes as the bubble spawning rate increases. Conversely, the level of difficulty decreased with low scores.

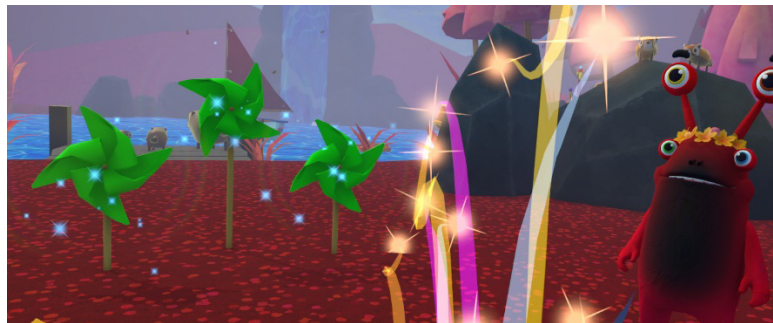


The second game was a carnival game where the child was instructed to hit five levels of stacked cans with a ball. Next to this carnival stand was also a hammer game where the child was instructed to hit a button with a certain intensity to launch a small rocket.

The last game we developed was a relaxation game based on the pursed lip breathing exercise (Miller, 1954). A systematic review has shown the potential of this exercise in post-surgical pain management for cancer survivor patients (Wang et al., 2022). The authors mentioned that it significantly decreased dyspnea and anxiety among patients with acute heart failure in the emergency department (Srimookda et al., 2021). Based on this observation, we developed a pursed lip breathing exercise game in the VR application to help children with cancer manage their anxiety. The goal of the game was to blow on paper pinwheels to make them turn. At first, the paper mills were red, indicating the player must breathe in. Then, the paper mills turned green, signaling to the player to breathe out using the pursed lip breathing technique.

The VR headset posed challenges with the relaxation game because the headset could not natively detect whether the player was blowing due to the sound sensors being restricted to the side of the headset. Initially, we explored the use of small blowers but we found they required too much precision on the blowing direction and target. We needed a system that could be adapted to all, or at least most of the players. After considering different options, we decided to use a small fan attached to the headset via an adapted support (Figure 2.9). When the player blows on the fan, the noise produced by the spinning fan is detected by the sound sensors and transmitted as an input to the application, enabling blowing to be used as an interaction in the virtual world.

## 2.9 - Adapted fan and its use in the virtual reality game on a participant during data collection



### 2.5.4 - Characters

We invited each child to create their own virtual friend through a design process using visual aids such as color charts, shape sheets, and mood boards. Our animator, Estelle Guingo, worked with each child to create a character with details that matched the child's wishes. Children could create their own character by drawing. The goal was to create a unique character concept for each child based on their interests and preferences. The only constraint in creating the character was that it had to be bipedal, with two arms and a mouth to ease the two-day modeling /integration workflow. Children were also free to add a small object in one hand of the character if they wished, as it did not disrupt the workflow.

Once the virtual friend avatar concept was created with the child, their character was then brought to life through 3D modeling (Figure 2.10). We respected all the main shapes to create a friendly character that was true to the original concept, while also adhering to visual aesthetics. The character was then integrated into the 3D environment using our character integration checklist to speed up workflow. Once integration was complete, the character was ready to meet the child on both smartphone and VR applications. This multi-platform storytelling approach is called transmedia storytelling.

**2.10 - Characters and their 3D versions - From left to right: Cookie, Lapin, Kai, Arianna, Bobross**



## *2.6 - Discussion: Conceptual design and framework*

### 2.6.1 - Creating emotion with game design strategy

Videogames can be a source of vivid emotions and it is up to the game designer to enable players to feel these emotions through game design strategies (Hemenover & Bowman, 2018; Isbister, 2016). Therefore, we carefully designed an atmosphere for our VR game that created and optimized emotional responses in players. We selected colorful environments and wide-open spaces to elicit positive moods such as joy, as suggested by the circumplex model for color scripting model in video games (Geslin et al., 2016; Roohi & Forouzandeh, 2019). Additionally, we used stylized characters, as Scott McCloud (1994) suggested that abstract and stylized characters allow comics viewers to project more of themselves onto the characters without being distracted by details (McCloud, 1992). Furthermore, other research found that among American sign language participants, stylized signing avatars were more appealing than realistic ones (Adamo-Villani et al., 2016). This result could be explained by the Uncanny Valley Hypothesis (Mori et al., 2012), which suggests that people feel uncomfortable with characters that are not entirely realistic.

While Isbister (2016) underlines the capacity of a videogame to create emotions in players through the relationship with a non-player character, she also emphasizes the potential emotional impact of allowing players to control their character's appearance and actions. Hence, we enabled children to customize the design of their virtual friend in its entirety. We hoped this would evoke emotions and use the cognitive bias known as the "IKEA Effect."

### 2.6.2 - IKEA Effect: Creating a customizable, loving avatar-friend

Our multiplatform game features highly customizable avatars and we have taken customization to the next level by inviting each child to draw their own avatar-friend. However, we had one constraint to make the 3D integration workflow easier: each character must be humanoid, have two arms and two legs, and be standing upright.

With this participative creation workflow, we aimed to tap into a cognitive bias called the IKEA Effect. This bias is defined by Norton et al. (2012) as the higher valuation of one's own work. Participants in the study by Norton et al. (2012) were asked to build an object and to rate it against another similar object. Participants often valued their own object more, even if the second one was very similar. A second study with children aged between 3 and 6 years old concluded that the IKEA Effect is a cognitive bias observable from the age of 5 (Marsh et al., 2018). The IKEA Effect is sometimes associated with a negative connotation in marketing, because customers tend to over evaluate objects if they participated in their creation, leading them to overspend (Patyal, 2022). We believe this cognitive bias can be useful in creating interest and engagement in many activities, such as video games. If the created videogames are used for a serious purpose, such as healthcare gamification, the IKEA Effect could be a key factor in motivating children through difficult treatments and medical procedures.

Moreover, Hodent (2017) underlined the relevance of the IKEA Effect in satisfying players' need for autonomy, improving intrinsic motivation and increasing engagement in video games. Therefore, we decided to offer children the opportunity to customize their therapeutic distraction intervention to call upon this cognitive bias and try to promote engagement and motivation.

### 2.6.3 - Transmedia storytelling: From paper to smartphone to VR, the story continues

Transmedia storytelling is a technique used to tell a story through multiple platforms. Each platform adds a unique dimension to the story (Jenkins, 2017). This approach is often used in marketing and entertainment strategies to appeal and engage new audiences (Schiller, 2018). A typical example of transmedia storytelling is the “Star Wars” film franchise. “Star Wars” lore transcends the movies by including comics, books, video games, and other media, that provide fans with additional storylines and deeper insight into the “Star Wars” universe (Guynes & Hassler-Forest, 2017). Other movie franchises, like “Lord of the Rings” and “The Matrix,” have also embraced transmedia storytelling (Brown & Waterhouse-Watson, 2016; Jenkins, 2010). The main goal of transmedia storytelling is to appeal and engage audiences by encouraging their participation across multiple platforms. It also introduces possibilities for storytellers to offer more storylines that are not necessarily first-plan stories, but rather are complementary stories adding more depth to the franchise. The evolution of new technologies has improved and transformed the way transmedia storytelling can engage and communicate with their audience (Schiller, 2018). In our case, we aimed to use transmedia storytelling to create engagement, interest, and motivation in the therapeutic intervention and medical treatment. Additionally, we aimed to create positive memories for patients to help reduce hospital-related anxiety.

Each device had its own benefits for the project. One of the main characteristics of VR is its ability to transport the player to a different world through visual and auditory cues. This allows game designers to create immersive environments, where players can interact with virtual objects and non-player avatars. Immersion has been a topic of discussion among researchers for years, with some seeing it as a device’s capacity (Slater et al., 2018), while others view it as a state of mind (Jennett et al., 2008; Murray, 1997; Tekinbas & Zimmerman, 2003). Calleja (2011) noted that while there is an

agreement on the importance of immersion in the player's experience, confusion remains over the meaning of "immersion," and its close relative, "presence." To clarify the concept, he divided the definition of immersion into two sub-definitions: immersion as absorption and immersion as transportation, emphasizing the importance of specifying which definition is used in a study (Calleja, 2011). For the present study we chose to adopt Jennett's et al. (2008) view of immersion as a state of mind and Calleja's immersion as an absorption state (2011).

In the same vein, Mutterlein (2018) brings a fresh perspective on the immersion/presence debate, which complements the definition. In his study, he presented immersion as a subjective psychological experience that is provided by and limited by the capacity of a technological system but must be measured on a subjective level. This definition links immersion to the capacity of the device, but also acknowledges the idea of a state of mind and a subjective experience (Mütterlein, 2018). This is similar to Jenett's definition, of immersion as "the subjective experience of feeling totally involved in and absorbed by the activities conducted in a place or environment, even when one is physically situated in another." He differentiates the concept of presence from immersion, seeing presence as the feeling of being in another place in VR. He also positively links both concepts to interaction, stating that interactivity positively affects presence and immersion, and presence positively affects immersion. Finally, he suggests that immersion positively influences satisfaction. These concepts are fundamental in using VR as a tool to help manage both pain and anxiety.

Virtual reality also offers a high level of interactivity, allowing players to interact with objects and characters and receive virtual feedback in the virtual environment. This is a crucial component of a player's experience, contributing to satisfaction and engagement (Hudson et al., 2019). Hudson et al. (2019) confirmed that Belk's social

concept (Belk, 1988) is applicable in virtual environments. Belk and Hudson identified three key concepts that support a satisfying virtual experience: things, surroundings, and other people. The first concept, things, refers to the interaction made possible by VR controllers and an interactive environment. The second concept, surroundings, relies on the sense of immersion that VR provides. The third concept, other people, refers to the social interactions that can take place within the game.

Inspired by the third concept, we provided each child with a virtual friend to interact with, empowered by IKEA Effect cognitive bias (Norton et al., 2012) to enhance the social aspect of our VR experience.

The use of VR comes with benefits, but it also has some drawbacks. One significant issue is the potential for side effects, such as headaches, nausea, and/or dizziness, commonly referred to as, “cyber sickness” (Caserman et al., 2021; Zhang, 2020). There is no consensus on the maximum duration of VR gameplay, but some studies have found high rates of early drop out due to VR side effects. For example, Merhi et al. (2007) showed that 59% of subjects (10 of 17) stopped playing a VR action game after only an average play time of 14 minutes (Merhi et al., 2007). Moreover, Davis et al. (2015) found that 42% (10 of 24) of participants stopped playing a rollercoaster game after an average of 5 minutes due to motion sickness, which is most likely due to the player moving around in the virtual world while their body remained stationary (Davis et al., 2015).

To address cybersickness, we created scenarios that lasted between five and eight minutes and disabled the player’s ability to move around in the virtual world. Additionally, we developed a transmedia storytelling approach that allows the patient to continue the experience on a smartphone application and reduce the likelihood of side effects. Transmedia storytelling enables the patient to bring their virtual friend



anywhere, even in places that are not VR friendly. Patients could also choose from a variety of different games and activities depending on mood.

Furthermore, our transmedia storytelling approach synchronized the two devices and tracked players' habits and story details across both applications. For example, players could customize their character's appearance in the smartphone application and view those changes when they met their virtual friend in VR. These possible customizations offered players more autonomy and control over their character, which may increase their engagement and motivation as Hodent (2017) has argued.

#### 2.6.4 - Gamification strategies to improve children's engagement and motivation

To enhance gamification, we aimed to improve what Hodent (2017) referred to as, "engage-ability," which consists of three key pillars: motivation, emotion, and game flow. Of these pillars, motivation appears to be at the core, with emotion and game flow supporting it. Motivation can be divided in two types: intrinsic and extrinsic.

Intrinsic motivation is not driven by rewards, but rather by the inherent satisfaction of the activity itself (Hodent, 2017). To consider motivation, we used the Self-Determination Theory, which posits that intrinsic motivation is based on three needs: autonomy, relatedness, and competence (R. M. Ryan & Deci, 2020). Autonomy is all about choices, self-expression, and free will. As was previously mentioned, we provided autonomy by enabling players to create their own virtual friend, have access to accessories, play minigames, and through the IKEA Effect cognitive bias. Relatedness is associated with the possibility of social interaction which we aimed to provide through our virtual character. Although there are differences in social benefits between real players and non-player characters (Isbister, 2016), we aimed to create a

meaningful social connection with our virtual friend. Competence refers to the ability of controlling the environment, which is achievable in VR when it presents a high level of interactivity, many control opportunities, and feedback.

On the other hand, extrinsic motivation is purely related to rewards (Hodent, 2017). In our game design process, one of the main focus was developing strategies to improve child engagement and motivation through transmedia storytelling and minigames. With this in mind, we created games that offered useful rewards to the player. For instance, in VR, users can play a “shoot’em all” game with a water gun and bubbles to unlock new fishes in the aquarium located in the smartphone application’s living room. Additionally, we designed an experience and level system in the application where the more the player took care of their character, the more they unlocked new foods and accessories.

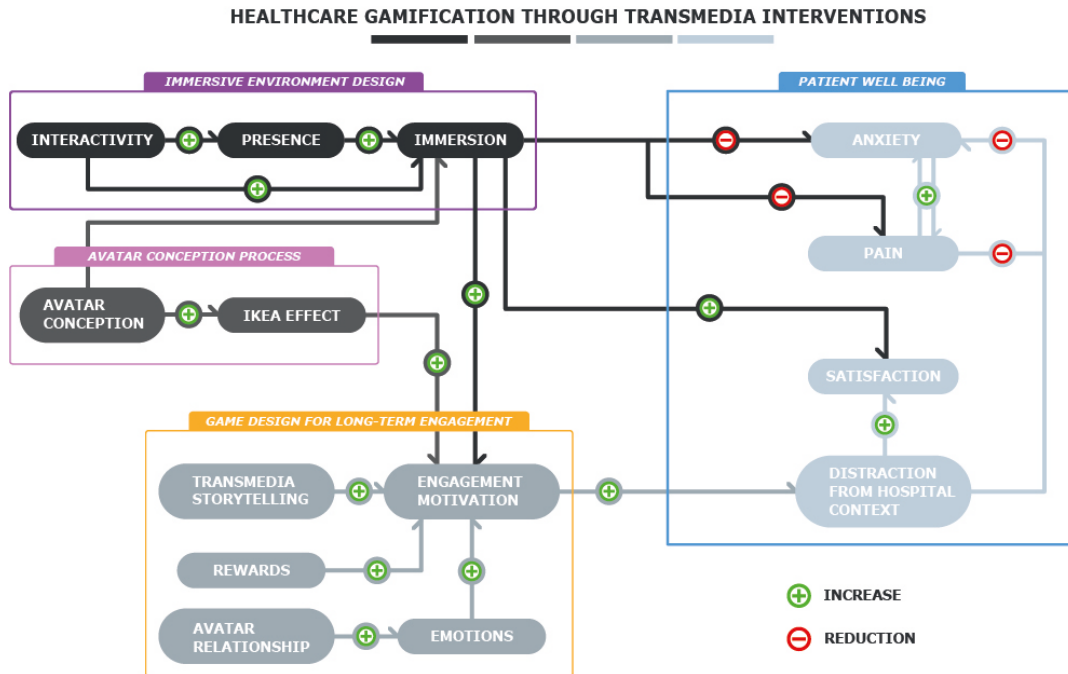
Although motivation appeared to be the core pillar for game engage-ability (Hodent, 2016), it was supported by both emotions and game flow. Game flow is a psychological state where the player is entirely focused on the game, providing them feelings of fulfillment and joy (Isbister, 2016). This state is very similar to immersion, where players lose track of time and external stakes (Chen, 2007). We believe that optimizing immersion can lead to a game flow state for players, thereby increasing engage-ability, engagement, and motivation. Finally, all these concepts combine to form our hypothetical healthcare gamification framework, which aims to reduce pain and anxiety management.

### 2.6.5 - Hypothetical healthcare gamification framework

Given the current lack of healthcare gamification frameworks for pain and anxiety management through transmedia serious games, we developed a hypothetical framework that aims to link all the concepts we have discussed in the previous section (figure 2.11). By implementing the game strategies, we have described, our goal is to reduce the pain and anxiety that are experienced by children with cancer daily, while also optimizing healthcare satisfaction.

The first step in our framework was to create an immersive environment that optimized immersion through interactivity and the sense of presence to bring the player into a state of flow. Our avatar conception allowed us to use the IKEA Effect cognitive bias to create engagement and motivation, while also allowing the player to develop a special relationship with their character, evoking emotions. Our prototype was also based on transmedia storytelling and rewards to create engagement and motivation, thereby increasing patients' well-being by reducing pain and anxiety, as well as increasing satisfaction.

## 2.11 - Healthcare gamification through transmedia intervention hypothetical conceptual framework



## 2.7 - Conclusion

In the field of healthcare gamification, research often focuses on the efficacy (Xiang et al., 2021) or acceptability and feasibility (Osmanlliu et al., 2021) of digital interventions, with little attention paid to the game content itself. However, studying game content is crucial as these games are tools in research projects and should be evaluated in the same way as measurement scales. For example, if a patient is not immersed enough or if the content is not age-appropriate, this could explain mixed results or insignificant effects. Furthermore, integrating content study in qualitative research can help identify areas for improvement to optimize the efficacy of serious games. This article aimed to provide a content study of the game used in the AVATAR research project. AVATAR is a research project aiming to study pain and anxiety

management through unique avatar conception for children with cancer. For this purpose, we developed a multiplatform game: “A Friend for Life.”

“A Friend for Life” is a multiplatform game in smartphone and VR based on unique avatar conception for each player. This serious game has been developed through both design thinking and a co-design creative process to help children in hemato-oncology manage their everyday pain and anxiety. Applications have been optimized to fit performance constraints and stay synchronized through cloud database connection, which allows transmedia storytelling.

From a game design perspective, optimizing immersion is crucial in increasing player motivation. A high sense of presence and interactivity are key factors in achieving a state of flow. The game’s conceptual design also focused on evoking emotions through various game design strategies and creating a strong player-character relationship to increase engagement. The co-design of the avatar aims to create a sense of attachment between the child and their character using the IKEA Effect cognitive bias and to engage the player even further. Motivation strategies such as rewards and transmedia storytelling are used to increase player engagement and create a desire to continue playing. Immersion optimization and distraction from the hospital environment also contribute to the management of pain and anxiety, as well as increase satisfaction in both the child and their parents.

### *2.8 - Limitations*

This paper aimed to present the serious game, “A Friend for Life,” as part of the AVATAR research project and the key creative and methodological concepts

supporting the project. It is important to acknowledge some limitations, such as the need for character modeling for each participating child and the time-consuming workflow. Therefore, the actual prototype is not ready for large-scale quantitative evaluation. However, potential solutions such as using “The Sims”-like customization or automatic coloring book texturing (Magenat et al., 2015) are being explored to address these limitations and can be used in future studies and pilot projects.

### *2.9 - Acknowledgments*

We would like to thank Christine Genest, Pascal Bernier, Alexandra Desjardins, Leon Dupuis, Marie-France Langlet and Dr. Michel Duval for their involvement in the development process. Also, we would like to acknowledge the work of Marie Galopin and Annie Lahaye in the recruitment of participants at the Sainte-Justine Hospital in Montreal, Canada.



**CHAPITRE 3 -**  
**PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT CO-DESIGN D'UNE APPLICATION**  
**MULTIPLATEFORME BASÉE SUR LA CONCEPTION D'AVATARS**  
**UNIQUES ET PERSONNALISÉS: UN AMI POUR LA VIE**

Ce chapitre présente l'approche méthodologique en recherche-création utilisée pour le développement du prototype multiplateforme « Un Ami pour la Vie ». Notre approche, qui s'inspire de la recherche-action, du design thinking et du co-design, nous a permis de créer un prototype spécifiquement adapté au contexte hospitalier, en prenant en compte les besoins des patients et en respectant les critères d'optimisation et de conception d'un jeu vidéo immersif.

La recherche-création est un domaine encore jeune, et les méthodologies de recherches qui lui sont associées sont très variées. Cette émergence laisse place à de nombreux débats quant à la rigueur méthodologique et l'apport épistémologique de telles pratiques de recherche (Provost, 2022). Au cours des dernières décennies, nous avons observé l'émergence de professeurs-chercheurs-artistes qui ont adopté une démarche de recherche-création. Cette effervescence artistique en milieu universitaire a engendré de nombreux débats épistémologiques et méthodologiques qui sont encore bien présents aujourd'hui. Lorsque l'on analyse les approches utilisées en recherche-création, on observe beaucoup d'itérations différentes, tant dans la littérature anglophone que francophone (L.-C. Paquin & Noury, 2018). De plus, les équivalents français-anglais manquent d'unicité et rendent la compréhension du domaine et la consolidation méthodologique difficiles (L.-C. Paquin & Noury, 2018).



Enfin, les débats soulèvent notamment la question de la pertinence de l'utilisation du terme « recherche » pour la création artistique. Certains artistes-chercheurs soutiennent que la recherche scientifique et ses méthodes ne permettent pas de saisir l'élan et le sens présents dans l'art. Ils estiment que la création artistique se dédouanerait ainsi de la structure rigide qui dirige habituellement les projets de recherche académique. Gosselin & Le Coguiec (2006) affirment que la création artistique et l'œuvre se suffisent à elles-mêmes en tant que forme et résultat de recherche. Selon certains auteurs, la recherche-crédation est une recherche conduite par l'artiste-chercheur sur ses propres agirs et son propre ressenti (Boutet, 2018; Gosselin & Le Coguiec, 2006). La création est alors à la fois objet d'étude, sujet et contexte (Bruneau, 2006) et la connaissance produite est une expérience de l'être (Boutet, 2018). Certains auteurs critiquent sévèrement le manque de rigueur méthodologique des projets de créations artistiques issus du milieu académique (Findeli & Coste, 2007; Stévance, 2012). Stévance (2012) ouvre néanmoins la voie aux artistes-chercheurs et fait remarquer qu'une équipe pluridisciplinaire peut contribuer à renforcer la rigueur méthodologique d'un projet en recherche-crédation.

C'est dans cette perspective et ayant pour objectif de consolider les méthodologies de recherche-crédation que s'inscrit ce projet doctoral. Dans un premier temps, l'objectif était, d'établir une rigueur méthodologique de recherche en intégrant à notre approche les principes de la recherche-action. Dans un second temps, il s'agissait de concevoir un processus créatif rigoureux de prototypage soutenu par un cadre conceptuel.

Lorsque l'on s'intéresse au développement des jeux sérieux et leur utilisation, on constate un manque d'informations concernant les différents processus de conceptions suivis. Il est difficile de trouver des vidéos extraites de jeux sérieux, voire de simples images. Il semble pourtant crucial, lorsque l'on étudie un outil et ses effets sur l'utilisateur, d'avoir en main toutes les caractéristiques de cet outil, encore plus

lorsqu'il est utilisé pour le domaine médical. Dans le cas d'un jeu vidéo sérieux, il peut par exemple être intéressant de connaître les différentes mécaniques de jeux et les interactions possibles afin de vérifier son adéquation avec la population ciblée. Il peut aussi être pertinent de connaître les méthodes d'optimisations utilisées afin de réduire le cyber-malaise de l'utilisateur.

De plus, connaître le processus de conception d'un jeu sérieux utilisé comme outil au service de la recherche peut permettre de détecter des biais de conception ou des conflits d'intérêts. Un design de conception centré sur le joueur permet aux développeurs de créer un jeu qui correspond aux besoins de sa cible (Hodent, 2017). Dans notre cas, nous avons choisi de fusionner ce processus avec une approche de co-design en impliquant l'utilisateur final dans la conception de son personnage-ami. Notre méthodologie de recherche s'inspire donc de la recherche-action, du Design Thinking et du Co-Design.

### *3.1 - Méthodologie de recherche-crédation*

#### *3.1.1 - Intégration dans un cycle de recherche-action*

Notre approche de recherche s'inspire tout d'abord des principes de la recherche-action. Cette approche repose sur un point de vue pragmatique-interprétativiste. La recherche-action repose essentiellement sur la collaboration avec des représentants de la communauté à l'étude, que l'on considère comme des collaborateurs de recherche. Cette collaboration née généralement d'un besoin de changement dans les conditions de vie au sein d'une communauté (Berg et al., 2018; MacDonald, 2012). Dans notre

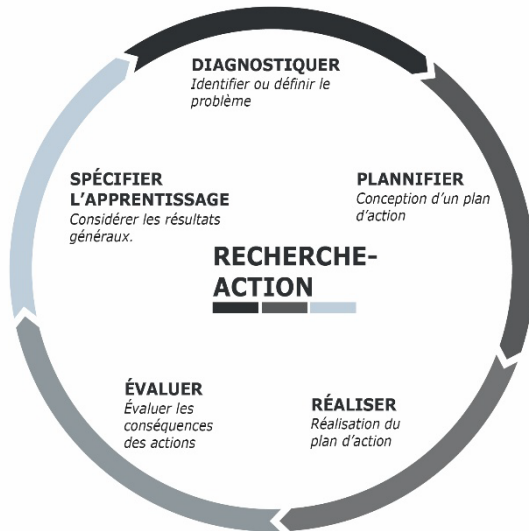
cas, plusieurs représentants et experts de la communauté à l'étude ont été impliqués afin de couvrir toutes les disciplines intégrées au projet.

La première expertise couverte est la santé et elle est assurée par un médecin en hématologie pédiatrique, un infirmier et deux chercheuses en sciences infirmières. Par la suite, une psychologue de l'enfance a été intégrée à l'équipe. Ces deux groupes de professionnels nous ont permis de mieux comprendre les enjeux logistiques relatifs à l'utilisation des technologies en contexte hospitalier, ainsi que de valider les contenus relativement au public cible. L'équipe a également accueilli deux personnes ayant une expérience de vie pertinente : un ancien patient en oncologie pédiatrique (patient partenaire) et un parent d'un ancien patient en oncologie pédiatrique (parent partenaire). Ces deux partenaires ont pu exprimer leur point de vue sur le contenu vidéoludique des prototypes et apporter leur vision de la réalité des patients, de leur famille et de leur vie à l'hôpital. Enfin, la dernière partie de l'équipe était composée d'experts en nouvelles technologies et en processus créatifs, chargés de développer le prototype et d'anticiper les difficultés techniques. Cette partie de l'équipe intègre quatre chercheurs aux expertises variées : conception de jeux vidéo, conception d'expériences immersives, stratégies créatives et sciences informatiques cognitives. Cette approche nous a permis de constituer une équipe multidisciplinaire où chaque expertise se complète et contribue à faire progresser le projet.

L'objectif de la collaboration au sein du processus de recherche-action est d'apporter un changement grâce à l'*empowerment* de la population ou de ses représentants (MacDonald, 2012). Ce processus se déroule de manière cyclique, où les chercheurs définissent leurs objectifs et problématiques, planifient puis mettent en œuvre des actions, évaluent les apports positifs ou négatifs de leurs actions, puis identifient la création de connaissances (figure 3.1). À la suite de ces actions, le cycle peut

recommencer pour améliorer les actions précédentes ou tenter de résoudre d'autres problèmes.

### 3.1 - Cycle de recherche-action



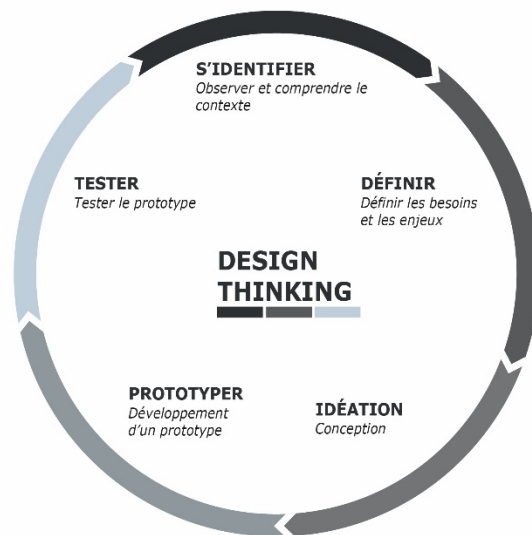
C'est au cœur de ce cycle de recherche-action que s'intègre notre processus de conception inspiré du Design Thinking et du Co-Design.

#### 3.1.2 - Processus de création : Design Thinking et Co-Design

Dans le cadre de notre approche en recherche-création, notre devis méthodologique s'inspire fortement des processus de création utilisés en Co-Design et en Design Thinking. Le Design Thinking est un processus créatif cyclique qui place l'utilisateur au cœur du développement d'un prototype (Hodent, 2017). Il s'agit d'une approche centrée sur l'humain (*eng. human-centered*) (Norman, 2013), ou plus spécifiquement centrée sur le joueur dans le cas du jeu vidéo (Fullerton, 2014). Cette approche permet

de vérifier que tous les besoins de l'utilisateur sont comblés et que le prototype offre une expérience compréhensible, positive, agréable et stable (Norman, 2013). Le cycle du Design Thinking est similaire à celui de la recherche-action, à l'exception qu'il intègre une étape de prototypage et de test utilisateur. Les premières étapes du Design Thinking consistent à comprendre une situation et à en définir les enjeux. Par la suite, il faut rassembler toutes les possibilités et choisir celle qui semble la plus efficace. Enfin, un prototype est créé et testé. Les résultats des tests utilisateurs alimentent un nouveau cycle de Design Thinking, permettant ainsi de créer un prototype amélioré de façon itérative et incrémentale (figure 3.2).

3.2 - Cycle du Design Thinking



Dans notre cas, les tests utilisateurs ont été réalisés auprès de notre équipe de recherche et d'enfants en bonne santé. Ces échanges nous ont permis d'optimiser le prototype en tenant compte des enjeux spécifiques au contexte hospitalier, à la réalité du terrain et aux besoins des enfants de manière générale. Nous avons pu observer les difficultés rencontrées par les enfants lors des interactions, notamment en réalité virtuelle. Le

cycle de Design Thinking a été répété jusqu'à ce que nous obtenions un prototype au contenu adapté, satisfaisant et technologiquement stable. La recherche de stabilité du contenu en réalité virtuelle était essentielle lors de la phase de prototypage, car cette instabilité peut créer de la frustration chez le joueur. De plus, un contenu mal optimisé peut réduire la fréquence d'images du jeu et provoquer des cyber-malaises. Une fois le prototype stable, nous avons réalisé une mise à l'essai à l'hôpital de Ste-Justine à Montréal, en utilisant une approche de co-design et une méthodologie qualitative, dont les détails seront présentés dans le chapitre suivant (cf. CHAPITRE 4). Le co-design implique la participation de personnes qui ne sont pas nécessairement familières avec les processus créatifs (Dubois et al., 2016; Zamenopoulos & Alexiou, 2018). Cette approche nous a permis de créer des avatars personnalisés pour chaque enfants grâce à un atelier de dessin, puis de tester le jeu et de recueillir des résultats qualitatifs. Au cours des prochaines années, ces résultats pourraient potentiellement déclencher un nouveau cycle de développement qui permettrait d'améliorer le prototype utilisé dans le cadre de ce projet doctoral.

### *3.2 - Lexique technique*

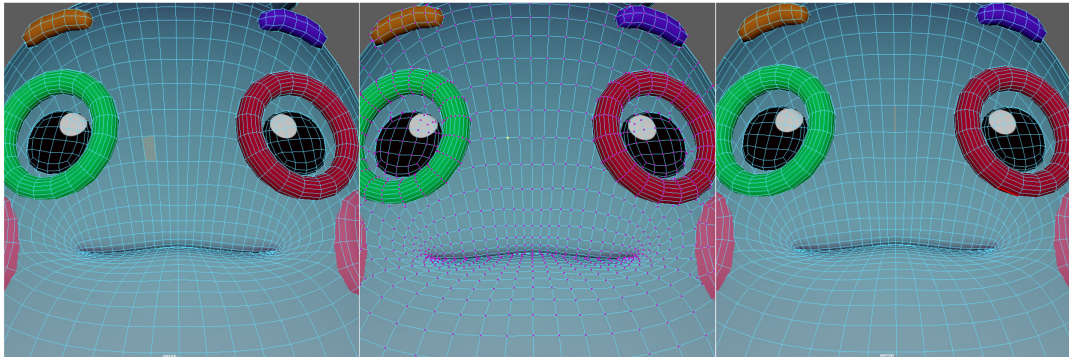
Cette thèse multidisciplinaire s'adresse à la fois aux domaines de la création numérique, de la santé et de la gestion de la douleur et de l'anxiété. Par conséquent, elle utilise des termes technologiques et créatifs, parfois techniques, qui doivent être expliqués pour mieux comprendre les enjeux de développement du prototype. La présente section a pour objectif de préparer la lecture des prochaines sections en définissant les différents

termes techniques de la création numérique et de la programmation nécessaires à la compréhension<sup>2</sup>.

### 3.2.1 - Modèle de maillage

Un modèle de maillage, aussi appelé modèle ou modèle 3D, est une représentation informatique en 3 dimensions d'un objet. Cette représentation est composée de points (eng. *vertices*), d'arrêtes (eng. *edges*) et de faces (eng. *faces*) (figure 3.3). Les faces sont aussi appelées polygones. Un polygone a généralement 4 côtés et peut être divisé en deux triangles.

#### 3.3 Différents composants d'un modèle 3D : Le polygone (eng. *face*), le point (eng. *vertex*) et l'arrête (eng. *edge*)



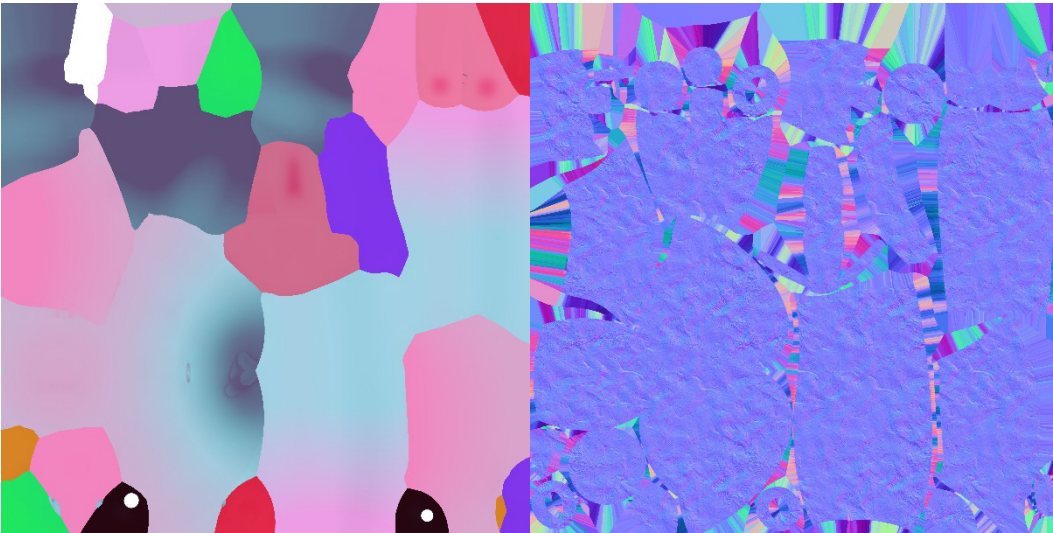
---

<sup>2</sup> Pour plus d'informations sur les termes voir:

### 3.2.2 - Texture

La texture est une image bidimensionnelle contenant les détails relatifs à l'apparence d'un objet. Les informations contenues dans ces fichiers sont diverses et leur apparence varie en fonction de la propriété qu'elles visent à modifier (figure 3.4). Elles sont intégrées à un matériau responsable de transformer les informations 2D en propriété optiques.

**3.4 Deux textures pour le modèle 3D du personnage de test Jack: à droite la texture responsable de la couleur (*Albedo Map* ou *Diffuse Map*), à gauche celle responsable des reliefs simulés par la lumière (*Normal Map*)**

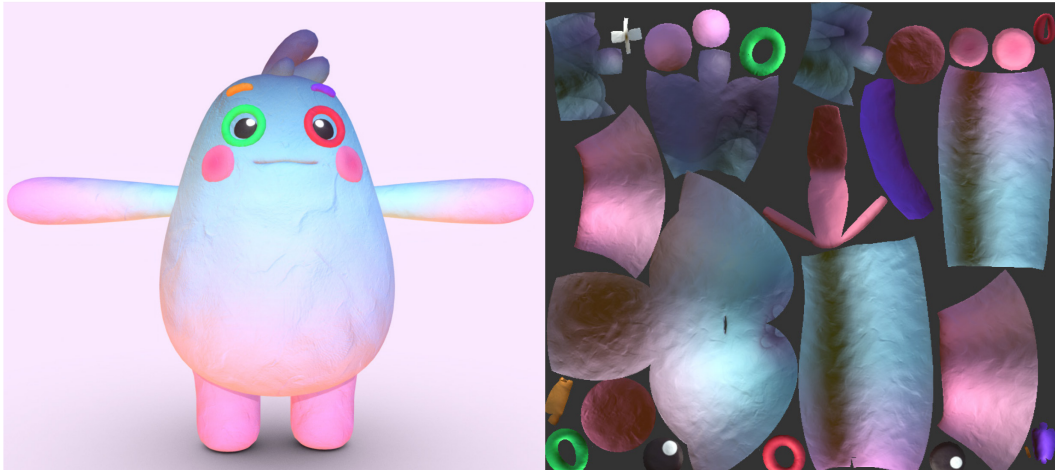


### 3.2.3 - Matériau

Le matériau (*eng. Material*) est responsable des propriétés optiques de la surface de l'objet modélisé (reflets, transparences, rugosité etc.) (figure 3.5). Il est composé de différentes textures contenant les informations relatives aux propriétés optiques.



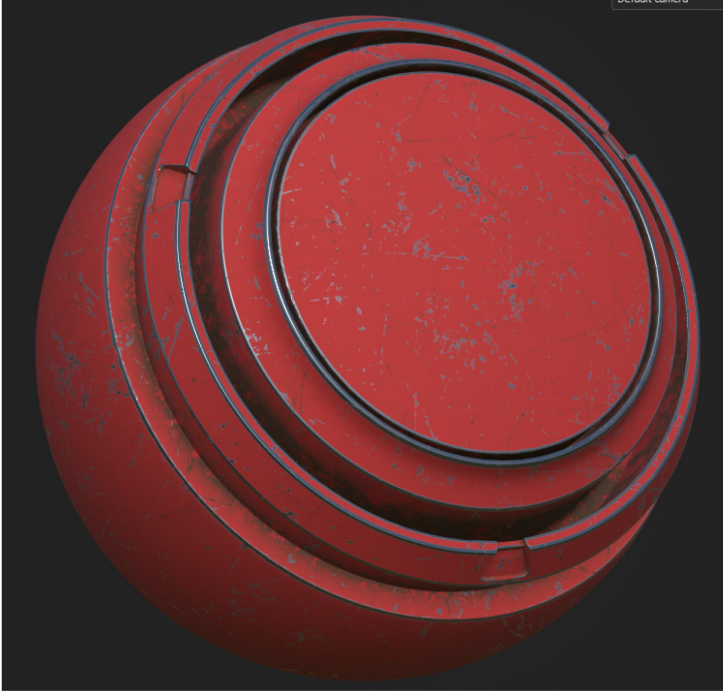
**3.5 Personnage Jack avec son matériau, à droite le matériau en 2D, résultat de la fusion des textures.**



**3.2.4 - Matériau adaptable**

Le terme matériau adaptable (*eng. Smart Material*) désigne un matériau qui s'adapte au modèle de maillage et à ses détails (figure 3.6). Ces matériaux sont disponibles sur le logiciel Adobe Substance Painter bien que des équivalents soient peut-être disponibles sur d'autres logiciels. Ils sont créés à partir d'un processus appelé *texture baking* qui consiste à projeter les informations d'éclairage sur le *UV map* d'un modèle. Le *UV map* est une mise à plat du modèle, semblable à un origami, qui prépare le processus de *texturing*.

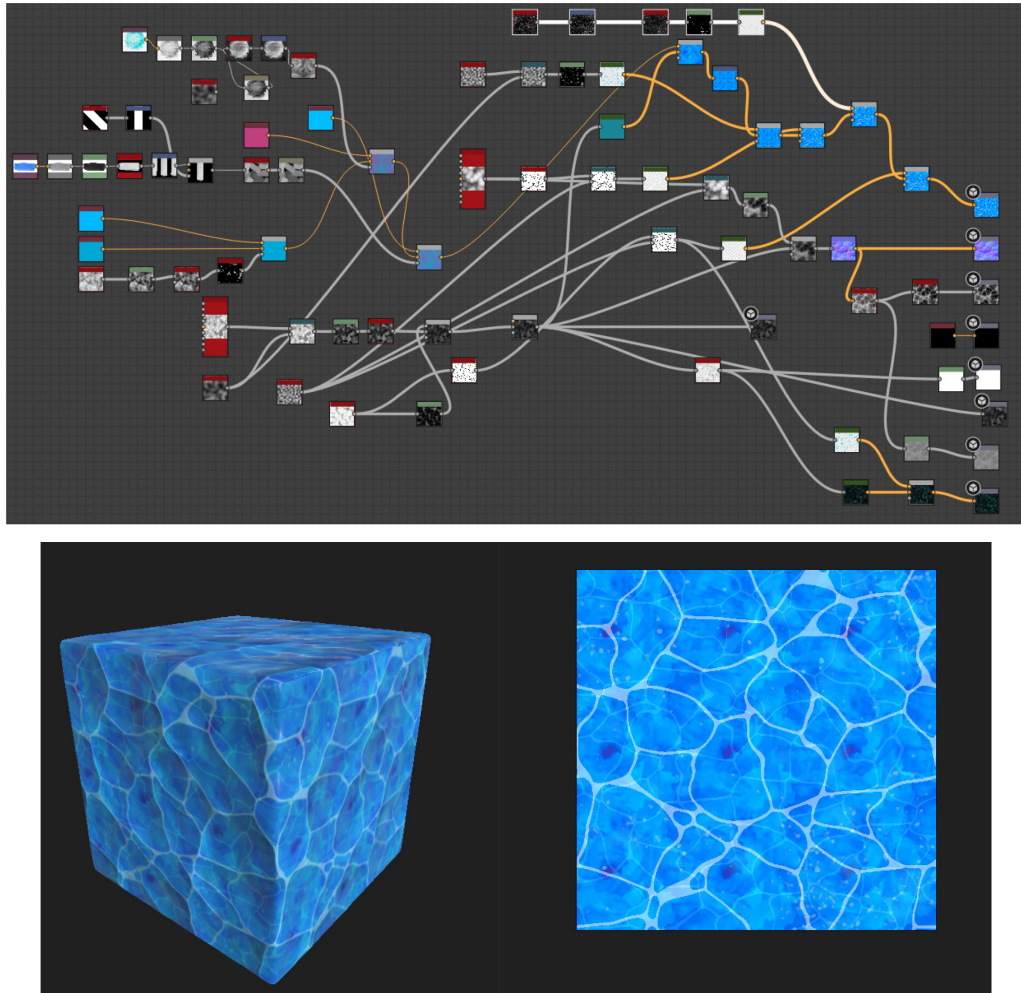
**3.6 Matériau adaptable "Steel Painted" d'Adobe Substance 3D Painter, on peut observer que le matériau est modifié en fonction des tranches.**



### 3.2.5 - Matériau procédural

Un matériau procédural est créé en utilisant des textures générées par un algorithme de génération procédurale (figure 3.7).

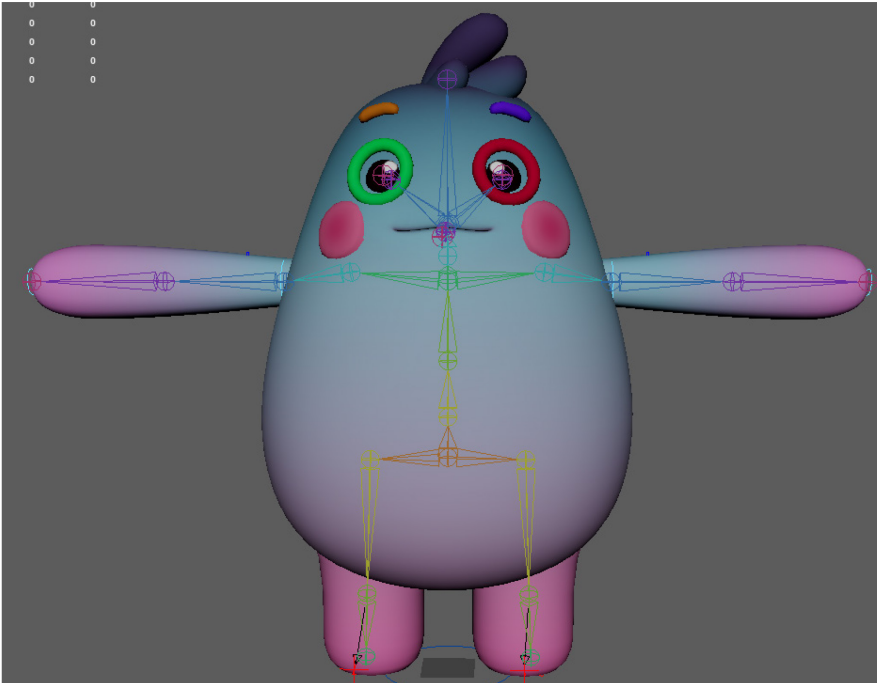
**3.7 Processus de création d'un matériau procédural, en haut l'arborescence créé dans le logiciel Adobe Substance Designer, en bas à droite le matériau, à droite la texture de couleur (*Albedo Map* ou *Diffuse Map*).**



### 3.2.6 - Rig

Un *rig* est un squelette de contrôle virtuel permettant d'animer un modèle de personnage dans un environnement virtuel (figure 3.8).

### 3.8 Personnage Jack avec son rig



#### 3.2.7 - Blendshape

Le *blendshape*, également connu sous le nom de *morph target*, est un outil de modélisation 3D permettant d'appliquer une transformation prédéfinie aux points constituant un modèle. Cette transformation est généralement réalisée à l'aide d'une copie d'un modèle modifié (figure 3.9). Le *blendshape* permet d'interpoler la position des points et de contrôler l'intensité de la transformation.

### 3.9 Modèles modifiés pour blendshapes



#### 3.2.8 - Capture de mouvement

La capture de mouvement (eng. *Motion Capture*) est une technique d'animation basée sur l'enregistrement en temps réel des mouvements d'un acteur. Cette technologie est basée sur l'utilisation de capteurs inertiels, de marqueurs optiques ou de marqueurs LED.

#### 3.2.9 - Retargeting

Le *retargeting* est le processus de transfert des animations d'un rig à un autre.

#### 3.2.10 - Programmation orientée objet

La programmation orientée objet est un paradigme de programmation informatique dont le but est d'intégrer les données et leur traitement dans des composants

réutilisables appelés objets. Un objet réfère généralement à une entité réelle, un concept clé ou une idée.

### 3.2.11 - Classe

En programmation orientée objet, une classe regroupe les membres, méthodes et propriétés d'un objet.

### 3.2.12 - Patron de conception

En informatique, les patrons de conception (eng. *Design pattern*) sont des modèles d'organisation largement reconnus comme des bonnes pratiques dans le développement de logiciels.

## 3.3 - *Contraintes de développement*

Avant d'aborder le développement du jeu, il est pertinent de s'intéresser aux contraintes qui ont influencé ce processus. Ces contraintes, désignées par la littérature scientifiques ou observées sur le terrain par les membres de l'équipe, ont rythmé et orienté la conception et le développement du prototype « Un ami pour la vie ».

### 1.1.1 Enjeux en contexte hospitalier

Les premiers enjeux qui ont émergé de nos réflexions et de nos recherches gravitent autour du contexte hospitalier et du personnel infirmier. L'utilisation du casque de réalité virtuelle ne devait pas entraver le travail des professionnels de la santé et s'intégrer harmonieusement à leur contexte de travail. Ces professionnels sont souvent très peu familiers avec les technologies de réalité virtuelle (Son et al., 2022), et il était primordial de ne pas leur donner la responsabilité de la gestion des problèmes techniques. De plus, la distance séparant les experts en technologie du lieu de la collecte de données (Rouyn-Noranda – Montréal) a imposé la création d'un prototype exempt de toute instabilité technologique et dont les erreurs et problèmes avaient été anticipés et corrigés. Dans cette optique, de nombreux tests utilisateurs consistant à pousser les limites du jeu ont été réalisés.

Par ailleurs, l'une des principales instabilités techniques identifiées par l'équipe concernait le réseau internet de l'hôpital, qui était inutilisable en raison des contraintes de cybersécurité et de restrictions imposées par les administrateurs du réseau. Afin de contourner ce problème, la communication entre les deux appareils a été établie à l'aide de routeurs externes installés dans chacune des chambres des participants.

### 1.1.2 Population cible

La population ciblée par notre recherche comprend les enfants âgés de 6 à 17 ans hospitalisés en hématologie-oncologie, qui parlent, comprennent et écrivent le français. L'étendue de ce rang d'âge a été déterminée en raison de l'absence de littérature scientifique soulignant l'importance de l'adaptation des contenus en jeu sérieux en

fonction de l'âge des utilisateurs. Bien que cette considération puisse paraître logique, la littérature existante ne traite pas de manière approfondie de cet enjeu, élargissant ainsi la portée de notre projet.

Cet enjeu a influencé la conception des mécaniques de jeux et des interactions, notamment en RV, qui devaient être compréhensibles pour l'ensemble de la tranche d'âge. L'environnement hospitalier dans lequel évoluent les enfants, avec des interventions anxiogènes telles que la pose de cathéter et la restriction des mouvements qu'elle implique (Pas de tour sur soi-même, par exemple.), ainsi que l'espace restreint que présente une chambre d'hôpital, ont également restreint le champ des possibilités concernant les interactions en réalité virtuelle. De plus, les traitements subis en hématologie, notamment les greffes, présentent régulièrement des effets secondaires qu'il ne fallait pas aggraver par les cyber-malaises liés à l'utilisation de la RV.

### 1.1.3 Réalité virtuelle et cyber-malaise

Tel qu'exposé dans l'introduction de cette thèse, la réalité virtuelle présente à la fois une grande flexibilité technologique, mais impose quelques contraintes à prendre en compte lors du développement de jeux sérieux. Dans notre cas, la contrainte majeure qu'est le cyber-malaise est particulièrement amplifiée en raison de la population cible sujette à des effets secondaires liés à des procédures ou traitements médicaux. Afin de réduire les possibilités de cyber-malaise, nous avons fait le choix de limiter les déplacements dans le monde virtuel. Cette décision permet également de simplifier les interactions avec l'environnement virtuel et de mieux contrôler les agissements du joueur, évitant ainsi les comportements aléatoires pouvant entraîner de l'instabilité technique. Enfin, l'optimisation maximale des environnements a permis de réguler la fréquence d'affichage et de répondre au mieux aux limitations en polygones et d'appels



à référence (eng. *draw call*) imposées par les technologies mobiles que nous avons choisies.

#### 1.1.4 Limitations liées aux technologies mobiles

Afin simplifier la logistique liée à la gestion d'un ordinateur dédié à la réalité virtuelle pour chaque enfant, nous avons fait le choix d'utiliser l'Oculus Quest 2, un casque mobile dernière génération (mai 2022), pour nos participants. Cette mobilité, associée à un logiciel de gestion de flotte (ArborXR<sup>3</sup>), a réduit le besoin de gestion des casques, puisqu'une fois le casque allumé, il suffisait de le placer sur la tête de l'utilisateur pour que le jeu se lance de manière autonome. Par ailleurs, l'application mobile a été installée sur un téléphone intelligent Google Pixel 4, présentant un bon équilibre prix/performances. Les deux appareils (Oculus Quest 2 et Google Pixel 4) présentent des limites similaires en termes d'affichage et d'instanciation, ce qui a facilité notre processus de modélisation 3D puisque les modèles pouvaient être utilisés sur les deux supports.

#### 1.1.5 Limitation en ressource humaine

Le développement d'un jeu vidéo implique généralement une équipe de plusieurs développeurs et artistes, parfois comptant des dizaines de membres, répartis en équipes

---

<sup>3</sup> ArborXR est un logiciel de gestion de flotte permettant de gérer le contenu et le comportement de plusieurs casques de réalité virtuelle et appareils mobile. Voir : <https://arborxr.com/>

de spécialisations. Cette structure organisationnelle permet d'accélérer le processus de conception et de créer des jeux avec un contenu varié et une durée de vie généralement longue. Cependant, dans le cas présent, l'équipe de développement était réduite à deux personnes : un développeur et une artiste 3D/Intégratrice. Il était donc crucial de choisir les meilleurs outils pour créer un flux de développement efficace permettant d'obtenir un prototype stable dans un délai raisonnable. De plus, le cœur de l'intervention reposait sur la conception d'avatar-ami personnalisés pour chaque enfant. Cette conception et son intégration sur le terrain devaient être rapides (environ 2 jours), il était donc primordial de préparer ce processus en amont. Dans cette perspective, des directives artistiques et techniques claires ont été définies afin d'anticiper et de contourner les problèmes techniques potentiels.

### *3.4 - Conception Visuelle*

#### 3.4.1 - Inspirations

L'un des objectifs créatifs lors du développement du prototype était la conception d'environnement optimisés pour les technologies utilisées afin d'éviter les effets secondaires et de définir un style visuel unique pour le projet. Dans cette perspective, la modélisation de la plupart des environnements virtuels a permis d'assurer une optimisation polygonale des éléments en tenant compte des performances limitées des deux appareils utilisés, tout en proposant une originalité artistique, approche esthétique rare dans la conception de jeux sérieux.

La conception visuelle du jeu « Un ami pour la vie » repose tout d'abord sur des sources d'inspiration visuelle principalement choisies pour leur popularité auprès des enfants,

ainsi que pour la diversité et l'universalité de leur audience. En effet, étant donné l'étendue du rang d'âge de la population visée par notre étude (6 à 17 ans), nous nous sommes inspirés d'œuvres cinématographiques et vidéoludiques qui transcendent les générations. Parmi les créateurs des œuvres, nous avons retenu deux noms incontournables de l'industrie, l'un dans le domaine du jeu vidéo et l'autre dans celui du cinéma d'animation : Nintendo et Walt Disney Animation Studio. Par la suite, nous nous sommes intéressés à des œuvres cinématographiques et vidéoludiques provenant d'entreprises indépendantes ainsi qu'à des œuvres aux visuels plus atypiques et originaux.

Une veille visuelle et artistique de différentes œuvres cinématographiques et vidéoludiques a été effectuée afin d'identifier plusieurs inspirations pertinentes à la conception visuelle d'« Un ami pour la vie ». Parmi elles, l'ambiance enfantine et relaxante d'*Animal Crossing: New Horizon* et l'aspect « fait-maison » des textures de *Yoshi Crafted World* ont été notre point de départ pour concevoir les environnements des différentes applications (figure 3.10).

3.10 - À gauche, image tirée du jeu *Animal Crossing: New Horizon*. À droite, image tirée du jeu *Yoshi Crafted World*.



L'intégration d'un rendu visuel artisanal au contenu vidéoludique permet de créer une cohérence entre le processus créatif et le prototype, renforçant ainsi l'approche de co-design dans laquelle les enfants participent et créent leur propre personnage à travers

leur propre expression artistique. Une autre source d'inspiration visuelle pour les textures artisanales a été le jeu indépendant *Last Day of June*, qui présente des textures de type « peinte à la main » qui ont inspiré la création des textures aquarelles utilisées sur tous les objets constituant les environnements du jeu (figure 3.11).

**3.11 - Image tirée du jeu *Last Day of June***

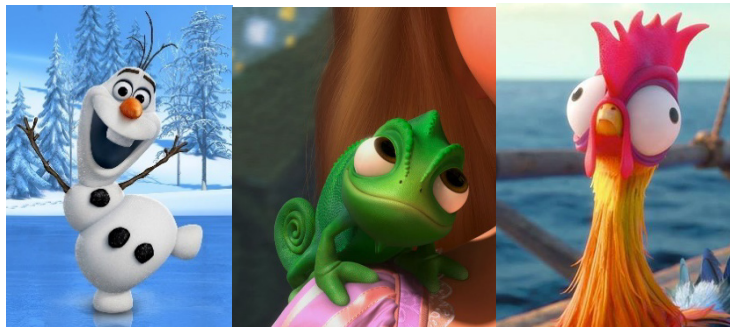


Les dernières sources d'inspiration visuelle ont été choisies en parcourant différents travaux d'artistes 3D hébergés sur le site Sketchfab ainsi que sur le réseau social créatif Pinterest. L'objectif principal était de trouver des inspirations spécifiques pour les objets nécessaires à la conception des environnements. Les différentes inspirations visuelles ont été rassemblées sur des *moodboards*, permettant ainsi de créer une direction artistique claire.

En ce qui concerne les personnages, il était important de créer des personnages attachants. Dans cette perspective, l'étude de personnages de dessins animés populaires et la consultation de la littérature sur les personnages non-joueurs dans les jeux vidéo ont révélé le rôle important des personnages « compagnons » (Rogers et al., 2018). Les personnages secondaires tels que Olaf de La Reine des Neiges, Hei-hei de Moana ou encore Pascal le caméléon de Raiponce présentent chacun une personnalité attachante et intéressante tout en étant des personnages de soutien pour le héros (figure 3.12). Ces

caractéristiques correspondent bien aux attentes à l'égard d'un personnage « compagnon » dans un jeu vidéo, dont les traits de la personnalité (« eng. Companion Traits ») sont principalement la gentillesse (« nice »), l'altruisme (« Helpness ») et l'attractivité (« Attractive ») (Rogers et al., 2018).

**3.12 - Images tirées des différents films d'animation Pixar <sup>4</sup>**



La diversité des environnements présents dans nos sources d'inspiration et la personnalité unique de chaque personnage conçu par les enfants nous ont conduits à créer un environnement évolutif où le personnage peut évoluer et interagir avec le joueur. Des environnements colorés, des personnages mignons et attachants, ainsi qu'un style rappelant les dessins animés ont donc été nos principaux éléments clés afin de concevoir une ambiance cohérente avec la population ciblée.

---

<sup>4</sup> De gauche à droite, Olaf de « La Reine des Neiges », Pascal de « Raiponce » et Hei-Hei de « Moana ».

### 3.4.2 - Environnements virtuels et structure narrative transmédiate

#### **Mobile**

Le jeu mobile se divise en deux scènes, le journal de bord et le jeu de simulation.

***Le journal de bord.*** L'application mobile est divisée en deux parties. Tout d'abord, elle propose un journal de bord permettant à l'enfant de noter son niveau d'anxiété et de douleur. Par le biais d'une brève conversation avec son personnage, l'enfant peut enregistrer son niveau d'anxiété et de douleur sur le moment. Il peut également fournir plus de détails sur la source de son anxiété et de ses douleurs grâce à un enregistrement vocal. Cet outil a été développé à la demande des experts en santé et en psychologie de l'enfance. L'aspect social de notre application et de l'avatar-ami nous a inspiré cet outil de communication. Dans le cadre de notre prototype, moi seule avait accès à ces données. Cependant, lors d'une prochaine phase d'essai, leur accès pourrait être donné aux infirmières ou aux psychologues, leur permettant ainsi de vérifier l'état d'esprit et le niveau de douleur des enfants. Dans cette optique, les échelles utilisées pour évaluer la douleur et l'anxiété sont des échelles de douleurs validées scientifiquement (Children Fear Scale – Annexe A et Numerical Rating Scale – Annexe B) et qui pourront être utilisées lors d'une future collecte de données quantitatives.

***Le jeu de simulation.*** La deuxième partie de l'application mobile est un jeu de simulation dans lequel l'enfant peut s'occuper de son avatar-ami. À travers quatre pièces de la maison, l'enfant peut nourrir, laver, jouer et faire dormir son personnage afin de répondre à ses besoins représentés visuellement dans le jeu par des jauges de satisfaction (figure 3.13). L'objectif du joueur est de gagner des points d'expérience

afin de débloquer des récompenses comme un nouveau type de nourriture ou des accessoires.

### 3.13 - Jauges de satisfaction



***L'interface utilisateur.*** Les environnements sont composés d'objets du quotidien que l'enfant peut reconnaître afin de lui inspirer des « affordances ». Le terme « affordance » fait référence à l'anticipation d'une interaction de l'utilisateur par la seule structure d'un objet (Norman, 1988, 2013). Ces affordances nous ont permis de réduire le nombre d'éléments interactifs dans notre interface utilisateur.

***Le lien mobile – réalité virtuelle.*** Les deux applications sont connectées via un cloud géré par le logiciel Playfab<sup>5</sup> de Microsoft Azure. Cette connexion permet la communication entre les deux applications ainsi que l'enregistrement des données de jeu. À titre d'exemple, l'accessoire choisi par l'enfant dans l'armoire du personnage est l'accessoire qui sera porté par le personnage dans l'application mobile et également dans l'application en réalité virtuelle. Une action posée dans l'une des applications a une incidence sur l'autre, les deux applications sont en constante communication. D'autres éléments tels que l'aquarium et le pot de fleur présents dans la pièce du salon de l'application mobile servent à afficher les récompenses obtenues dans l'application

---

<sup>5</sup> Playfab est un service de base de données proposée par Microsoft. Il est très utilisé dans le domaine du jeu vidéo et a été utilisé pour des jeux vidéo populaires comme Minecraft, Sea of Thieves ou Rainbow Six Siege. Voir : <https://playfab.com/>

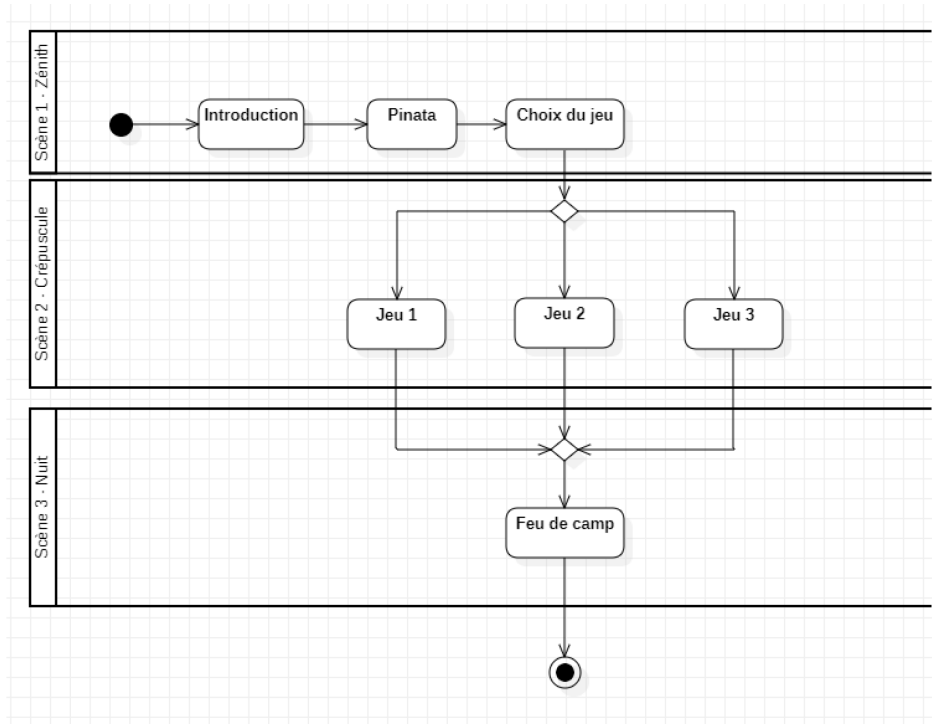
en réalité virtuelle. L'application mobile permet de contourner les effets secondaires de la réalité virtuelle en offrant à l'enfant la possibilité d'interagir avec son personnage en dehors du monde virtuel. Cette approche transmédiatique vise à susciter un engagement sur le plus long terme et à motiver l'enfant à retourner dans le monde virtuel.

### **Réalité virtuelle**

L'application en réalité virtuelle offre à l'enfant la possibilité de jouer à trois mini-jeux intégrés dans un court scénario de 8 à 12 minutes, tel qu'illustré dans le diagramme d'activité à la figure 3.14. L'expérience est structurée en trois tableaux aux ambiances différentes, rythmés par le monologue du personnage, qui guide le joueur dans les différentes interactions et mini-jeux. Chaque ambiance correspond à la fois à un moment de la journée et une saison, créant ainsi une ligne temporelle qui assure à l'expérience un début, un milieu et une fin. Cette ligne temporelle permet de contrôler la durée d'utilisation de la réalité virtuelle afin de limiter les effets secondaires potentiels. Pour chaque scène, l'environnement revêt différentes couleurs, adaptées à un moment de la journée et de l'année.



3.14 – Diagramme d'activité de l'application en réalité virtuelle « Un Ami pour la Vie »



La première scène représente le zénith et propose une ambiance estivale. Les arbres et le sol sont verts et jaunes, donnant ainsi un début de scénario dynamique qui vise à captiver rapidement l'attention du joueur (Figure 3.15). Le joueur rencontre son personnage, qui lui propose de frapper une piñata et de lui donner des bonbons. Il peut ensuite choisir le jeu auquel il souhaite jouer dans la seconde scène, grâce à un menu intra-diégétique qui permet de maintenir l'immersion du joueur sans l'interrompre (figure 3.16).

3.15 – Arbres de la scène 1

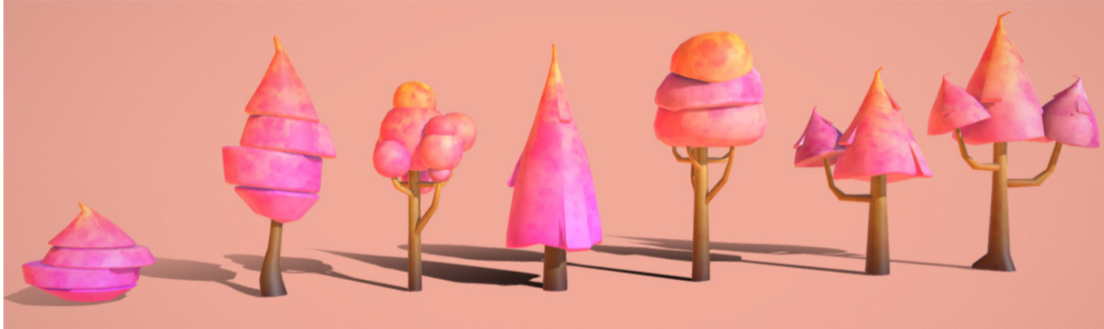


3.16 – Menu en réalité virtuelle



Pour la seconde scène, qui se déroule au crépuscule et arbore des teintes automnales, les arbres et le sol se parent de rouge et d'orange (figure 3.17). L'éclairage crée une ambiance similaire à un coucher de soleil apaisant, sous lequel le joueur peut profiter du mini-jeu qu'il a choisi dans le menu.

### 3.17 – Arbres de la scène 2



Il y a trois mini-jeux différents. Le premier est un jeu de tir dans lequel l'enfant, muni d'un pistolet à eau, doit viser des bulles qui sortent de l'eau. S'il obtient un score suffisant, un animal sort de l'eau. Si l'enfant arrose l'animal avec son pistolet à eau, il peut ensuite le retrouver dans son aquarium sur l'application mobile. Ce jeu propose trois niveaux de difficultés pour s'adapter aux différents types de joueurs. Si le score est élevé, le niveau de difficulté de jeu sera plus élevé lors de la prochaine session de jeu, et vice versa

Le second jeu est inspiré des jeux de carnaval. L'objectif est de lancer une balle pour détruire des constructions de boîtes de conserves afin de marquer le plus de points possibles. À la suite de difficultés d'interaction détectées lors des tests utilisateurs, un pistolet à balle rebondissantes a été ajouté afin de permettre à tous les enfants de marquer des points et de choisir entre deux niveaux de difficulté. Ce jeu est accompagné d'un jeu connexe consistant à frapper avec un marteau sur un interrupteur afin de faire décoller une fusée.

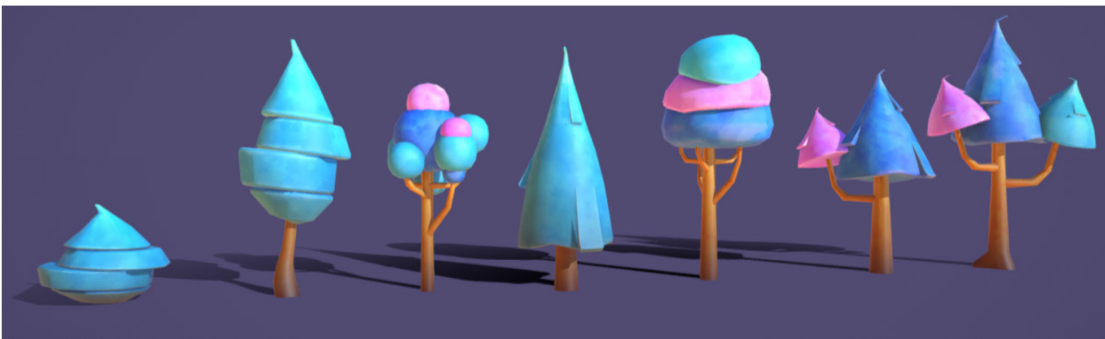
Le dernier jeu intégré est un jeu de relaxation inspiré des exercices de relaxation « purse lips breathing ». Ce jeu consiste à faire tourner des petits moulins en papier selon un rythme donné. L'intégration de ce jeu a posé un défi, car bien que le casque Oculus Quest 2 est muni de microphones, ces derniers sont placés en périphérie du casque ce qui permet de capturer la voix du joueur, mais pas le son de sa respiration.

Il a donc fallu faire preuve de créativité pour permettre aux microphones de détecter la respiration de l'utilisateur. Une piste de solution étudiée fut d'amplifier le bruit produit lors d'une expiration en utilisant un sifflet, une caisse de résonance ou un moulin. Le sifflet et la caisse de résonance ont été rejetées puisqu'ils imposaient de souffler en un point précis, ce qui était difficile pour l'utilisateur dont la vue était obstruée par le casque. La solution retenue fut un moulin amovible modélisé en 3D, puis imprimé en PLA à l'aide d'une imprimante 3D et accroché sur le côté du casque.

La surface large offerte par le moulin permet de s'adapter à tous les utilisateurs. L'impression en PLA présentait un moyen rapide de créer des moulins de rechange en cas de bris.

Enfin, la troisième et dernière scène est nocturne. La végétation, teintée de bleu et de mauve, évoque un hiver fantastique et magique sous un ciel illuminé par des feux d'artifice (Figure 3.18). Cette scène apaisante offre au joueur la possibilité d'allumer un feu de camp, de faire griller des guimauves et de jouer avec quelques instruments de musique pour terminer son expérience.

**3.18 - Arbres de la scène 3**

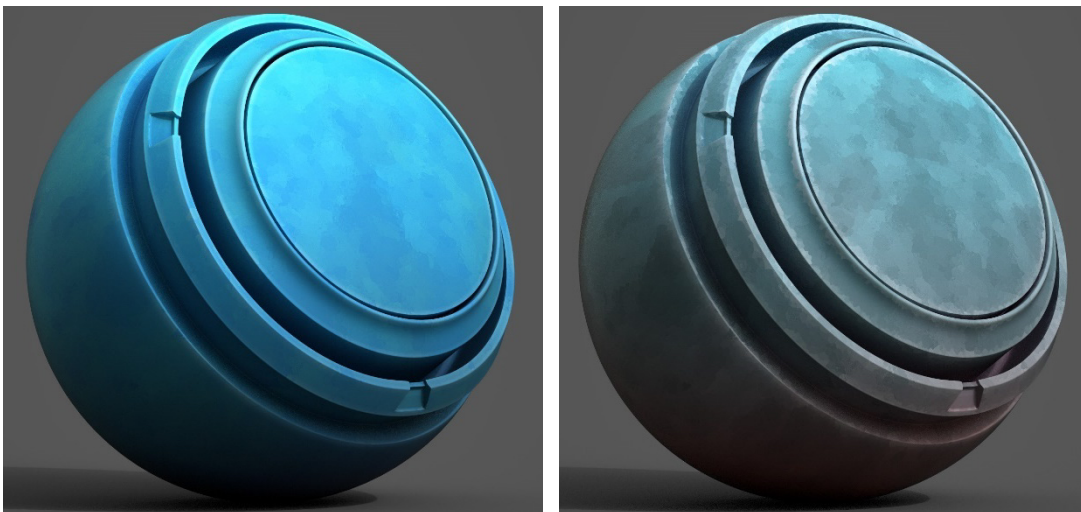


### 3.4.3 - Optimisation des processus de développement et d'intégration

#### Conception de matériaux intelligents

Notre processus de modélisation a été accéléré grâce à la création préalable de matériaux procéduraux intelligents qui s'adaptent aux modèles 3D. Par le biais d'un processus de baking, le logiciel (Adobe Substance 3D Painter) génère des textures qui permettent de détecter les contours des objets. Le visuel de ces matériaux sont inspirés de textures artistiques classiques comme le papier grain et les peintures aquarelles (figure 3.19 et 3.20), dont les couleurs peuvent être facilement interchangeables. Cela nous a permis d'accélérer le processus de modélisation et de définir une ligne de direction artistique solide. Des modifications pouvaient ensuite être effectuées par-dessus ces textures. Quant aux personnages, ils ont été vêtus d'une texture dégradée rappelant la pâte à modeler, une particularité du jeu qui leur est exclusive et qui les met en valeur.

3.19 - Quelques exemples de textures adaptables



### 3.20 - Quelques exemples d'assets modélisés



### Structure de personnages

L'un des défis de l'intégration était le transfert d'animation d'un personnage à un autre. Ce transfert a été assuré grâce à la création préalable d'une structure de rigging respectée par tous les personnages. Le rigging du corps a été réalisé à l'aide d'un plugin appelé Advanced Skeleton, qui permet de créer rapidement un squelette et les contrôleurs permettant de l'animer. Les animations faciales ont été réalisées grâce à des blendshapes prédéfinis modélisés à la main. Certains plugins comme Advanced

Skeleton<sup>6</sup> permettent également de générer automatiquement des blendshapes. Cette génération automatique permet généralement de concevoir de nombreux blendshapes pour chaque émotion et phonème, qu'il faut ensuite corriger pour obtenir les formes souhaitées. Cependant, dans le cas présent, le personnage n'avait besoin que d'un nombre restreint de blendshapes (huit). Il était donc plus rapide de les créer manuellement que de faire appel à une génération procédurale. Une fois le squelette créé, il était ensuite possible d'appliquer un « retargeting » des animations enregistrées par capture de mouvement.

### **Capture de mouvements**

La capture de mouvements a permis d'accélérer le processus de développement, en particulier lors de l'étape d'animation des personnages. Cette méthode nous a permis d'enregistrer des animations grâce à un acteur en temps réel. Les animations sont ensuite nettoyées et recyclées au besoin. Le système de capture utilisé, muni de 12 caméras Vicon<sup>7</sup>, est l'un des systèmes les plus performants, précis et stables du marché. Il nous a permis de minimiser le nettoyage des animations et de gagner un temps considérable dans le processus d'animation des personnages. Les animations plus

---

<sup>6</sup> Advanced Skeleton est un plugin disponible sur le logiciel Autodesk Maya permettant de créer un squelette pour préparer l'animation d'un personnage en 3D. Voir : <https://www.animationstudios.com.au/advanced-skeleton>

<sup>7</sup> Vicon est une entreprise leader dans le développement et la vente de systèmes de captation de mouvements. Voir : <https://www.vicon.com/>

complexes comme celles de la danse du personnage ont été téléchargées depuis la librairie de capture de mouvements Mixamo.

#### 3.4.4 - Conception et modélisation des personnages

Un personnage d'essai a été réalisé afin de pouvoir tester entièrement les prototypes et pour préparer une structure de personnage en vue d'une intégration rapide sur le terrain. La conception et l'intégration d'un personnage étaient des tâches qui devaient être réalisés en moins de 48 heures, ce qui représentait un défi considérable étant donné que je réalisais cette partie seule. Il était donc crucial de mettre en place un processus rapide et sans faille afin que chaque enfant puisse obtenir son personnage et ses applications dans les délais impartis. Une seule contrainte de conception a été donnée aux enfants lors des ateliers de dessin : le personnage devait être un bipède, avec deux bras, deux yeux et une bouche. Des images d'inspiration étaient présentées aux enfants au besoin. Des précisions étaient demandées à l'enfant lors de l'atelier de dessin afin de créer un personnage qui correspond au mieux aux désirs de chaque enfant. Dans certains cas, si l'enfant changeait d'avis concernant l'aspect visuel de son personnage pendant l'atelier, une note était prise pour pouvoir ajouter la modification au personnage en 3D. Des solutions alternatives étaient prévues au cas où l'enfant ne souhaitait pas prendre part à l'activité. Au cours de la collecte, seul un enfant ne souhaitait pas dessiner et a préféré transmettre ses idées à l'étudiante-chercheuse, qui a réalisé le dessin du personnage en suivant les indications fournies par l'enfant.

La structure établie est principalement basée sur un squelette bipède 3D identique (*rig*) et différents *blendshapes* prédéfinis permettant de déformer le visage du personnage afin de lui donner des expressions émotionnelles. Toutes les animations, réalisées grâce à un système de capture de mouvement, étaient également préparées d'avance afin de



pouvoir être transférées sur les nouveaux personnages (*eng. retargeting*). De plus, la voix préenregistrée attribuée aux personnages était liée à un système d'analyse de volume audio permettant au personnage d'ouvrir la bouche via un blendshape en fonction des signaux audio.

Le dessin de chaque enfant était rapidement analysé pour faire ressortir les formes importantes et les attributs physiques clés. Le personnage était ensuite modélisé puis texturé grâce aux textures préparées lors de la phase de développement. Une fois le squelette ajouté, le personnage pouvait être intégré aux différentes applications.

### *3.5 - Développement des applications*

Les différents environnements virtuels sont composés de plusieurs systèmes interactifs avec lesquels l'enfant peut interagir. La présente section a pour objectif de présenter l'architecture logicielle relative à chaque application. Les explications sont accompagnées de diagrammes de classe simplifiés. Certaines contraintes logicielles, notamment liées à l'utilisation du moteur de jeu Unity qui intègre ses propres règles de conception de classe et de gestion des interactions et des événements (animations, collisions, physique, *triggering*, etc.), ont parfois mené à des modifications lors du développement.

Tout d'abord, chaque application offre ses propres possibilités d'interaction au joueur et communique avec la base de données commune. Chacune d'entre elles présente une utilité spécifique résumée dans le diagramme d'utilisation à la figure 3.21.

Dans le cadre du joueur, on recense les cas d'utilisations d'utilisation suivants :

Dans l'application mobile :

- Remplir le journal de bord
- S'occuper du personnage
- Consulter les récompenses obtenues en réalité virtuelle
- Personnaliser le personnage

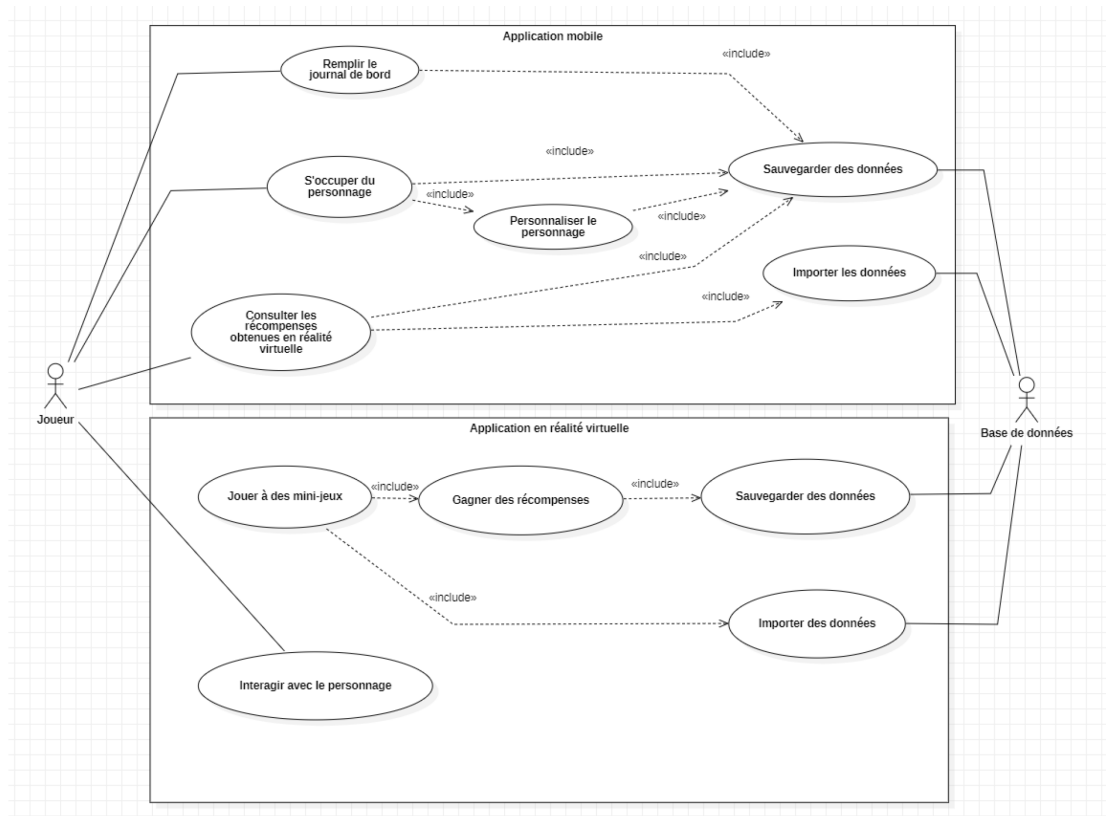
Dans l'application en réalité virtuelle :

- Jouer à des mini-jeux
- Gagner des récompenses
- Interagir avec le personnage

De son côté, dans les deux applications, la base de données permet de :

- Sauvegarder les données
- Importer les données

### 3.21 - Diagramme d'utilisation



#### 3.5.1 - Architectures logicielles

##### Application mobile

L'application mobile contient deux types de scènes différentes : le journal de bord et les scènes de simulation de gestion de personnage.

Le journal de bord est géré par un système d'arborescence de décisions simple permettant d'afficher les bulles de dialogue en fonction des réponses du joueur. Cet

arbre de décisions est géré par une classe appelée « Journal Manager » qui agit comme un *design pattern* d'observateur. Certaines questions nécessitent une réponse sous forme de choix, par une échelle ou par un enregistrement vocal. Les différentes réponses sont envoyées à la base de données cloud et les enregistrements vocaux sont enregistrés localement sur le téléphone. De plus, en cas de réponses négatives répétées, le journal de bord est chargé d'envoyer un mail afin d'envoyer une personne responsable.

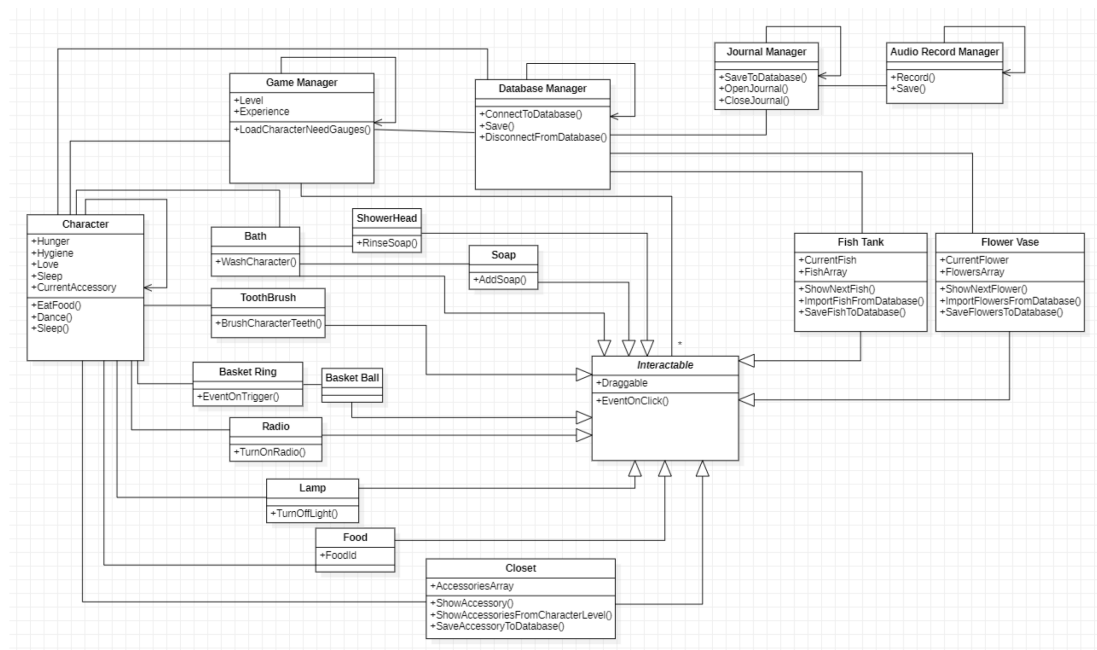
Les scènes de jeu de l'application mobile présentent deux types d'objets interactifs : le *character* (personnage) et les *interactables* (objets interactifs).

Le personnage présente principalement des méthodes lui permettant de réagir aux collisions avec les différents *interactables* par surcharge de la fonction `OnCollisionEnter()` définie par Unity. La distinction entre les différents objets est réalisée grâce à des balises (tags) gérés par le moteur de jeu.

Les *interactables* sont des objets sur lesquels un clic peut déclencher un évènement. Ils peuvent également être déplacés dans l'environnement virtuel afin d'interagir directement par collision avec le personnage ou avec d'autres *interactables*. Les différents éléments interactifs héritent de la classe abstraite parente appelée « interactable », ce qui leur attribue des variables et méthodes virtuelles définies dans la classe parente. Parmi ces méthodes, une propriété de type booléen « Draggable » détermine la possibilité ou non de déplacer l'objet dans l'espace. La méthode `EventOnClick()` est ensuite surchargée pour déclencher un évènement lors du clic sur l'objet. La gestion des collisions est gérée par le moteur de jeu et par la surcharge des méthodes définies par *Unity*.

Par ailleurs, certaines classes permettent de gérer le déroulement du jeu, l'acquisition de point d'expérience, ainsi que l'enregistrement en base de données, de niveaux et de différentes récompenses telles que le GameManager ou le DatabaseManager. Les classes se terminant par « ... Manager » sont des *singletons*, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent être instanciés qu'une seule fois.

### 3.22 - Diagramme de classe de l'application mobile



### Application en réalité virtuelle

L'application en réalité virtuelle peut être divisée en plusieurs systèmes (figure 3.23). Le diagramme de classe présenté à la figure 3.23 présente de manière simplifiée les relations et les composants clés des différentes classes. Ici aussi, on peut diviser les objets en deux catégories : le personnage et les *interactables*. Les *interactables* sont

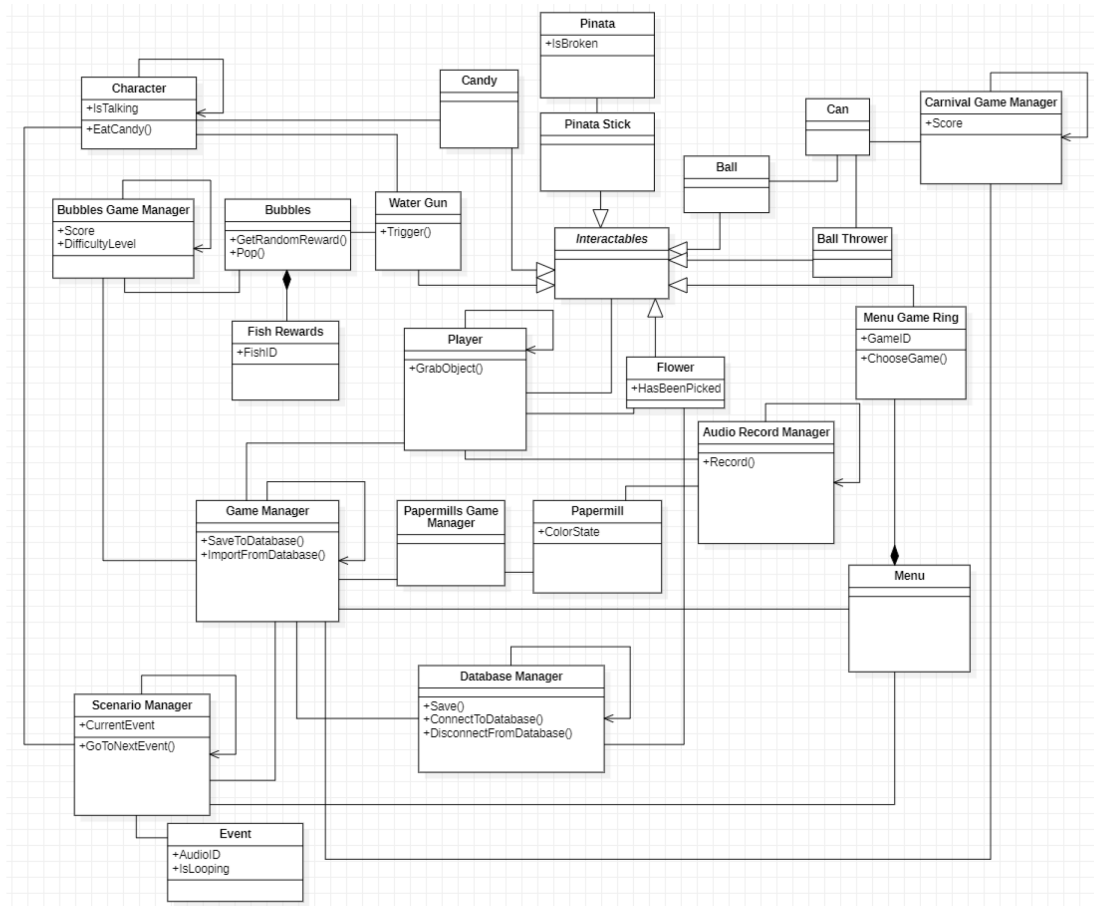
répartis dans plusieurs systèmes complexes, chacun gérés par une classe « ... Manager » qui définit les règles du jeu ou de l'évènement.

Les animations du personnage sont gérées par le système d'animation de Unity. La classe personnage possède néanmoins quelques fonctions liées à ses réactions à certains évènements, comme l'action de manger des bonbons qui sera déclenchée si un bonbon est déposé dans sa main (via la méthode *OnCollisionEnter()* gérée par Unity). Son monologue est quant à lui géré par la classe « Scenario Manager ».

Le gestionnaire de scénario (« *ScenarioManager* ») et le Game Manager agissent comme un *design pattern* d'observateur. Tous deux s'assurent que chaque évènement se réalise puis s'enchaîne, en fonction des choix du joueur et du scénario prédéfini. Le Game Manager réagit aux notifications envoyées par les différentes classes, telles que le menu qui lui envoie un identifiant correspondant au jeu choisi par l'utilisateur. Une fois l'identifiant reçu, le scénario manager peut préparer le prochain évènement « *Event* », puis notifier et mettre à jour le GameManager, qui pourra appliquer un changement sur la position du joueur dans l'espace virtuelle.

Les différents jeux et évènements définis dans le diagramme d'activité précédent (figure 3.23) sont gérés par des « ... *Managers* » qui établissent les règles de chaque jeu, communiquent avec le *GameManager* pour enregistrer les informations dans la base de données (jeu choisi et score par exemple) et signaler la fin d'un évènement au ScenarioManager.

3.23 – Diagramme de classe de l'application en réalité virtuelle



## Connexion multi-plateforme par base de données

Les deux applications sont connectées et synchronisées grâce à une base de données en cloud gérée par Playfab<sup>8</sup>. Cette base de données permet d'assurer la transmédiation de notre projet, notamment en gérant les récompenses obtenues et l'affichage de l'accessoire choisi par l'utilisateur. Elle permet aussi l'enregistrement des réponses du journal de bord ainsi que quelques données utilisateur telles que le nombre de connexion récentes ou le jeu en réalité virtuelle le plus populaire.

### 3.5.2 - Méthode de prototypage

Le prototypage de l'application mobile a été guidé par la veille technologique effectuée sur des applications disponibles, comme présenté précédemment. Des tests utilisateurs ont permis d'optimiser l'interface utilisateur, le positionnement et la forme des boutons, et de mieux comprendre l'interprétation des retours visuels et auditifs chez le joueur. Ces tests utilisateurs ont été effectués grâce à une méthode de *think aloud* (Hornbæk, 2010), permettant d'écouter les remarques et d'observer les défis de l'utilisateur en temps réel. En comprenant l'interprétation des joueurs par rapport à un événement ou son anticipation à l'égard du fonctionnement d'un bouton, il est possible d'améliorer et d'optimiser notre interface utilisateur.

---

<sup>8</sup> Playfab est un service d'hébergement de base de données gratuit, fourni par Microsoft Azure : <https://playfab.com/>



Si l'application mobile s'inspire d'applications déjà existantes qui ont accéléré son prototypage, le prototypage du jeu en réalité virtuelle n'avait pas de modèle de référence précis. L'application en réalité virtuelle a donc dû être réalisée en plusieurs étapes. Tout d'abord, une première phase de prototypage de divers jeux et interactions a été lancée. Sans scénario spécifique, plusieurs mini-jeux et interactions ont été testées auprès de différents utilisateurs. À l'issue de ces tests, certaines interactions ont été conservées pour constituer les jeux présents dans le prototype final; d'autres, trop complexes ou techniquement instables, ont été rejetées. Ensuite, le scénario a été défini en intégrant les interactions retenues. Les voix ont été préenregistrées et intégrées à l'environnement virtuel.

Plusieurs tests utilisateurs ont été effectués en prenant en compte les contraintes relatives à l'environnement hospitalier. L'un des principaux défis de ce prototypage était l'accès aux objets et les interactions avec ces derniers. Étant donné la large gamme d'âge de notre population cible et l'espace restreint, parfois encombré d'une chambre d'hôpital, il était nécessaire que tous les enfants puissent accéder aux objets en tendant leur bras, sans avoir à se déplacer dans l'espace virtuel. Il était également important d'éviter que les enfants aient à récupérer des objets du sol. Ainsi, tout objet tombé au sol réapparaissait aussitôt à son emplacement d'origine.



**CHAPITRE 4 -**  
**ARTICLE 2 : EFFECTS OF UNIQUE CUSTOMIZED AVATARS IN A**  
**MULTIPLATFORM VIRTUAL ENVIRONMENT ON PAIN AND ANXIETY**  
**IN HOSPITALIZED CHILDREN IN HEMATO-ONCOLOGY**

Ce chapitre présente les résultats et le protocole de recherche suivi lors de la mise à l'essai de notre prototype multiplateforme et de la collecte de données associée. Cette dernière a été réalisée au centre hospitalier universitaire de Sainte-Justine à Montréal durant les sessions d'automne 2022 et hiver 2023. L'article suivant, rédigé en anglais, vise à être soumis pour publication à la revue Pain Report. Il concerne la collecte de données effectuée auprès des enfants et leurs parents ainsi que ses résultats. Certaines sections ce chapitre ont été ajoutées à l'article afin de compléter les résultats ou de montrer les résultats obtenus lors de la collecte de donnée adressée aux professionnels de la santé. Toutefois, ces sections ne font pas partie de la publication en raison des limitations soulevées plus loin et des limitations d'espace imposées par l'éditeur. La liste des auteurs est la suivante :

Estelle Guingo<sup>1,3</sup>, Sylvie Le May<sup>2,3,4</sup>, Casey Côtes-Turpin<sup>1,6</sup>, Christine Genest<sup>2,3,4</sup>, Sofia Adabb<sup>7</sup>, Léandra Desjardins<sup>5</sup>, Pascal Bernier<sup>5</sup>, Michel Duval<sup>3</sup>, Cathy Vézina<sup>1</sup>, Marie-France Langlet<sup>5</sup>, Félix Côtes-Charlebois<sup>1</sup>, David Paquin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, UQAT, Rouyn-Noranda, Canada

<sup>2</sup>Université de Montréal, UdeM, Montréal, Canada

<sup>3</sup> Centre de recherche du CHU Sainte-Justine, Montréal, Canada

<sup>4</sup> Centre de recherche de l'institut universitaire de santé mentale de Montréal, Montréal, Canada

<sup>5</sup> CHU Sainte Justine, Montréal, Canada

<sup>6</sup> Université du Québec à Montréal, UQAM, Montréal, Canada.

<sup>7</sup> Centre de recherche de l'hôpital pour enfant Shriners, Montréal, Canada

#### *4.1 - Résumé*

**But.** Notre objectif était d'étudier la faisabilité, l'acceptabilité et les effets de notre distraction immersive multiplateforme sur la douleur et l'anxiété des enfants hospitalisés en héματο-oncologie. L'acceptabilité de leurs parents ainsi que du personnel du service étaient aussi évaluée.

**Méthodes.** Des résultats qualitatifs ont été collectés grâce à un journal d'utilisation rempli par le parent ainsi qu'à des entrevues semi-dirigées parent-enfant analysées par analyse thématique afin d'évaluer les effets sur la gestion de la douleur et de l'anxiété. La satisfaction était mesurée grâce à des questionnaires. Notre étude est basée sur une approche co-design en recherche-création. Les enfants étaient impliqués dans la création du prototype du jeu par la conception d'un avatar qu'ils ont dessiné.

**Résultats.** Cinq enfants hospitalisés de 6 à 17 ans en héματο-oncologie, et leurs parents ont été recrutés (n=5). Des questionnaires de satisfaction ont été remplis par quatre professionnels de la santé (n=4). Les thèmes émergents étaient: "Effet du jeu et expérience", "Enjeux logistiques" et "Engagement et motivation". Les enfants et leurs parents étaient satisfaits de l'intervention et ont mentionné que l'intervention avait eu un effet positif sur la gestion de la douleur et de l'anxiété de leur enfant. Aucun problème logistique majeur a été reporté.

**Conclusions.** Les résultats montrent le potentiel d'utilisation des avatars personnalisés pour la gestion de la douleur et de l'anxiété mais aussi pour briser l'isolement social. Les parents et les enfants sont satisfaits de l'intervention. De plus, nos résultats soulignent aussi l'effet positif de la réalité virtuelle et de l'avatar sur l'humeur de l'enfant qui offrent une opportunité de s'évader de l'environnement hospitalier.

#### *4.2 - Abstract*

**Aim.** Our objective was to study the feasibility, acceptability, and effects of our immersive, multi-platform distraction (virtual reality and mobile) on the pain and anxiety of children undergoing cancer treatment and their parents.

**Methods.** Qualitative feedback was collected from a parent logbook and through semi-structured child-parent interviews. This data was analyzed through thematic analysis to evaluate the effects of our multiplatform distraction on anxiety and pain management. Satisfaction was measured with surveys. Our study followed a co-design approach in art-based research. Children were involved in game conception by drawing their own virtual avatar.

**Results.** Five hospitalized children aged from 6 to 17 years with cancer, and their parents, were recruited (n=5). Also, the satisfaction survey was completed by four healthcare professionals (n=4). The emerging themes were: "Effects of the game and experience," "Logistical stakes," and "Engagement and motivation." Children and their parents were satisfied with the intervention and mentioned that the intervention had a positive effect on anxiety and pain management. We also noted a positive effect on social isolation and children's mood. No major logistical issues were reported.

**Conclusions.** Results not only showed potential for the use of a customized avatar for anxiety and pain management, but also for breaking isolation. Parents and children were satisfied with the intervention. Moreover, results underlined the effects of virtual reality and avatars in improving children's mood by offering an opportunity to escape the hospital environment.

#### *4.3 - Introduction*

Hospitalized pediatric hemato-oncology patients are likely to receive stressful diagnosis-related news and to undergo painful treatments and side-effects (Darcy et al., 2014). While the hospital offers interventions to reduce anxiety and pain, there are still few resources available to help children and their family cope with their everyday pain and anxiety (Lazor et al., 2021; Tutelman et al., 2018).

Digital intervention may be beneficial for pain and anxiety symptoms in children with cancer (Lopez-Rodriguez et al., 2020). These interventions may use a variety of digital devices, such as smartphones, robotics, videogames, and virtual reality (VR). In particular, VR has been increasingly studied for its use as a tool to manage pain and anxiety during painful procedures (Hoffman, Patterson, et al., 2020; Le May et al., 2020). Digital interventions work by distracting the player's attention away from the stressful or painful source through an interactive and immersive virtual environment (Hoffman et al., 2019).

VR has been studied as a pain and anxiety management tool with children for diverse procedures such as dressing changes, bone pins removal, or needle-related procedures (Hoffman et al., 2019; Le May et al., 2020; Osmanliu et al., 2021). Moreover, non-

pharmacological interventions, such as VR, not only have a potential for short-term acute and chronic pain relief, but also constitute a solution to avoid or limit the use of opioids in pain management (Pourmand et al., 2018).

VR is an intervention with positive effects on pain and anxiety management, but players may have side effects during or following its use. The main side effects observed are nausea, headaches, and dizziness (Caserman et al., 2021; Zhang, 2020), often due to translation into the virtual world (Davis et al., 2015). Since children have side effects as a result of their medical treatments, it is important to optimize VR content and to limit playing time to avoid VR side effects. Multi-platforming offers an innovative solution to limit VR side effects, while maintaining game-engagement. By using many devices, we can offer diverse narrative point of views and activities to distract and create a long-term game engagement level. This is called transmedia storytelling (Jenkins, 2017). By increasing engagement, the patient is motivated to play whenever they are anxious or in pain.

Another way to improve game engagement and motivation is to spark an emotional response in the player (Hodent, 2017). Videogames are a source of emotion through interactions and feedback between the player, the virtual environment, and the non-player characters (Hodent, 2017; Isbister, 2016). The visual appearance and identity of a character, player, or non-player is called an avatar (Georges, 2012). While few studies have used friendly characters in pain and anxiety management (Chai et al., 2020; Fortier et al., 2016) none reached a high level of avatar customization. Creation and customization can also be a source of emotion related to the Ikea Effect bias (Marsh et al., 2018; Norton et al., 2012). This cognitive bias leads individuals to value more the objects they built themselves.

Our objective was to develop and test a smartphone and VR intervention that was based on unique and customizable avatars created from the drawings of hospitalized pediatric cancer patients. This prototype aimed to help children in hemato-oncology to better manage their pain and anxiety. Through a qualitative design, we studied the feasibility, acceptability, and effects of our intervention on pain and anxiety.

#### *4.4 - Material and methods*

##### 4.4.1 - Research Design

A qualitative study design inspired from action-research and co-design guided the present study and followed the COREQ reporting guidelines (Tong et al., 2007). Given the multidisciplinary approach of the project, we convened a research team comprised of experts from various disciplines, including lived-experiences patients.

##### 4.4.2 - Team composition

To optimize our VR intervention and to adapt it to healthcare contexts, we included patient partners within our research team. Indeed, as the population of our study was hospitalized children in hemato-oncology, we decided to include a former cancer patient, the parent of a former cancer patient, an oncology nurse, an oncologist, and a child psychologist. Our research team also included nursing scholars and digital technologies and artificial intelligence (AI) researchers, who brought essential technical expertise. When recruiting patient partners and experts, we followed the GRIPP2 (Guidance for Reporting Involvement of Patients and the Public, version 2)



reporting checklist for patient and public involvement in research (Staniszewska et al, 2017). Including patients, healthcare and technology expert is a key of our approach as aesthetic and game content are often neglected in research and serious game development (Isbister, 2016).

#### 4.4.3 - Study participants

##### Children and their parents

Convenience sampling techniques were used to recruit pediatric hemato-oncology patients aged between 6 and 17 years old and their accompanying parent receiving care at the university-affiliated CHU Sainte-Justine Hospital in Montreal, Canada.

Medical characteristics were considered for participation eligibility. Children were eligible if they were hospitalized on the hemato-oncology unit for at least two weeks from the day of recruitment. Children also had to be in a stable medical condition at the time of the recruitment, validated by the healthcare staff or physician.

Due to the use of VR, participants with prior history of seizure or with medical diagnostic with seizure risks were excluded from the study. Child-parent dyads had to speak and understand French as the multiplatform game was in French. Children with severe cognitive deficits, were also excluded.

##### Healthcare professionals

Healthcare professionals working on the hemato-oncology unit were invited to participate in the study through flyers posted in their breakroom and at the nurse station. There were no exclusion criteria.

#### 4.4.4 - Material

The AVATAR research project was based on a multi-platform game entitled “A Friend for Life” developed by our research team. This game consists of a smartphone application and a VR game where children can play and interact with a virtual friend (avatar) they created through their own drawing. Both applications were designed to have a specific utility and contribution to the game narrative and to the intervention.

The smartphone application first prompted the child to answer questions about their pain and anxiety and to share their feelings with their virtual friend via voice recording. Then, the child took care of their virtual friend. The game remained frustration free as the character could not be harmed or killed in any way. In the VR application, the child could interact with their character, play games, and win rewards. Games were integrated into a five to eight minutes storyline.

#### 4.4.5 - Study parameters

Ethical approval for this study was provided by the CHU Sainte-Justine’s Research Ethic Board (REB) and the Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue REB. Consent was obtained from all participants and children’s assent was also requested.

## Children and their parents

Children were screened for eligibility through an admissions list provided by the hemato-oncology department clerk. Parents and children eligible for participation were approached by a research nurse in the first few days following their admission. The research protocol and study intervention were explained to both the parents and children before obtaining their consent.

After consent was obtained, each child was invited to participate in a drawing activity to sketch their virtual friend. The character was then modeled in 3D and integrated into the game. Then, the VR and smartphone applications were explained and given to the child for spontaneous use whenever they felt pain or anxiety in the following two-week period.

A diary was given to parents to record their child's usage of the applications and their child's anxiety and pain levels before and after each usage. Anxiety was measured using the Children Fear Scale. Pain was measured using the 0-10 Numerical Rating Scale. Both scales were explained to the parents. If desired, parents could write comments in the diary, which also included a table to record observed side effects. A research nurse frequently visited the participant and their parents (2-3 times a week) to ensure there were no observed side effects and that the parents' journal was completed.

Semi-structured interviews were conducted approximately two weeks after recruitment following a child-appropriate interview guide.

Due to COVID-19 and to avoid viral transmission, no headset could be shared between participants. Headsets were donated to children at the end of the study period. Children

were not informed about the donation when the project was presented to avoid participation bias. Information about headset donation was written in the consent form.

### Healthcare professionals

Healthcare professionals were invited to complete an anonymous, online questionnaire divided in two sections. The first section was an open-ended questionnaire about perception of the multiplatform intervention, the logistical and social stakes, and the global pain and anxiety management in pediatric hemato-oncology. The second section was a satisfaction survey. The consent form was included before the two questionnaires.

#### 4.4.6 - Data analysis

All data was collected and analysed. Four qualitative methods were applied during the study, leading to data triangulation.

#### Semi-structured interviews

Audio recordings from semi-structured interviews were transcribed and anonymized. Verbatims were combined and analyzed for thematic-content analysis with the NVivo software. Data was analyzed following an inductive coding method (Braun & Clarke, 2006; G. W. Ryan & Bernard, 2003). Themes were first defined and then refined through constant comparison across the different transcripts. E.G. was the primary analyst. Then, themes were shared and discussed among the research team. Key themes

were related to the experience with the multiplatform application and its effects on the patient. Quotes were translated from French to English for publication purposes.

#### Parents' diaries

Measures of pain and anxiety, before and after the use of the application, were combined and analyzed through descriptive analysis. Mean values were calculated for pain and anxiety scores before and after the use of the application. Comments were combined and analyzed for thematic-content analysis with the NVivo software, using the same process as for the semi-structured interviews. Quotes were translated from French to English for publication purposes.

#### Satisfaction surveys

Satisfaction survey results were combined and analyzed through descriptive analysis.

#### Open-ended questionnaires

Comments from the open-ended questions were combined and analyzed for thematic-content analysis with the NVivo software, using the same process as for the semi-structured interviews.

## 4.5 - Results

### 4.5.1 - Participants characteristics

#### Child/parents dyads

Six children and their parents were invited to participate in the study with one child refusing participation. Five children and their parents were recruited to participate in the study. Participants' characteristics are presented in Table 4.1. While the expected intervention duration was 14 days, in most of the case, this duration had to be extended due to the patient's health status.

**4.1 - Children participants' characteristics**

	Mean or Frequency (%)
Sample size	N = 5
Gender, Male	80.00%
Age (SD) in years	10.2 (3.11) years

#### Healthcare professionals

Four healthcare professionals from the hemato-oncology unit completed the online questionnaire. All four were nurses.

#### 4.5.2 - Children/parents interviews

Semi-structured interviews were conducted approximately two weeks after recruitment or later depending on the child's medical state. These interviews were conducted with both the parent and child to create a safe space especially for younger children. There were questions for both children and parents, but they were generally first asked to children to prevent them from mirroring their parents' answers. If children were not in a medical state to participate in the interviews, then questions were asked to the parent. If this was the case, the interview could be shortened at the parent's discretion. Semi-structured interview duration was around 20 minutes depending on both children medical condition and discussion flow.

The emerging themes encompass the experience and effects of the game, engagement and motivation, and logistical stakes.

#### Experiences and effects of the game

The first theme that emerged from our analysis was about children' experience with our multiplatform game and its observed effects. Generally, children felt positive effects from the intervention on their pain or anxiety or both. Also, benefits were noted on mood and social isolation. Children were immersed and engaged in the game.

***Effects on pain.*** One of the older children (12 y.o.) perceived a positive effect on their pain when using the VR application. This was corroborated by her parent who underlined the benefits of the immersive virtual world on their daughter's pain coping strategy.

*“It was great, it made me forget about the pain.” P4*

*“When she plays, she forgets everything around her. She forgets pain, she’s in the game. She is in a different world, and she forgets the pain. She forgets she is in the hospital.” P4’s parent*

Two other parents of younger children (7 y.o and 11 y.o) also noticed that the virtual experience helped their child cope with pain.

*“One day he played, he had mild pain and when he had finished, he was good, he had almost forgotten about pain.” P2’s parent*

*“It occurred one time, and I think I reported it in the journal. He was in pain, but not a very acute pain. He used it and then it slightly changed. He felt better. It didn’t occur a lot, but he often felt good before using it.” P3’s parent*

Other patients did not feel pain during the intervention period or were not able to use the headset for pain management due to severe acute pain.

**Effects on anxiety.** Two children (11 y.o and 14 y.o.) stated they perceived a positive change in their anxiety.

*“After playing, I felt less stressed.” P3*

*“Yes, I used it. There is this one time it really worked.” P5*

When asked what they thought was causing this effect, they answered that the game provided a distraction and a form of escape from their hospital room.



*“When I have the headset, I only think about what I am doing, nothing else.” P3*

*“It made me think about something else. I was feeling better.” P3*

*“I am pretty sure it’s the fact of being outside. To be in another world than what I can see from my hospital window. The feeling of being free.” P5*

Parents noticed positive changes in their child’s anxiety when using the VR application.

*“He usually really likes it after medical procedures. It makes him feel relaxed.” P1’s parent*

*“It helped a lot with anxiety” P2’s parent*

*“He was very stressed, and it seemed like he thought, ‘That could really help.’ Indeed, it worked right away.” P5’s parent*

*“So yes, he used it in difficult times but at the beginning it was more for pleasure or just to keep stress to a normal level.” P5’s parent*

**Effects on mood.** All the parents perceived a change in their child’s general mood when using the game. While this effect was not in the hypothetical conceptual framework, its addition will be explored in the discussion section.

*“It changed his mood. He wasn’t going through stressful situations, but as we have been here for a long period of time, he gets nausea inducing pills and it affects his body’s chemicals. Then, when he plays, it changes his mood. It is like he is here, but we take him to another place where he knows someone, and he is ok.” P1’s parent*

*“Nothing negative. Always positive, he was happy, always.” P2’s parent*

*“Sometimes he laughed when he played.” P3’s parent*

*“I think that motivated her and changed her mood and thoughts. When she’s in there it changes everything. I think that was a great idea.” P4’s parent*

*“He was always very happy, a smile on his face and then he became more proactive in what he was doing.” P5’s parents*

**Effects on isolation.** Children felt the avatar promoted social interactions. As children are socially excluded due to their cancer diagnosis, the avatar constituted one of their only social interactions, bringing social benefits. While this effect was not in the hypothetical conceptual framework, its addition will be explored in the discussion section.

*“It’s like I was talking to someone.” P3*

*“The character brings friendship and when we finish, we can eat and dance.” P4*

*“It was like having a ‘human’ relationship interaction.” P5*

*“It felt good seeing him again.” P5*

**Feeling immersed.** Both parents and children underlined the immersion created by the VR device through reference of escaping the hospital room.

*“I just felt like I wasn’t at the hospital.” P3*

*“I’m in another world.” P4*

*“I don’t forget everything, but I feel like I’m elsewhere.” P5*

*“It’s like getting him out of his hospital room.” P2’s parent*

*“I think it’s a very good project, it allows them to disconnect from the hospital environment and go elsewhere.” P5’s parent*

*“He clearly said, ‘I want to stay in another world, not going back to the hospital.’” P5’s parent*

One parent noticed a high level of immersion during their child’s experience.

*“She was completely in her own world. She didn’t know what I was doing or saying.” P4’s parent*

### Engagement and motivation

The second theme that emerged from the analysis was “Engagement and motivation” towards the multi-platform intervention. Some parents noticed their child felt proud and appreciated their character a lot, resulting in their child’s engagement in the game. Also, some children underlined their appreciation for the transmedia storytelling aspect of the applications.

**Pride.** Parents noticed that their child was very proud of the character they created. This feeling could be associated to the Ikea Effect.

*“At the beginning he was very fascinated. He even showed it to his brother. He was there, he played a few times. He was so jealous. He said, ‘Wow I*

*love your character!’ and then P2 answered ‘Yes! I made it! It’s beautiful, isn’t it?’” P2’s parent*

*“He was always saying, ‘Look at my character!’” P2’s parent*

*“He was proud. That is something he created. It was positive.” P3’s parent*

**Character appreciation.** Children were happy with their character’s look. Drawings and 3D characters are shown on Figure 2.10. This feeling could be associated to Ikea Effect.

*“I love everything about him.” P1*

*“He is exactly the same.” P3*

*“I find him funny.” P5*

*“She told me that her character was exactly as she asked. She was impressed. It’s like you brought it to life.” P4’s parent*

*“He was very happy. It looked exactly like the drawing and all the ideas we provided.” P5’s parent*

**Transmedia storytelling appreciation.** Some older children indicated their appreciation for the transmedia storytelling and the connection between both devices (11 & 12 y.o.).

*“It’s cool. When I changed it on the smartphone application it changed in the headset too. I like it.” P3*

*“I like how it is linked together. When I take a flower in the virtual world, I could see it in the smartphone app.” P4*

On the other hand, the older child (14 y.o.) was less enthusiastic about this part of the project.

*“It was funny but not necessary.” P5*

When asked what he thought about the smartphone application he said:

*“I feel like I would have had as much fun if I would have had only the headset.” P5*

*“It’s more like a distinct activity, but I don’t feel that it helps me to relax.” P5*

**Engagement in the game.** Some parents noticed that their child was engaged in the game:

*“He talked about it just after he played or when he discovered something new or went to a new level in the game.” P1’s parent*

*“He liked the water game with the little animals, he liked it a lot.” P2’s parent*

*“She had so much fun. When she was done with the headset, she always checked on the phone to see the new things she got.” P4’s parent*

**Logistical stakes**

The last theme underlines the logistical stakes of our intervention and some possible areas for improvement.

**Material and technologies.** Parents and children did not encounter many technological problems. One dyad could not stream the VR experience on the smartphone to observe what the child was doing. This application was external and beyond our control (Oculus app).

*“It was the feature allowing the parent to watch, that’s great, but it didn’t work.” P3’s parent*

*“It was great, I watched what she was doing as soon as she connected. Once you showed us how it worked, it worked very well.” P5’s parent*

**Areas for improvement.** Diverse areas for improvement were emphasized. Parents and children underlined the lack of content in the game for a long-term usage:

*“There is this part of the game that didn’t let him a lot of time before the character said, ‘You can remove your headset.’ He would have liked to spend more time in the game.” P1’s parent*

*“I noticed with time, he won and earned points, it’s like linear. Maybe you could raise the difficulty. He is kind of competitive, he likes to win and advance in the game levels but when it’s too easy he doesn’t feel challenged.” P1’s parent*

*“He wanted more. It was the same thing every day. He was saying, ‘Mom, I want more, I want more things to do in the game.’” P2’s parent*

*“When I had played a lot with the same three games, I got bored of doing the same thing all over again.” P3*

Also, the oldest child of the group mentioned that he felt the game was more adapted for younger children:

*“I really feel like it’s for younger children.” P5*

Children had many ideas on how to improve the game and add other games:

*“We could make the character move along with us.” P1*

*“We could add more dialogues maybe and a hide and seek game.” P3*

*“I’d like to go inside the house in VR.” P4*

One of them was more interested by the social aspect of the game:

*“I have an idea, next time, you could create a sort of lobby, where all the children with the headset could come and play together. So, I could see their characters and they could see mine, and we could play all together.” P4*

This idea was also underlined by a parent:

*“In a closed network in the hospital you could link them together so they could talk to each other. Before the COVID-19 pandemic I think they had some sort of mailbox so the children could send letters to one another. We didn’t have that though. But if you take your game, they could play and communicate with each other. That could be interesting.” P1’s parent*

**User experience.** From a user experience perspective, all the children could play. Younger children had a slightly longer learning curve in VR as shared by the parent of a 7-year-old child:

*“His space perception in VR changed with time. At the beginning I had to stay next to him, wrapping my hand around him. Now he is more confident, he can handle all of it. He knows what he has to do and where he can go. It’s like he has a clear picture in mind of what he has around him.” P1’s parent*

The child underlined:

*“I can do anything in the game.” P1*

Another parent, from an older child (12 y.o.) stated:

*“It went well, it was easy to learn.” P4’s parent*

**Targeted population.** One parent raised a point regarding the targeted population chosen for the project. She underlined that hospitalized children for transplantation may not be the best target for our project:

*“Maybe transplantation patients are not the right patients to target. The study was over a two-week period, three weeks because we had a delay. But there were a lot of times in that period where my child wasn’t receptive. He can’t do anything. I speak for my child, but we talked to other parents who didn’t have the headset and could not use it. Some children had oxygen masks for some time. Others had very acute pain. We couldn’t even touch them. It’s almost a lethargic state. They are awake but don’t have any energy. The headset might be too much.” P5’s parent*

When we asked parents and children about their pain coping strategies, parents indicated there were periods when their child could not do anything due to acute pain or heavy tiredness:



*“He didn’t want anything. He was so tired. I think he was upset too. He didn’t want anything, even the TV.” P2’s parent*

*“When he feels pain, he feels pain. He doesn’t do anything else.” P3’s parent*

The oldest child of the group stated:

*“Anxiety increased when I was in very bad shape, so I couldn’t do anything. It was either sleeping or watching television.” P5*

Also, a parent underlined a different coping mechanism:

*“When she is in pain, she likes to distract herself, do something else, watch her favorite shows, it may help her forget.” P4’s parent*

### **Recruitment constraints**

Due to logistical stakes (few patients and number of VR headsets available) and the inclusion criteria (long hospitalisation journey and age range), few patients were available to recruit.

### **Interviews constraints**

Most of the children presented random symptoms due to transplantation, such as migraines, acute mouth and throat pain, or heavy tiredness leading sometime to shortening the interview or redirecting the questions to parents. Moreover, as to not



1	14	22	0	0	0 (0)	0 (0)	0	0	0 (0)	0 (0)
2	30	9	0	0	0 (0)	0 (0)	0	0	0 (0)	0 (0)
3	22	13	8	6	0.615 (2.22)	0.462 (1.66)	2	1	0.154 (0.55)	0.077 (0.28)
4	23	4	5	4	4.25 (0.96)	2 (1.83)	1	4	0.25 (0.5)	0 (0)
5	20	3	1	1	1 (0.58)	1 (0.58)	4	1	2 (1.73)	0.33 (0.58)

Qualitative data from journal

**Experience and effects.** Many parents underlined the effect of the game on their child's mood:

*“His mood is better. He was sad before playing.” P1's parent*

*“He is smiling more!” P5's parent*

One parent stated the virtual reality application helped their child cope with anxiety, but this effect was not sustained.

*“The virtual world helped but anxiety came back a few times after he took the headset off.” P5's parent*

The child of the same parent shared some observations, underlining their high degree of immersion.

*“He said, ‘I forgot I was in my room.’” P5's parent*

*“He said, ‘I wish I did not have to take off the headset. Being in the world felt good.’” P5’s parent*

**Engagement and motivation.** One parent stated their child was very happy and motivated by the game.

*“Very happy to play. He showed it to his teacher.” P2’s parent*

*“He was very happy to play today.” P2’s parent*

Another parent underlined their child’s appreciation for the transmedia story telling.

*“He likes the character dress change from the phone to the headset.” P3’s parent*

**Logistical stakes.** The logistical stakes stated in the parent journals were mostly about adding new content in the game.

*“Increase the duration of the scene before asking to turn off the headset.” P1’s parent*

*“He’d like to spend more time in the game.” P1’s parent*

*“He would like to play more games with his character.” P2’s parent*

*“Having a game where you throw the farthest. Add high fives and cheering after she breaks open the pinata.” P4’s parent*

Also, one parent mentioned the fact that hemato-oncology patients may not be the best target population for this kind of intervention.

*“I don’t know if all the participants are hospitalized for transplantation, but we quickly understood that P5 wasn’t able to use the headset often when he was in the peak of the treatment. He had mucositis, sleep inducing medicine for pain, lack of energy and strength. It’s the first evening he can use it and he asked to use it for therapeutic purposes.” P5’s parent*

#### 4.5.4 - Satisfaction Questionnaires

Satisfaction results for children, parents, and healthcare professionals are presented in Tables 4.3, 4.4, and 4.5. For both the children and parent surveys, “I don’t know was not a possible answer choice. As we did not want the participants to feel forced to provide an answer, we offered them the possibility of not answering a question if they did not know or if they could not answer.

### 4.3 – Children’s satisfaction survey – Résultats des questionnaires de satisfaction des enfants (n=5)<sup>9</sup>

	Non	Un peu	Oui
J'ai aimé participer à l'atelier créatif pour créer mon avatar-ami	0	0	5
J'aime l'apparence de mon avatar-ami	0	0	5
J'aime les environnements virtuels du projet Un ami pour la vie	0	1	4
Les explications de l'étudiante-chercheure (Estelle Guingo) m'ont permis de bien comprendre comment les différentes applications fonctionnaient	0	1	4
Le jeu Un ami pour la vie m'a permis de ressentir moins de douleur pendant mon hospitalisation	1	2	2
Le jeu Un ami pour la vie m'a permis d'être plus calme et de contrôler mes émotions pendant mon hospitalisation	1	0	4
J'ai aimé utiliser le jeu Un ami pour a vie durant mon hospitalisation	0	0	5
J'aimerais réutiliser le jeu Un ami pour la vie lors d'une prochaine hospitalisation	0	0	5
			<b>Note moyenne</b>
Sur une échelle de 0 à 10 qu'elle note donnerais-tu au jeu Un ami pour la vie?			8.4 (1.52)

<sup>9</sup> Dans le cadre de cette thèse, ce tableau ainsi que les deux suivants n'ont pas été traduit en anglais afin de présenter les questions dans le langage utilisé pendant la collecte. Dans le cadre de la publication de l'article, ce tableau sera traduit.

#### 4.4 – Parents' satisfaction surveys – Questionnaires de satisfaction des parents

	Fortement en désaccord	En désaccord	En accord	Fortement en accord	Nombre de répondants
Le jeu Un ami pour la vie a permis à mon enfant de gérer son anxiété	0	0	1	4	5
Le jeu Un ami pour la vie a permis à mon enfant de gérer sa douleur	0	0	2	2	4
L'utilisation du jeu Un ami pour la vie à nuï à l'hospitalisation de mon enfant	5	0	0	0	5
Il est facile de comprendre comment utiliser le jeu Un ami pour la vie	0	0	2	3	5
Je réutiliserais le jeu Un ami pour la vie pour d'autres hospitalisations	0	0	1	4	5
Le contenu vidéoludique proposé était adapté à l'âge de mon enfant	0	0	1	3	4
L'utilisation du jeu un ami pour la vie était adaptée au contexte hospitalier	0	0	0	5	5
Le concept d'utiliser un jeu tel qu'Un ami pour la vie lors de l'hospitalisation des enfants est une idée qui vaut la peine d'être développée	0	0	0	5	5

#### 4.5 - Healthcare professionals' satisfaction surveys results – Questionnaires de satisfaction des professionnels de la santé impliqués

	Fortement en désaccord	En désaccord	En accord	Fortement en accord	Ne sais pas	Nombre de répondants
Le jeu Un ami pour la vie a permis aux enfants de gérer leur anxiété	0	1	1	1	1	4
Le jeu Un ami pour la vie a permis aux enfants de gérer leur douleur	0	1	1	1	1	4
L'utilisation du jeu Un ami pour la vie à nuï au déroulement de l'hospitalisation des enfants	2	2	0	0	0	4
Il est facile de comprendre comment utiliser le jeu Un ami pour la vie	0	0	0	2	2	4
Je réutiliserais le jeu Un ami pour la vie pour d'autres hospitalisations d'enfants	0	0	0	2	2	4
Le contenu vidéoludique proposé était adapté à l'âge des enfants	0	0	1	1	2	4
L'utilisation du jeu un ami pour la vie était adaptée au contexte hospitalier	0	0	1	2	1	4
Le concept d'utiliser un jeu tel qu'Un ami pour la vie lors de l'hospitalisation des enfants est une idée qui vaut la peine d'être développée	0	0	1	2	1	4

#### 4.5.5 - Healthcare professionals' opinions regarding the intervention

The themes that emerged from the analysis encompass opinions on pain and anxiety management, experience and effects of our intervention, and its logistical stakes.

Pain and anxiety management in the pediatric hemato-oncology context



Two respondents underlined the fact that pain was globally well managed on their unit.

*“I think we use already many pain management strategies, such as frozen or vibrant devices for needle-related procedures or sensorial kits.”  
Healthcare Professional 2 (HP2)*

*“Pain management is often well managed with the pain clinic who take into account rehabilitation professionals’ observations.” HP4*

That being said, three respondents stated that anxiety management was not optimal and that there was a lack of resources.

*“Anxiety management is often put aside with a psychologist meeting once a week for only option and sometime a psycho-social professional.” HP2*

*“A cancer diagnosis and cancer treatment are very anxiety inducing and we don’t have many tools and time to guide patients through it.” HP2*

*“Pain is globally well managed, but anxiety not so much. We don’t have many tools and resources as nurses to help our patients.” HP3*

*“Anxiety management is sometimes suboptimal.” HP4*

Also, opinions about the integration of videogames as pain and anxiety management tools were all positive.

*“A great idea for children. They are much more isolated than before the COVID-19 pandemic and have much less contact with others. It can be a good way to distract them.” HP1*

*“Children’s interest in technologies is still increasing. I think that including hobbies as technology is very beneficial in distraction, improving*

*one's mood, and capturing the attention of children, so they cooperate more during healthcare procedures." HP2*

*"Older children and teenagers are more interested in these methods." HP3*

*"I think it is a good idea and children are interested in it." HP4*

#### Experience and effects

Some respondents underlined that our intervention had a positive effect on anxiety and mood.

*"Great tool to change ideas. Especially on days with a lot of unpleasant procedures." HP2*

*"I love the concept. It is innovative and it has a lot of possibilities. I think it can really help patients focus on something else and reduce their anxiety." HP3*

One respondent stated that she did not notice any effect.

*"I cannot say I noticed any effect." HP4*

Two respondents noticed children's engagement and motivation.

*"Children love to introduce me to their avatar and talk to me about all the activities they can do with them. They seem to be excited to play with the applications and I think that it can benefit patients with long term hospitalizations." HP2*

*“I just saw the first day, but the patient was very motivated and interested in the project.” HP3*

### Logistical stakes

When asked what they would improve in the next iteration or our research project, many respondents underlined the lack of communication on the unit or the fact that they did not use the application for enough time in order to provide an opinion.

*“Present the research project with the patient’s nurse. I didn’t know what the objective of the game was.” HP1*

*“It is better present the project objectives and inform us if it’s possible to integrate it in therapies for example.” HP4*

*“I was not involved with the project much, so I don’t know what could be improved but I think the idea is great!” HP1*

*“I only saw the first day.” HP3*

One respondent underlined the necessity to adapt virtual world to older patients when asked what improvements could be made to the intervention.

*“Having more virtual worlds that are older patient-friendly.” HP3*

#### *4.6 - Discussion*

Results of our study show that the use of an avatar within a transmedia virtual environment presented potential for pain and anxiety management in hospitalized pediatric hemato-oncology patients. All children used the intervention during the two-week period. Even though they did not all use the intervention at the same frequency, many of them noticed (or their parent noticed) a positive effect on anxiety or pain. Pain and anxiety reduction was reported in parents' diary and highlighted during the interviews. Also, 50% of the healthcare professional respondents answered that the game helped patients manage anxiety and pain.

Younger children tended to play "for fun," rather than for anxiety and pain management purposes, leading them to get bored of the game as they played too much. Older children that used the game more sporadically did not indicate signs of boredom. Based on these findings, it may be better to present the headset as a possible solution patients can request when needed. This way, children will use the headset only for pain and anxiety management and they will not get bored too fast. This procedure would bring some challenges as the use of the must remain simple for healthcare professionals that are not always familiar with technologies (Son et al., 2022).

Moreover, our results led us to question the targeted population as it was underlined that, even if children used the intervention and positive effects were noticed, many children in the group had long and acute periods of pain which prevented them from using the headset or any other distractions. Also, some children refused to do anything when they were in pain.

Even though it was not our main goal, we observed that our intervention could be useful to improve social interactions in children hospitalized for cancer treatments as it offered them a virtual friend to play with. Social isolation in chronically ill patients can lead to anxiety and depression (Clarke & Currie, 2009). In hindsight, we think that a social and emotional response optimization of the character with voice recognition and artificial intelligence could have offered moral support to children. Some participants suggested we improved the game by linking participants together and adding a multiplayer feature to allow children to interact with each other and with other children's characters.

Other areas of improvement included adapting the game to the hospital context and children's needs. The oldest participant (14 y.o) underlined that the content was more adapted for younger children. This feedback was also shared by one of the healthcare professional respondents in the open-ended questionnaires. This emphasizes the importance of age targeting when creating a virtual experience for pain and anxiety management, an aspect often neglected in VR research projects.

Furthermore, as reported in other studies (Hodent, 2017; Isbister, 2016) our game evoked emotions such as pride or happiness and changed the player's general mood. (Hodent, 2017; Isbister, 2016) All children appreciated their character and parents noticed their child were proud of the character they created. We think that these feelings could possibly be related to an Ikea Effect (Norton et al., 2012).

Satisfaction was high with both children and their parents. This shows the potential of and interest for our multiplatform intervention. However, these results must be interpreted with caution as we recruited a small sample of participants. It is encouraging feedback which emphasizes the relevance to pursue the AVATAR project with a larger sample size and with a different research design.

Most nurses and parents reported that the intervention did not harm children's hospitalization journey and was adapted to the hospital context, showing that the project is feasible on the hemato-oncology unit. Moreover, only minor technical issues were encountered during the trial and no VR side effects were reported.

To our knowledge, this study is the first to explore the use of transmedia storytelling and unique customizable avatars. The study limitations are related to the small sample size, due to the time-consuming aspect of the avatar conception and technology shortage at the time. Also due to the COVID-19 pandemic, we could not share headsets among the participants. For all these reasons, in addition to the costs related to the purchase of the device, we could not recruit more study participants. Moreover, semi-structured interviews with children can be difficult specifically with younger children that may be shy, impressionable or unable to provide detailed responses (Banister & Booth, 2005; Kortessluoma et al., 2003). Younger children do not always have the capacity to explain or to argue a complex subject such as pain and anxiety management. Most interviews had to be shortened due to children's health status and some participants were distracted by healthcare staff's usual checkups. Including parents in the assessment of pain and anxiety allowed us to get information throughout the whole study period. However, this also generates some limits and bias to the study. Indeed, a parent that really wanted to believe in our intervention may have overestimated the pain and anxiety reduction in their child. Also, relying on participants or their parents for data collection may have led to data omission, if for example they do not recall how to use the application or how to complete the journal. Also, many difficulties and limitations were encountered with study procedures that included healthcare professionals. First, we encountered recruitment struggles due to low questionnaire response rate despite many calls to participating healthcare professionals. This could be due to healthcare professionals' lack of time during their shift. The lack of communication between the project staff and healthcare professionals highlighted in

the surveys may be due to the nature of nurses' shifts, with nurses not always being able to observe their patient using the applications or follow the effects of the application on the patient. These limitations led us to recruit less participants and prevented us from reaching data saturation.

Finally, the use of avatars within a multiplatform virtual environment shows potential benefits for pain and anxiety management in children hospitalized for cancer treatments on an hemato-oncology unit even though their medical state did not always allow them to use VR. The applications could help this population by reducing their isolation and improving their general mood. Children were engaged in the intervention. Findings suggest both parents and children were highly satisfied with the intervention and found that the intervention was useful for pain and anxiety management. Further research is needed to improve our prototype. As well, a randomized controlled trial with larger sample size is needed to assess the efficacy of the intervention for pain and anxiety management in children hospitalized for cancer-related treatments.

## **CHAPITRE 5 - DISCUSSION**

Cette thèse avait pour objectif de développer et d'évaluer la faisabilité et l'acceptabilité à l'égard d'avatars personnalisés intégrés à un environnement transmédiateur conçu pour la gestion de l'anxiété et de la douleur de jeunes patients. En plus de concevoir de toute pièce cette solution thérapeutique transmédiateur, nous avons également comme objectif de valider la faisabilité et l'acceptabilité d'une telle intervention en contexte de soins d'hémo-oncologie pédiatrique. Ce chapitre de discussion présente une réflexion complémentaire aux sections de discussion précédemment présentées dans les articles. Dans un premier temps, les différentes contributions aux domaines de la gestion de la douleur chronique en hémo-oncologie pédiatrique ainsi qu'à l'intégration du jeu sérieux en contexte hospitalier seront présentées. Par la suite, des considérations logistiques seront abordées. Enfin, les critères de scientificité régissant la crédibilité d'un projet de recherche seront évalués relativement à ce projet.

### *5.1 - Contributions à la gestion de la douleur et de l'anxiété en hémo-oncologie pédiatrique*

Tel que mentionné précédemment, le but de ce projet doctoral était de développer une application multi-plateforme basée sur un avatar ami personnalisé et de tester son effet sur la douleur et l'anxiété chez des enfants hospitalisés en hémo-oncologie. Par la suite, la faisabilité et l'acceptabilité de l'intervention ont été évaluées auprès des patients, de leurs parents et des professionnels de la santé sur cette unité de soins. Les



résultats ont montré des effets positifs sur l'anxiété et la douleur des jeunes patients participant à ce projet de recherche. De plus, les réponses des professionnels de la santé suggèrent que les infirmières et les infirmiers possèdent plus d'outils pour guider les patients dans leur gestion de la douleur que dans leur gestion de l'anxiété. Tutelman et al. (2018) vont plus loin dans l'analyse de la gestion de la douleur en soulignant que les études menées dans ce domaine se concentrent généralement sur la prévention et la gestion de la douleur procédurale, laissant de côté la douleur post-traitement pourtant soulignée par les patients et leurs parents comme la source la plus commune de douleur durant la lutte contre le cancer. En ce qui concerne la gestion de l'anxiété, une analyse de contenu menée par Lazor et al. (2021) a révélé que seulement 13 des 118 guides sur le cancer pédiatrique ou la greffe de cellules souches hématopoïétique recensés pour l'étude contiennent des informations sur la gestion de l'anxiété. Ces deux études soulignent l'importance d'apporter de nouvelles interventions pour la gestion de la douleur et de l'anxiété en hématologie pédiatrique. Notre intervention multiplateforme, en plus de constituer une potentielle nouvelle solution pour la gestion de la douleur et de l'anxiété, est une solution non-pharmacologique. Ce type de solutions qui exploitent le plein potentiel immersif de la réalité virtuelle permet notamment de réduire l'utilisation de médicaments, tels que les opiacés, qui peuvent conduire à une addiction (McSherry et al., 2017).

Au cours de notre étude, nous avons également constaté un effet bénéfique sur l'isolement social, un problème fréquent qui peut causer de l'anxiété et des symptômes de dépression chez les enfants hospitalisés en hématologie, immunodéprimés et généralement loin de leur famille et de leurs amis (Clarke & Currie, 2009). De plus, plusieurs parents ont observé une amélioration de l'état émotionnel (*eng. mood*) des enfants suite à l'utilisation de notre intervention multiplateforme. En les plongeant dans un environnement imaginaire et fantastique dissocié du contexte hospitalier et en leur offrant la possibilité d'interagir avec un ami virtuel, nous avons réussi à améliorer leur

état émotionnel. L'aspect social de cette expérience immersive rappelle l'intervention des clowns thérapeutiques pour la gestion des émotions et du stress chez les enfants hospitalisés en hémato-oncologie. Les clowns thérapeutiques sont considérés comme plus populaires chez les patients les plus jeunes (Wu et al., 2022). Cette affirmation est confirmée par une étude sur la relation entre les enfants et les clowns thérapeutiques, qui montre que les enfants les plus jeunes sont plus enclins à créer un lien relationnel « magique » avec les clowns thérapeutiques que les adolescents, qui sont plus distants et terre-à-terre (Linge, 2012). Grâce à la flexibilité de la réalité virtuelle et des nouvelles technologies, notre intervention peut offrir une solution de gestion émotionnelle aux enfants plus âgés généralement réceptifs et intéressés par les nouvelles technologies. En proposant une variété d'outils adaptés aux besoins des enfants, nous pouvons non seulement offrir des ressources pour tous, mais aussi réduire le risque de désintérêt causé par la répétition d'une même intervention régulière.

La population ciblée pour cette intervention était constituée de patients hospitalisés en hémato-oncologie pédiatrique âgés de 6 à 17 ans. Toutefois, cette population pourrait ne pas être la meilleure pour ce genre d'interventions en raison des différents effets secondaires associés aux traitements et aux procédures (Bryant, 2003), tels que les greffes, qui peuvent empêcher les patients d'utiliser le casque de réalité virtuelle. Toutefois, pendant toute la durée de l'essai, aucun effet secondaire lié à l'utilisation de notre application multiplateforme n'a été signalé. L'optimisation du contenu vidéoludique a permis de créer un prototype de jeu stable à la fois sur mobile et en réalité virtuelle, qui ne semble pas avoir causé de cyber-malaises chez les participants de la présente étude.

## *5.2 - Contributions au domaine du jeu sérieux en contexte hospitalier*

De manière générale, l'étude du contenu vidéoludique est un sujet rarement abordé dans les études portant sur les jeux vidéo conçus et utilisés dans des contextes sérieux, tels que le domaine hospitalier. Notre démarche de recherche-création offre une transparence qui permet à notre projet d'être évalué par nos pairs dans son ensemble, mais offre également de nouvelles pistes de réflexions pour la conception de jeux vidéo thérapeutiques. Notre proposition de cadre conceptuel pour l'utilisation d'avatar personnalisés dans un environnement virtuel transmédiateur pour la gestion de l'anxiété et de la douleur (Figure 2.11) est appuyée par les résultats obtenus lors de la collecte de données. Plusieurs enfants et parents ont observés des effets positifs sur la douleur et/ou sur l'anxiété et ont montré un haut taux de satisfaction. Les participants ont partagé leur motivation et leur engagement envers le jeu, et ont également démontré beaucoup d'enthousiasme à l'égard de leur personnage et de sa conception. Nous pensons que cette motivation est amplifiée par le biais cognitif « IKEA Effect », cependant une étude avec une approche ciblée sur le IKEA Effect serait nécessaire.

Les résultats de nos entretiens ont aussi soulevé des liens que nous n'avions pas considérés dans notre cadre conceptuel avant la mise à l'essai. Tout d'abord, plusieurs enfants ont souligné l'apport de la présence de leur personnage sur leur sentiment de solitude dû à leur isolement social. Aussi, plusieurs parents et enfants ont souligné un bénéfice sur l'humeur générale qui n'était pas inclus dans notre cadre conceptuel. Alors que les enfants plus jeunes étaient très motivés par l'aspect transmédiateur de notre intervention, l'enfant le plus âgé avait un avis plus mitigé. Le lien entre le transmédia et l'engagement reste positif mais semble relatif à chaque enfant.

En termes de contenu vidéoludique, l'étendue d'âge des patients ciblés dans notre projet nous a amené à reconnaître l'importance de l'adaptation du contenu en fonction de leur âge. Ce sujet, absent de la littérature scientifique sur l'utilisation de la réalité virtuelle en contexte hospitalier, pourrait certainement optimiser les effets des jeux sérieux pour la gestion de la douleur et de l'anxiété, et peut-être même dans d'autres domaines comme la réadaptation ou la sensibilisation.

La courbe d'apprentissage pour l'utilisation de la réalité virtuelle et l'interaction s'est avérée plus rapide que ce que nous avons envisagé. Ainsi, la simplification des mécaniques de jeu, qui avait été jugée nécessaire pour les enfants les plus jeunes, aurait peut-être pu être équilibrée par un temps d'apprentissage plus long. Des interactions plus complexes, comme le déplacement par téléportation dans l'espace virtuel, auraient pu offrir plus de liberté aux joueurs et prolonger la durée de vie du jeu. Les enfants les plus jeunes ont eu tendance à utiliser le jeu comme une distraction, ce qui les a menés à perdre leur intérêt envers le jeu plus rapidement, alors que cela n'a pas été observé chez les enfants plus âgés qui ont utilisés le jeu de manière plus sporadique.

L'exploration novatrice du transmédia dans la gestion de la douleur et de l'anxiété, ainsi que l'intégration d'avatars personnalisés à une application en réalité virtuelle, ont pavé la voie à un projet créatif de grande envergure, caractérisé par son audace technique. Au cœur de cette initiative, la conception et l'optimisation des personnages ont joué un rôle clé, et leur mise en œuvre pratique sur le terrain se sont déroulés sans accroc.

Ce projet ne se contente pas de repousser les limites de la santé numérique, mais il contribue également à tracer la voie de nouvelles recherches et solutions thérapeutiques digitales visant à améliorer la gestion de la douleur, de l'anxiété et de l'isolement social. Il revêt également une contribution méthodologique considérable dans le domaine de la recherche-création. En effet, notre approche transdisciplinaire a impliqué la

collaboration de nombreux experts, à la fois dans le domaine de l'hémo-oncologie pédiatrique mais aussi de la conception d'expériences immersives. Cette démarche s'intègre dans une perspective de recherche intersectorielle qui transcende les frontières traditionnelles des disciplines et met en avant l'importance de la complémentarité des compétences dans la création de jeux sérieux à visée thérapeutique.

Malgré la complexité de la gestion de nombreux acteurs et la nécessité d'une organisation rigoureuse à chaque étape de la recherche, cette approche a abouti à la création d'un jeu technologiquement optimisé, adapté à l'environnement hospitalier, tout en prenant en considération les besoins spécifiques et la réalité des patients et de leur famille. Cette démarche met en lumière le potentiel de l'union des arts et des sciences de la santé dans une perspective de bien-être commun, en particulier pour les enfants hospitalisés en hémo-oncologie. Elle démontre la capacité des approches intersectorielles à repousser les limites de l'innovation et à apporter des solutions créatives aux défis complexes de la santé et du bien-être.

### *5.3 - Considérations méthodologiques en recherche-crédation*

Du point de vue de l'intégration créative dans l'intervention, le processus de conception de personnage est un procédé chronophage qui aurait besoin d'être automatisé ou délégué à une équipe de production. La piste de l'innovation dans l'automatisation et la transformation d'un dessin en modèle 3D est une voie de recherche-crédation intéressante et pertinente qui ajouterait une plus-value indéniable au projet. L'utilisation de l'intelligence artificielle combinée à l'apprentissage automatique (*machine learning*) pourrait permettre de créer un système complexe de conversion

entre un dessin et sa transformation en modèle 3D. Par ailleurs, le *texturing* d'un personnage à l'aide d'un coloriage pré-établi (Magenat et al., 2015) pourrait permettre d'utiliser le projet dans des services où l'hospitalisation est de courte durée ou lors de procédures douloureuses, comme aux urgences. Il serait également possible de proposer un système proposant au patient de créer son personnage de manière autonome, en utilisant des éléments préfabriqués aux couleurs personnalisables.

Les approches de recherches utilisées pour réaliser ce projet de recherche, soit la recherche-action et le *design thinking*, sont toutes deux basées sur un processus cyclique. Ce cycle permet de récupérer les conclusions tirées à la fin d'une itération pour en commencer une nouvelle, au cours de laquelle de nouveaux objectifs sont définis et les pistes d'améliorations sont identifiées. Par la suite, il s'agit de soit démarrer un nouveau projet, soit continuer à répondre aux besoins définis, soit en définir de nouveaux. Dans le cas présent, les données collectées et leur analyse ont produit des résultats encourageants, ouvrant la voie à des essais à plus grande échelle dans le service d'hémo-oncologie pédiatrique. Dans le cas d'une mise à l'essai avec un échantillon plus important, il sera nécessaire de considérer une intervention multicentrique pour augmenter le bassin de potentiels participants pour le recrutement. Le taux de satisfaction élevé et la validation de la faisabilité de l'intervention dans un service aussi contraignant que l'hémo-oncologie pourraient également permettre de transférer cette intervention vers d'autres services à plus longue durée d'hospitalisation.

#### 5.4 - *Considérations logistiques*

L'utilisation de la réalité virtuelle et des nouvelles technologies dans un contexte hospitalier présente généralement des défis logistiques importants pour les

professionnels de la santé, qui sont généralement peu familiers avec ces outils (Son et al., 2022). Cependant, aucun problème technique majeur n'a été signalé au cours de notre étude et aucune responsabilité technique n'a dû être déléguée au personnel du service hémato-oncologie ou au service des technologies de l'information du CHU Sainte-Justine. L'utilisation d'un logiciel de gestion de flotte a permis d'éliminer tout besoin d'installation et de préparation de contenu avant l'utilisation du casque de réalité virtuelle. De plus, la mobilité offerte par le casque portable a simplifié les besoins matériels par rapport à un casque filaire nécessitant un ordinateur performant et une gestion de contenu via son système d'exploitation.

Les parents et les professionnels de la santé interrogés sont d'accord pour dire que l'intervention n'a pas nui à l'hospitalisation des enfants et qu'elle était adaptée au contexte hospitalier. Nos résultats suggèrent donc une bonne faisabilité et une bonne intégration à l'environnement hospitalier. De plus, un haut taux de satisfaction a été observé tant chez les enfants que chez les parents. Les professionnels de la santé ont montré un intérêt pour le projet, bien que quelques problèmes d'organisation et de communication ne leur aient pas toujours permis de juger de leur satisfaction vis-à-vis du projet. Le contexte pandémique dans lequel s'est déroulé la collecte de données a su mettre le système de santé à l'épreuve depuis l'apparition de la COVID-19. Ce dernier associé à la pénurie de main d'œuvre au Québec plus spécialement en contexte hospitalier a pu exacerber les problèmes de communication et d'organisation entre notre équipe et le personnel de soin qui sont généralement très occupés.

### 5.5 - Critères de scientificité

Les critères de scientificité relatifs aux études qualitatives ont été considérés afin de d'optimiser la qualité et la crédibilité de notre étude (Drapeau, 2004; Proulx, 2019).

#### 5.5.1 - Crédibilité ou validité interne

Le principe de crédibilité, parallèlement à la validité interne, est un critère de scientificité qui vise à vérifier la cohérence et de la pertinence des résultats tout en minimisant les biais. Dans cette optique, les sources de collecte de données ont été multipliées afin d'atteindre une triangulation des données. Les biais liés aux méthodes de collectes ont été considérés, principalement dans l'évaluation des résultats présentés au chapitre 5.

Le biais de désirabilité sociale, qui désigne la volonté d'un participant à vouloir faire plaisir à l'interviewer en donnant la « bonne réponse » ou en répondant de manière socialement acceptable (Bergen & Labonté, 2020), peut être présent lors d'entrevues semi-dirigées, surtout lorsque la personne qui a créé l'intervention mène les entrevues. Afin d'éviter ce biais, chaque duo a été informé en début d'entrevue que les questions posées n'attendaient pas de réponses particulières. De plus, les entrevues ont été menées en duo parent/enfant pour mettre l'enfant à l'aise. Les biais d'interviewer (Pannucci & Wilkins, 2010) ont été minimisés grâce à l'utilisation d'un guide d'entrevue et à la formulation de questions neutres.

En outre, les mesures d'anxiété et de douleur par le parent pour le journal de bord pourraient avoir été influencées par un biais de confirmation. En effet, un parent qui



croit ou qui est convaincu de l'efficacité de la réalité virtuelle pour la gestion de la douleur et de l'anxiété pourrait en surestimer la diminution observée pendant et/ou après son utilisation.

#### 5.5.2 - Transférabilité ou validité externe

Le critère de validité externe est un critère de scientificité relatif à la généralisation des résultats à une population plus large. Il est important de rappeler que la validité externe n'est pas le principal objectif de ce projet doctoral, qui est plutôt l'étude de la faisabilité et de l'acceptabilité de l'intervention. Dans une étude qualitative, la validité externe est généralement soulignée par une saturation des données. Cependant, dans le cas de notre étude, l'échantillon restreint d'enfants et de professionnels de la santé n'a pas permis d'atteindre une saturation des données. De plus, la pénurie technologique et l'impossibilité de partager le matériel entre les participants en raison de la COVID-19 ont limité les possibilités d'augmenter le nombre de participants chez les enfants.

#### 5.5.3 - Équilibre

L'équilibre des résultats a été assurée grâce à la participation de plusieurs co-chercheurs dans la relecture des verbatims anonymisés, l'analyse des différentes données et la catégorisation dans les thèmes émergents.

#### 5.5.4 - Critères de scientificité relatifs à la recherche-action

Bien que les critères de scientificités établis précédemment régissent la crédibilité des projets de recherche de manière générale, certaines approches de recherche ont leurs propres critères de scientificité. C'est le cas de la recherche-action, qui en plus de respecter les critères précédents, se soumet à quatre critères supplémentaires (Bourgeois, 2016) : le respect des valeurs et des principes démocratiques, la faisabilité, l'appropriation et la cohérence systémique.

#### 5.5.5 - Respect des valeurs et des principes démocratiques

L'implication d'individus parfois non-familiers avec la recherche est une caractéristique clé de la recherche-action. Cette implication implique que chaque sujet inclus dans la recherche doit être considéré comme co-chercheur et être intégré tout au long du processus. Il est ainsi primordial de créer une atmosphère propice au partage et à la productivité. Dans notre cas, plusieurs experts en santé, ainsi qu'un ancien patient et un parent de patient antérieur, ont été inclus dans la phase de conception, prototypage, analyse et publication. La collecte de données a été réalisée par moi seule, en raison du besoin de formation en recherche demandé par le comité éthique pour les co-chercheurs en contact avec les patients, mais aussi pour limiter les visiteurs dans une population à risque, et créer un lien de confiance avec les patients et leurs familles. Les co-chercheurs experts en psychologie de l'enfance sont restés vigilants afin de prévenir les effets secondaires et les signes de détresse tout au long de la collecte de données.

### 5.5.6 - Faisabilité

L'évaluation de la faisabilité de notre intervention a été réalisée avec la participation de tous les co-chercheurs et les représentants de la population à l'étude. Chacun a pu apporter son point de vue et sa perception du contexte hospitalier, permettant ainsi d'établir une communication efficace sur le terrain. Chaque groupe de représentants a été en mesure d'apporter une perspective différente, qu'elle soit sociale, logistique ou médicale. Pendant la collecte de données, certains points clés ont été soulevés, comme la difficulté d'utilisation du casque de réalité virtuelle par les enfants ayant subi des greffes, ce qui représente un point important à considérer pour l'évaluation de la faisabilité lors d'une nouvelle itération du projet.

### 5.5.7 - Appropriation

Le critère d'appropriation vise à déterminer si les participants et les co-chercheurs s'approprient les résultats dans un objectif d'*empowerment* (Bourgeois, 2016). Dans notre étude, il est difficile de vérifier si les participants ont continué à utiliser le casque de réalité virtuelle comme outil de distraction thérapeutique, car le prototype créé possède une durée de vie restreinte, initialement de deux à trois semaines. La conception d'un jeu vidéo est un processus très chronophage et l'équipe de développement étant réduite, il n'était pas envisageable de créer un prototype avec une durée de vie plus importante. De plus, en ce qui concerne les co-chercheurs du milieu médical, qui pourraient éventuellement utiliser la réalité virtuelle pour la gestion de la douleur/anxiété de leur patient, le choix n'est généralement pas le leur et il est parfois difficile d'intégrer une telle intervention à un service hospitalier et changer les pratiques courantes. Nous pouvons seulement espérer que l'effet bénéfique constaté dans notre projet les incitera à recommander ou à adapter ce type d'outils et à

poursuivre leur participation à des projets de recherche intégrant des stratégies vidéoludiques thérapeutiques.

#### 5.5.8 - Cohérence systémique

Le dernier critère de scientificité propre à la recherche-action est la cohérence systémique, qui assure à la fois la rigueur de la démarche mais aussi l'alignement des objectifs visés, de la méthodologie, de la collecte et de l'analyse de données (Bourgeois, 2016). Dans le cadre du projet AVATAR, le protocole de recherche a été établi en impliquant tous les co-chercheurs experts en recherche, afin d'assurer un processus rigoureux de collecte de données. Tous les guides d'entrevue et les outils relatifs à la collecte ont été créés puis validés par plusieurs co-chercheurs, en fonction de leur expertise et de leur expérience.

#### 5.6 - Limites

Il est important de noter les différentes limites inhérentes à ce projet de recherche. Tout d'abord, comme souligné précédemment, certains participants ont présenté des symptômes de fatigue, de maux de tête ou de mucosites lors des entrevues semi-dirigées, ce qui a parfois conduit à écourter la discussion ou à la rediriger vers le parent. Il était également parfois difficile de créer un dialogue ou d'obtenir une opinion élaborée lors des discussions avec les patients les plus jeunes. De plus, le nombre de patients disponibles pour le recrutement était très limité, ce qui a ralenti le processus de recrutement et pourrait représenter un obstacle important lors d'un recrutement à grande échelle. Les deux collectes de données (enfants et professionnels de la santé)

présentent toutes les deux des limites au niveau de l'échantillonnage pour des raisons différentes, définies dans les chapitres précédents.



## CONCLUSION

Ce projet doctoral consistait au développement et à la mise à l'essai d'une application multi-plateforme sur mobile et réalité virtuelle pour la gestion de l'anxiété et de la douleur d'enfants hospitalisés en hémato-oncologie. L'objectif principal était de s'assurer de la faisabilité et de l'acceptabilité de l'intervention en milieu hospitalier pédiatrique.

Les résultats de la mise à l'essai ont démontré que l'utilisation d'applications multi-plateforme pour la gestion de la douleur et de l'anxiété est faisable, acceptable et présente des effets positifs sur l'anxiété et la douleur, et également sur l'humeur et l'isolement sociale. Plusieurs points clés ont été identifiés afin d'améliorer le contenu vidéoludique et sa durée de vie en prévision d'une nouvelle itération et d'une utilisation à plus long terme.

La popularité croissante des nouvelles technologies en contexte hospitalier va de pair avec les évolutions technologiques qui ouvrent régulièrement la porte à de nouveaux horizons pour les projets de recherche. L'adaptabilité, la flexibilité et la variété grandissante des nouvelles technologies, telles que la réalité virtuelle ou la réalité augmentée, leur permettent de s'adapter à différents contextes médicaux en s'associant par exemple à des capteurs physiologiques. Si les stratégies thérapeutiques numériques sont de plus en plus populaires, il est important de rappeler que l'intégration de la réalité virtuelle et des nouvelles technologies en contexte hospitalier n'a pas pour objectif de

remplacer le personnel soignant ou les psychologues à l'enfance, mais de les soutenir en leur fournissant des outils diversifiés et adaptés à leurs besoins.

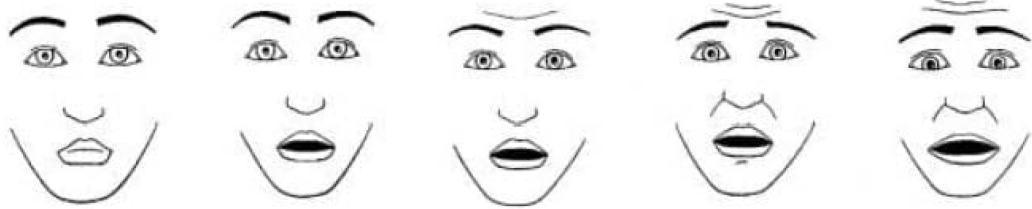
L'apparition de l'intelligence artificielle et son intégration dans le domaine du jeu sérieux thérapeutique pourraient ouvrir de nouvelles voies d'exploration et d'optimisation du jeu sérieux. Dans notre cas, les outils conversationnels intelligents (*eng. Natural language processing*) tel que *ChatGPT*, combinés à un système de reconnaissance vocale, pourraient permettre de créer des avatars-amis intelligents qui tiendraient des discussions naturelles avec le patient. Cependant, bien que l'intelligence artificielle puisse apporter un support moral qui semble prometteur, il serait nécessaire d'appliquer des filtres ou d'instaurer des règles afin d'éviter les impairs sociaux ou relationnels en abordant des sujets trop sensibles ou en donnant des réponses trop directes.

Ainsi, l'évolution technologique constante et effrénée dans laquelle nous vivons constitue une époque stimulante pour la recherche et l'innovation. Elle s'accompagne également d'enjeux éthiques importants qu'il sera nécessaire d'adresser avec réflexivité. L'accessibilité grandissante d'outils complexes tels que l'intelligence artificielle rend nécessaire l'éducation du public quant à leur utilisation et leurs perspectives.

Cette éducation revêt une importance particulière dans l'intégration des nouvelles technologies dans des domaines comme la santé, où les professionnels ne sont pas toujours familiers avec les concepts et les pratiques technologiques. Ce besoin souligne une fois de plus l'importance d'allier les expertises de recherches multidisciplinaires dans des projets intégrant des dimensions technologiques, créatives et médicales.

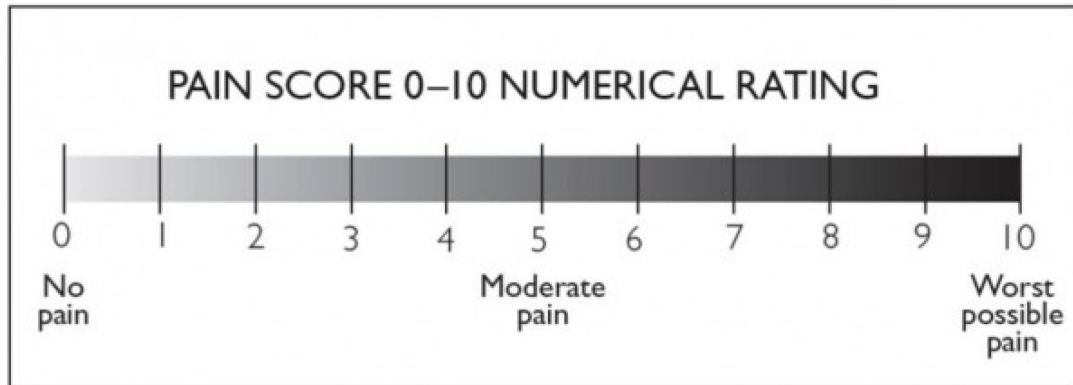


**ANNEXE A**  
**CHILDREN FEAR SCALE**





**ANNEXE B**  
**NUMERICAL RATING SCALE**





APPROUVÉ PAR LE COMITÉ D'ÉTHIQUE

30 MAI 2022

#2022-3924

CHU SAINTE-JUSTINE

ANNEXE C  
FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR LES PARTICIPANTS ENFANTS  
ET LEURS PARENTS



**INFORMATION SUR LA RECHERCHE ET FORMULAIRE DE  
CONSENTEMENT**

**A–ATAR - Développement d’avatars personnalisés dans un environnement immersif transmédiatique destiné aux enfants hospitalisés en hématologie: Effets sur l’anxiété, la douleur et la satisfaction**

**Chercheurs :**

Estelle Guingo, MSc Ing., FranceD. (c), FRQSC, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

David Paquin, PhD, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Casey Côtes-Turpin, MSc, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Cathy Vézina, PhD, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Félix Côtes-Charlebois, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Christine Genest, inf., PhD, Université de Montréal

Pascal Bernier, MSc, Centre Hospitalier Universitaire de Sainte-Justine

Léandra Desjardins, PhD, Centre Hospitalier Universitaire de Sainte-Justine

Dr Michel Duval, MD, Centre Hospitalier Universitaire de Sainte-Justine

Marie-France Langlet, Centre Hospitalier Universitaire de Sainte-Justine

Sylvie Le May, inf., PhD, Université de Montréal

**Personne responsable :**

- CHU Sainte-Justine: Sylvie Le May, [514 343-6384](tel:514-343-6384)

**Source de financement :** Interne

**POURQUOI ÊTES-VOUS INVITÉ À PARTICIPER À CE PROJET DE RECHERCHE ?**

Le service d'hémo-oncologie du département de pédiatrie du centre hospitalier universitaire de Sainte-Justine et l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue participent à des projets de recherche dans le but d'améliorer les conditions de traitements chez les enfants hospitalisés en hémo-oncologie. Nous sollicitons aujourd'hui votre participation. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à participer à ce projet de recherche. Il est important de bien comprendre ce formulaire. N'hésitez pas à poser des questions. Prenez tout le temps nécessaire pour décider.

Nous encourageons les parents à inclure leur enfant dans la discussion et la prise de décision dans la mesure où l'enfant peut comprendre.

Dans ce formulaire de consentement, « vous » signifie vous ou votre enfant.

**POURQUOI MÈNE-T-ON CE PROJET DE RECHERCHE ?**

Des recherches ont démontré l'apport des nouvelles technologies dans des interventions innovantes pour gérer les symptômes de dépression, d'anxiété et de douleur chez les enfants hospitalisés pour un cancer.

En cas de maladie grave, le changement brusque de routine, l'incertitude ou la séparation peuvent être des facteurs d'anxiété pour le jeune patient et sa famille.

Malgré toutes les distractions proposées par les hôpitaux pour détendre les enfants, les périodes d'anxiété et de douleur intenses perdurent et peu de ressources adaptées permettent de guider les parents et les enfants dans la gestion de cette douleur et de cette anxiété.

À la suite des récentes évolutions technologiques, on s'intéresse davantage à la réalité virtuelle comme outil de distraction thérapeutique. Le casque de réalité virtuelle est un dispositif vidéoludique proposant un aspect immersif inédit en offrant au joueur la possibilité d'incarner un personnage. Cette technologie permet de transporter le patient dans un monde imaginaire et de lui faire oublier l'espace d'un instant l'environnement dans lequel il se trouve.

### **QUEL EST L'OBJECTIF DU PROJET DE RECHERCHE ?**

Notre projet propose d'offrir une intervention multiplateforme qui pourrait permettre à des enfants hospitalisés en hématologie et sous traitements de mieux gérer leur anxiété. Ce projet propose d'utiliser la création au service de la santé et l'imagination des enfants au service de leur propre traitement. Nos objectifs sont les suivants :

- 1 – Développer et mettre à l'essai un avatar personnalisé destiné à des enfants hospitalisés en hématologie en cours de traitement.
- 2 – Vérifier la faisabilité, l'acceptabilité et la satisfaction de l'avatar auprès d'enfants hospitalisés en hématologie pour la gestion de leur anxiété ainsi qu'auprès de leurs parents et des intervenants.
- 3 – Valider le cadre conceptuel hypothétique proposé pour la gamification du plan de traitement et du séjour à l'hôpital.

Nos résultats pourront ainsi paver la voie à de nouveaux projets personnalisés pour des patients hospitalisés dans des unités de soins variées. Ce projet allie ainsi sciences de la santé et création numérique et contribuera à l'avancement des connaissances dans ces deux domaines.

### **COMBIEN DE PERSONNES PARTICIPERONT AU PROJET DE RECHERCHE ?**

Environ 5 participants enfants, leurs parents (5 à 10) ainsi qu'environ 5 professionnels de la santé de notre établissement prendront part à ce projet de recherche.

## COMMENT SE DÉROULERA LE PROJET DE RECHERCHE?

Ce projet de recherche se déroulera en plusieurs parties :

- 1 – Atelier créatif : Votre enfant sera invité à dessiner son ami imaginaire. Ce personnage sera, dans les semaines suivantes, recréé en imagerie de synthèse et intégré à l'application en réalité virtuelle. Cet atelier sera animé par l'étudiante-chercheuse Estelle Guingo durant environ 30 minutes à 45 minutes. Vous êtes invités à assister et à guider ou aider votre enfant s'il le désire durant cet atelier.
- 2 – Mise à l'essai de la réalité virtuelle : Durant toute son hospitalisation, votre enfant sera amené à participer à une expérience virtuelle multiplateforme. Il pourra jouer en réalité virtuelle de manière spontanée dans un monde apaisant ou il retrouvera son ami imaginaire. Chaque expérience de réalité virtuelle lui permettra de jouer pendant 20 minutes à divers mini-jeux. Cette intervention durera 2 semaines.
- 3 - Nous remettrons au parent ou au tuteur légal de l'enfant un journal de bord à compléter fourni par nos soins. Ce journal permettra au parent d'évaluer l'anxiété, la douleur de son enfant et de noter tout comportement et remarques de l'enfant qu'il jugera pertinent pour le projet de recherche. En dehors de ces expériences virtuelles, l'enfant pourra utiliser l'application mobile de divertissement permettant de prendre soin de son ami virtuel, l'habiller, lui donner sa nourriture favorite ou encore le laver. L'ami imaginaire agira comme un confident, auquel on pourra aussi confier son ressenti et ses émotions. Ce journal de bord pourra être monitoré à n'importe quel moment par l'étudiante-chercheuse, l'infirmière de recherche ou la psychologue de l'enfance. Si l'enfant relate des émotions négatives pendant 3 jours d'affilées, un message automatique sera envoyé à la psychologue Léandra Desjardins, qui pourra venir discuter avec l'enfant pour mieux comprendre son état d'esprit et vérifier qu'il ne présente pas de signe de détresse.
- 4 – Lors de l'utilisation de la réalité virtuelle et de l'application mobile, des données relatives à l'utilisation des différentes applications seront récupérées et pourront être monitorées par l'étudiante-chercheuse, la chercheuse responsable ainsi que le chercheur responsable du développement logiciel (Casey Côtes-Turpin). Ces données concernent notamment la fréquence de jeu et la durée de jeu.
- 5 - Suivi et compte rendu : Après deux semaines d'utilisation, nous demanderons au parent et à l'enfant de remplir un questionnaire de satisfaction ainsi que de participer



à une entrevue parent-enfant pour évaluer l'apport du projet. Cette entrevue durera un maximum de 60 minutes et sera enregistrée.

6- La prise de photos et vidéos est prévue tout au long du projet de recherche. Dans cette optique, un formulaire de consentement vous sera distribué. Si vous acceptez que votre enfant soit pris en photo, il sera invité à remplir un formulaire de consentement de droit d'image afin de donner lui-même son consentement.

7 – À la suite du projet, une exposition numérique sera organisée afin de présenter tous les personnages créés dans le projet. Les enfants seront anonymisés. La date et le lieu de cet événement est encore à définir et vous serez informés dès que cela sera décidé.

### **COMBIEN DE TEMPS DURERA LA PARTICIPATION À CE PROJET DE RECHERCHE?**

Les participants pourront utiliser la distraction thérapeutique pendant 2 semaines durant leur période d'hospitalisation.

### **QUELS SONT LES RISQUES?**

L'utilisation de la réalité virtuelle peut entraîner des malaises, des sentiments de vertiges, une sensibilité oculaire, des migraines. Dans le cas d'un historique familial d'épilepsie, la réalité virtuelle pourrait entraîner des crises d'épilepsies si votre enfant est épileptique non-diagnostiqué.

L'expérience virtuelle développée pour ce projet de recherche a été pensée et optimisée afin de diminuer les effets secondaires liés à la réalité virtuelle. Le jeu en réalité virtuelle a été développé en diminuant les risques d'épilepsie au maximum (absence de lumières scintillantes, peu de mouvements latéraux et absence de zone de défilement de l'environnement dans l'angle mort du joueur etc.). Le contenu a aussi été validé par un psychologue pédiatrique ainsi qu'un spécialiste en hématologie pédiatrique. Une infirmière viendra s'assurer au moins une fois par semaine que tout se passe bien et que votre enfant n'a pas d'effets secondaires liés à l'utilisation de la réalité virtuelle. Si votre enfant subit des effets secondaires dus à l'utilisation de la réalité virtuelle, une baisse de la fréquence d'utilisation sera conseillée. En cas d'effets secondaires persistants votre enfant sera retiré de l'étude.

Si votre enfant subit des effets secondaires fréquents, vous pourrez-nous en faire part par texto à l'infirmière de recherche via le téléphone de votre enfant.

Enfin, le seul inconvénient découlant de votre participation, s'il en est, est le temps consacré à l'entrevue à la fin de l'utilisation de l'expérience et celui que vous consacrez à remplir le questionnaire de satisfaction.

### **Y-A-T-IL DES AVANTAGES À PARTICIPER À CE PROJET DE RECHERCHE?**

En participant à notre projet de recherche, vous contribuerez à l'amélioration des thérapies en réalité virtuelle pour réduire l'anxiété perçue par les enfants hospitalisés. De plus, vous pourrez découvrir des contenus inédits en réalité virtuelle et application mobile.

Enfin, ce projet de recherche pourrait diminuer l'anxiété ressentie par votre enfant et ainsi améliorer sa qualité de vie.

### **EST-CE QU'UNE COMPENSATION EST OFFERTE?**

À la fin du projet de recherche, le journal de bord du parent vous sera rendu et le casque de réalité virtuelle que votre enfant a utilisé tout au long du projet vous sera offert.

### **QU'ARRIVE-T-IL EN CAS DE PRÉJUDICE?**

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit par suite de l'intervention de distraction thérapeutique ou de toute procédure liée à ce projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé.

En acceptant de participer à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits et vous ne libérez pas le chercheur responsable du projet de recherche et l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

### **COMMENT LA CONFIDENTIALITÉ EST-ELLE ASSURÉE?**

Durant votre participation à ce projet de recherche, le chercheur responsable du projet ainsi que l'équipe de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant et nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques du projet de recherche.

Votre dossier de recherche local peut comprendre les informations contenues dans votre dossier médical y compris votre identité, votre nom, votre sexe, votre date de naissance.

Toutes les données recueillies (y compris les renseignements personnels) demeureront confidentielles dans les limites prévues par la loi. Vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

Ces données de recherche seront conservées au centre hospitalier universitaire de Sainte-Justine pendant 7 ans après la fin de l'étude par le chercheur responsable de ce projet de recherche puis seront détruites.

Les données de recherche pourront être publiées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais ne permettront pas de vous identifier.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin.

À des fins de surveillance, de contrôle, de protection, de sécurité, votre dossier de recherche ainsi que votre dossier médical pourront être consultés par une personne mandatée par des représentants autorisés de l'hôpital ou du comité d'éthique de la recherche. Ces personnes et ces organismes auront accès à vos données personnelles, mais ils adhèrent à une politique de confidentialité.

### **ÊTES-VOUS LIBRE DE PARTICIPER ET DE VOUS RETIRER?**

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet de recherche à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en informant le médecin responsable du projet de recherche ou un membre de l'équipe de recherche.

Votre décision de ne pas participer à ce projet de recherche ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit ou sur votre relation avec les équipes qui les dispensent.

La chercheuse responsable de ce projet de recherche ou le comité d'éthique de la recherche peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement. Cela peut se produire si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet de recherche n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou encore s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet. Aussi, les chercheurs pourraient vous retirer du projet de recherche s'ils jugeaient que c'est dans votre intérêt, si votre enfant n'est pas à l'aise d'utiliser la réalité virtuelle ou s'il venait à subir des effets secondaires persistants de cybermalaise.

Si vous vous retirez du projet de recherche ou si vous êtes retiré du projet, aucune autre donnée ne sera recueillie. Les données déjà recueillies dans le cadre de ce projet de recherche pourront être retirées du projet, à votre demande, si elles n'ont pas déjà été analysées.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet de recherche qui pourrait avoir un effet sur votre décision de continuer à y participer vous sera communiquée rapidement.

### **EXISTE-T-IL UNE POSSIBILITÉ DE COMMERCIALISATION?**

Les résultats de la recherche découlant notamment de votre participation à ce projet ne

feront le cas d'aucune commercialisation.

### **QUI SONT LES PERSONNES-RESSOURCES POUVANT ÊTRE CONTACTÉES?**

Si vous avez des questions ou éprouvez des problèmes en lien avec le projet de recherche, ou si vous souhaitez vous en retirer, vous pouvez communiquer avec la chercheure responsable ou avec l'étudiante-chercheure Estelle Guingo aux numéros suivants :

- Sylvie Le May, [514 343-6384](tel:5143436384)
- [Estelle Guingo, 819 279-0533](tel:8192790533)

Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire local aux plaintes et à la qualité des services

- CHU Sainte-Justine : 514-345-4749.

Vous pouvez aussi vous adresser au comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue : 877 870-8728, poste 2252

[cer@uqat.ca](mailto:cer@uqat.ca)

### **QUI ASSURE LA SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES DU PROJET DE RECHERCHE?**

Le comité d'éthique de la recherche du Centre Hospitalier Universitaire de Ste-Justine a donné son approbation éthique au projet de recherche et en assurera le suivi.

### **OÙ PUIS-JE OBTENIR PLUS D'INFORMATIONS?**

Vous pourrez demander un résumé des résultats du projet de recherche; celui-ci ne sera disponible que lorsque le projet sera entièrement terminé.

Vous recevrez une copie signée de ce formulaire. En tout temps vous pouvez poser des questions à l'équipe de recherche.

### ASSENTIMENT ET CONSENTEMENT

**Projet de recherche :** Développement et mise à l'essai d'avatars personnalisés dans un environnement immersif transmédiatique destiné aux enfants hospitalisés en hémato-oncologie : Effet sur l'anxiété, la douleur et la satisfaction.

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. On m'a expliqué le projet de recherche et le présent formulaire d'information et de consentement. On a répondu à mes questions et on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Après réflexion, je consens à participer et que mon enfant participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées, incluant l'utilisation de mes (ou ses) données personnelles.

_____ Nom de l'enfant _____ Date (Lettres moulées)	_____ Consentement de l'enfant capable de comprendre la nature du projet (signature ou Assentiment verbal obtenu par : _____
--	--

_____ Nom du parent, tuteur _____ Date (Lettres moulées)	_____ Consentement (signature)
--	-----------------------------------

**Si applicable :**

_____ Nom du participant de 18 ans et plus _____ Date (Lettres moulées)	_____ Consentement (signature)
---	-----------------------------------

J'ai expliqué au participant et/ou à son parent/tuteur le projet de recherche et le présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a/m'ont posées.

_____ Nom de la personne qui obtient le consentement _____ Date	_____ (signature)
--	----------------------

**ANNEXE D**  
**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR LES PROFESSIONNELS DE**  
**LA SANTÉ**

**Veillez lire attentivement les paragraphes suivants.**

La douleur et l'anxiété des enfants dans le milieu hémato-oncologique ne sont généralement pas bien soignées ou gérées. De plus, peu de ressources permettent de guider les enfants et les parents. Notre équipe étudie actuellement une distraction thérapeutique immersive multi-plateforme (réalité virtuelle et mobile) reposant sur la création d'un avatar-ami personnalisé à chaque enfant. Puisque les professionnels de la santé proches des patients sont les mieux placés pour évaluer la gestion de la douleur et de l'anxiété d'une intervention thérapeutique, cette étude est concernée par leur vision en regard à l'utilisation d'une stratégie vidéoludique thérapeutique pour réduire l'anxiété et la douleur.

La participation à cette étude consiste à remplir un questionnaire de satisfaction et un questionnaire à réponse ouverte en ligne concernant les pistes d'amélioration logistiques et vidéoludiques d'une durée totale d'environ 10 minutes. Il n'y a pas de risques liés à votre participation. Il y a seulement un inconvénient de temps pour remplir les questionnaires. En participant à cette étude, vous contribuerez au développement d'une nouvelle stratégie pour diminuer la douleur et l'anxiété chez les enfants hospitalisés en hémato-oncologie.

Toutes les informations recueillies durant l'étude vont demeurer confidentielles et les questionnaires sont anonymes. Aucune identification ne sera possible. Les questionnaires répondus vont être conservés dans un classeur fermé à clé au centre hospitalier universitaire de Sainte-Justine. Seulement deux des chercheurs (Le May et Guingo) pourront y avoir accès. Ces données de recherche seront conservées pendant 7 ans après la fin de l'étude par le chercheur responsable de ce projet de recherche puis seront détruites. Aucune commercialisation de donnée n'est prévue.

Votre participation à cette étude est entièrement libre. Vous pouvez refuser de

participer à l'étude sans pénalité ou pertes de bénéfices. Si vous décidez de ne pas participer, il n'y aura aucun impact sur votre travail.

En complétant le questionnaire vous consentez à participer à l'étude.

## ANNEXE E

### GUIDE D'ENTREVUE – ENTREVUE PARENTS-ENFANT

Notre étude s'adresse à des enfants de 6 à 17 ans. Les questions adressées aux enfants seront donc révisées selon l'âge de l'enfant participant à l'entrevue. Ce guide s'adresse aux enfants de 6 à 11 ans.

**E** : Question adressée à l'enfant

**P** : Question adressée au parent

<p>L'expérience du séjour hospitalier</p>	<p><b>E</b> : Quels sont les sentiments quotidiens qui t'accompagnent lorsque tu es hospitalisé ici à l'hôpital de Ste-Justine?</p> <p><b>E</b> : Quels sont tes activités et jeux préférés à l'hôpital ? <i>Follow-up</i> : Pourquoi ?</p>
<p>Réalité virtuelle</p>	<p><b>E</b> : Que penses-tu de la réalité virtuelle? <i>Un casque de réalité virtuelle sera présenté à l'enfant pour s'assurer de sa compréhension de la question</i> <i>Follow-up</i> : Peux-tu le comparer aux jeux vidéo classiques ? Quel est ton préféré ? <i>Follow-up</i> : Avais-tu déjà utilisé la réalité virtuelle avant de participer à ce projet? <i>Follow-up</i> : Si oui, avec qui étais-tu ? Où étais-tu ? Quels jeux as-tu essayé ?</p> <p><b>P</b> : Que pensez-vous de l'intégration des stratégies vidéoludiques thérapeutiques dans les environnements hospitaliers ?</p>



Avatar-ami	<p><b>E :</b> Avant de jouer nous avons créé ensemble ton ami virtuel [Nom de l'ami virtuel], qu'as-tu pensé de cette activité ?</p> <p><b>E :</b> Peux-tu me décrire [nom de l'ami virtuel] ? Ce que tu aimes et ce que tu n'aimes pas de lui ?</p> <p><b>E :</b> Quelles sont tes impressions quand tu parles avec ton [nom de l'ami virtuel] dans l'application mobile?  <u>Follow-up :</u> Et quand tu t'occupes de lui ?</p> <p><b>P :</b> Quelle relation votre enfant entretient-il avec son avatar-ami ?  <u>Follow-up :</u> Est-ce qu'il vous en parle ?</p>
Préférences utilisateur et expérience de jeu	<p><b>E :</b> Quel est ton moment préféré du projet ?  <i>L'animateur pourra rappeler l'ordre de ce qui a été fait dans le projet accompagné de photos ou d'une frise chronologique : L'atelier de dessin, Utilisation de la réalité virtuelle, utilisation de l'application mobile.</i>  <u>Follow-up :</u> Pourquoi ?</p> <p><b>E :</b> Quel était ton mini-jeu préféré dans l'expérience en Réalité virtuelle ?  <u>Follow-up :</u> Pourquoi ?</p> <p><b>E :</b> Quand et où utilisais-tu le jeu sur le téléphone mobile ?  <u>Follow-up :</u> Et le jeu en réalité virtuelle ?</p> <p><b>E :</b> Lorsque tu utilises la réalité virtuelle, comment te sens-tu ?  <u>Follow-up :</u> Aurais-tu aimé visiter d'autres lieux ?</p>

	<p><b>P :</b> Que pensez-vous de l'aspect multiplateforme de notre projet ?</p>
Effet de l'intervention	<p><b>P :</b> Comment jugeriez-vous l'effet de notre intervention sur la gestion de l'anxiété de votre enfant ?</p> <p><b>P :</b> Comment jugeriez-vous l'effet de notre intervention sur la douleur ressentie par votre enfant ?</p>
Piste d'améliorations	<p><b>E :</b> Quelles améliorations voudrais-tu apporter au jeu sur téléphone ? <i>Follow-up :</i> Et le jeu en réalité virtuelle ?</p> <p><b>E :</b> Quels mini-jeux aimerais-tu avoir ?</p> <p><b>P :</b> Quels défis avez-vous rencontrés durant l'essai clinique ?</p> <p><b>P :</b> Quelles améliorations pourraient être pertinentes à vos yeux ?</p> <p><b>E :</b> Réutiliserais-tu notre projet lors d'une prochaine visite à l'hôpital ?</p>
Sondage exposition recherche-crédation	<p><b>E :</b> Que penserais-tu de pouvoir voir les personnages des autres enfants participants de l'étude?</p>
Conclusion	<p><i>L'animateur pourra faire un résumé de la rencontre.</i></p> <p><b>E :</b> As-tu quelque chose dont nous n'avons pas parlé dont tu aimerais parler ?</p> <p><b>P :</b> Avez-vous quelque chose à ajouter ?</p>



Notre étude s'adresse à des enfants de 6 à 17 ans. Les questions adressées aux enfants seront donc révisées selon l'âge de l'enfant participant à l'entrevue. Ce guide s'adresse aux enfants de 12 à 17 ans.

**E** : Question adressée à l'enfant

**P** : Question adressée au parent

<p><b>L'expérience du séjour hospitalier</b></p>	<p><b>E</b> : Quels sont les sentiments quotidiens qui t'accompagnent lorsque tu es hospitalisé ici à l'hôpital de Ste-Justine?</p> <p><b>E</b> : Quels sont tes divertissements favoris à l'hôpital ?</p> <p><i>Follow-up</i> : Pourquoi ?</p>
<p><b>Réalité virtuelle</b></p>	<p><b>E</b> : Que penses-tu de la réalité virtuelle?</p> <p><i>Un casque de réalité virtuelle sera présenté à l'enfant pour s'assurer de sa compréhension de la question</i></p> <p><i>Follow-up</i> : Peux-tu le comparer aux jeux vidéo classiques ?</p>

	<p><i>Follow-up :</i> Avais-tu déjà utilisé la réalité virtuelle avant de participer à ce projet de recherche ?</p> <p><i>Follow-up :</i> Si oui, dans quel contexte et pour quels jeux ?</p> <p><b>P :</b> Que pensez-vous de l'intégration des stratégies vidéoludiques thérapeutiques dans les environnements hospitaliers ?</p>
<p><b>Avatar-ami</b></p>	<p><b>E :</b> Qu'as-tu pensé de l'atelier de dessin pour ton ami virtuel ?</p> <p><b>E :</b> Peux-tu me décrire [Nom de l'ami virtuel]? Ce que tu aimes et ce que tu n'aimes pas de lui ?</p> <p><b>E :</b> Quelles sont tes impressions quand tu parles avec [Nom de l'ami virtuel] dans l'application mobile?</p> <p><i>Follow-up :</i> Et quand tu t'occupes de lui ?</p>

	<p><b>P :</b> Quelle relation votre enfant entretient-il avec son avatar-ami ?  <u>Follow-up :</u> Est-ce qu'il vous en parle ?</p>
<p><b>Préférences utilisateur et expérience de jeu</b></p>	<p><b>E :</b> Quel est ton moment préféré du projet ?</p> <p><i>L'animateur pourra rappeler l'ordre de ce qui a été fait dans le projet accompagné de photos ou d'une frise chronologique : L'atelier de dessin, Utilisation de la réalité virtuelle, utilisation de l'application mobile.</i></p> <p><u>Follow-up :</u> Pourquoi ?</p> <p><b>E :</b> Quel était ton mini-jeu préféré dans l'expérience en RV ?</p> <p><u>Follow-up :</u> Pourquoi ?</p> <p><b>E :</b> Quels sont les lieux ou les contextes dans lesquels tu utilisais l'application mobile ?</p>

	<p><i>Follow-up</i> : Et la réalité virtuelle ?</p> <p><b>E</b> : Quels sentiments t'inspirent les environnements virtuels lorsque tu es en réalité virtuelle ?</p> <p><i>Follow-up</i> : Aurais-tu aimé visiter d'autres lieux ?</p> <p><b>P</b> : Que pensez-vous de l'aspect multiplateforme de notre projet ?</p>
<p><b>Effet de l'intervention</b></p>	<p><b>P</b> : Comment jugeriez-vous l'effet de notre intervention sur la gestion de l'anxiété de votre enfant ?</p> <p><b>P</b> : Comment jugeriez-vous l'effet de notre intervention sur la douleur ressentie par votre enfant ?</p>
<p><b>Piste d'améliorations</b></p>	<p><b>E</b> : Quelles améliorations voudrais-tu apporter au jeu mobile ?</p> <p><i>Follow-up</i> : Et le jeu en réalité virtuelle ?</p>

	<p><b>E :</b> Quels mini-jeux aimerais-tu avoir ?</p> <p><b>P :</b> Quels défis avez-vous rencontrés durant l'essai clinique ?</p> <p><b>P :</b> Quelles améliorations pourraient être pertinentes à vos yeux ?</p> <p><b>E :</b> Réutiliserais-tu notre projet lors d'une prochaine hospitalisation ?</p>
<p><b>Sondage</b>      <b>exposition</b>      <b>recherche-</b> <b>création</b></p>	<p><b>E :</b> Que penserais-tu de pouvoir voir les personnages des autres enfants participants de l'étude?</p>
<p><b>Conclusion</b></p>	<p><i>L'animateur pourra faire un résumé de la rencontre.</i></p>



**E :** As-tu quelque chose dont nous n'avons pas parlé dont tu aimerais parler ?

**P :** Avez-vous quelque chose à ajouter ?



## ANNEXE F

### ARBORESCENCE THÉMATIQUE DES ENTREVUES PARENTS-ENFANTS

Nom	Fichiers	Références
Engagement et motivation	5	22
Appréciation de l'avatar	4	6
Engagement avec le jeu	2	3
Récompenses	3	4
Sentiment de fierté	2	3
Transmédiation	3	6
Enjeux Logistiques	5	47
Matériel et technologies	4	5
Opinion sur l'application mobile	1	3
Opinion sur le journal de bord mobile	3	8
Opinion sur l'utilisation de la réalité virtuelle en milieu thérapeutique	3	3
Pistes d'améliorations	5	20
Âge cible	1	3
Ajouter du contenu	5	12
Augmenter le niveau de difficulté	1	1
Création d'un lien entre les enfants pour briser l'isolement	2	2
Durée du jeu	1	1
Optimisation du journal de bord	1	1
Population cible	1	3
Prise en main du jeu	2	5
Expérience et effet du jeu	5	47
Effet sur la douleur	3	9
Effet sur l'anxiété	4	1
Effet sur l'humeur	5	7
Effet sur l'isolement	4	6
Pain Management Coping Methods	4	5
Sentiment de voyage - Immersion	5	9



**ANNEXE G**  
**ARBORESCENCE THÉMATIQUE DES QUESTIONNAIRES OUVERTS**

Nom	Fichiers	Références
Enjeux logistiques	4	6
AVATAR - Amélioration	1	1
AVATAR - Manque de communication dans le service	4	5
Expérience et effets du jeu	5	9
AVATAR - Effets positifs	5	6
AVATAR - Motivation	2	3
Gestion de la douleur et de l'anxiété	4	12
Gestion de la douleur	2	2
Gestion de l'anxiété	3	4
Utilisation des stratégies vidéoludiques thérapeutiques	4	4



**ANNEXE H**  
**ARBORESCENCE THÉMATIQUE DES JOURNAUX DE PARENTS**

Nom	Fichiers	Références
Engagement et motivation	2	3
Appréciation de la transmédiation	1	1
Motivation	1	2
Enjeux Logistiques	4	6
Ajout de contenu	3	4
Population cible	2	2
Expérience et effets	2	5
Changement de l'humeur	2	2
Diminution de l'anxiété	1	1
Immersion	1	2





**ANNEXE I**  
**VIDÉO DE PRÉSENTATION - ISPP 2021**

<https://www.youtube.com/watch?v=urvyYMGNxUg>

*Cette vidéo a été réalisée dans le cadre de l'International Symposium of Pediatric Pain (ISPP) 2022. Elle contient des éléments vidéo développés durant le prototypage qui pourraient ne pas être dans le prototype final.*

**Abstract:**

While videogames have previously been tested as therapeutical tools for pain and anxiety management, no studies have evaluated the benefit of a custom avatar-based game for children with cancer. Our objective is to study the effects on pain, anxiety and satisfaction of an immersive multi-platform (virtual reality and mobile) distraction based on a friendly-avatar customization for children with cancer. A friend for life is an immersive virtual experience on mobile and virtual reality developed for children with cancer. The objective is to bring the child to create a new virtual friend who'll follow him all along his treatments. This avatar is created through an organized drawing workshop with the child and his parents. Then, the drawing is modeled in 3D, ready to be integrated into a peaceful virtual environment that extend to two media: mobile and virtual reality. The mobile application allowed the child to take his virtual buddy anywhere he goes. He can take care of him, feed him, wash him, and express his feelings through a diary. The character can react and give him moral support. When the child feels lonely or stressed, he can also use the virtual reality game to enter a

virtual world and play games or interact with his virtual friend. All the games and the pet simulation are frustration free as the virtual friend cannot die and that the child cannot lose by playing games.

Liste des auteurs :

Estelle Guingo, M.Sc. Ing., Ph.D.(c), FRQSC, UQAT, CHUSJ

David Paquin, Ph.D., UQAT

Casey Côtes-Turpin, M.Sc., Ph.D (c), UQAT

Cathy Vézina, Ph.D., UQAT

Christine Genest, PhD, UdeM

Pascal Bernier, M.Sc., CHUSJ

Léandra Desjardins, Ph.D., CHUSJ

Dr Michel Duval, M.D., CHUSJ

Marie-France Langlet, M.Sc. Bureau du Partenariat Patients-Familles-Soignants,

Centre Hospitalier Universitaire de Sainte-Justine

Félix Côtes-Charlebois B.A. Student, UQAT

Sylvie Le May, PhD, UdeM

## RÉFÉRENCES

- Abdul Rahim, M. I., & Thomas, R. H. (2017). Gamification of Medication Adherence in Epilepsy. *Seizure*, 52, 11-14. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2017.09.008>
- Adamo-Villani, N., Lestina, J., & Anasingaraju, S. (2016). Does Character's Visual Style Affect Viewer's Perception of Signing Avatars? In G. Vincenti, A. Bucciero, & C. Vaz de Carvalho (Éds.), *E-Learning, E-Education, and Online Training* (Vol. 160, p. 1-8). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28883-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28883-3_1)
- Ahmad, M., Bani Mohammad, E., & Anshasi, H. A. (2020). Virtual Reality Technology for Pain and Anxiety Management among Patients with Cancer : A Systematic Review. *Pain Management Nursing*, 21(6), 601-607. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2020.04.002>
- Al-Rayes, S., Al Yaqoub, F. A., Alfayez, A., Alsalman, D., Alanezi, F., Alyousef, S., AlNujaidi, H., Al-Saif, A. K., Attar, R., Aljabri, D., Al-Mubarak, S., Al-Juwair, M. M., Alrawiai, S., Saraireh, L., Saadah, A., Al-umran, A., & Alanzi, T. M. (2022). Gaming elements, applications, and challenges of gamification in healthcare. *Informatics in Medicine Unlocked*, 31, 100974. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100974>

- Alsaleh, N., & Alnanih, R. (2020). Gamification-based Behavioral Change in Children with Diabetes Mellitus. *Procedia Computer Science*, 170, 442-449. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.087>
- Álvarez-García, C., & Yaban, Z. Ş. (2020). The Effects of Preoperative Guided Imagery Interventions on Preoperative Anxiety and Postoperative Pain : A Meta-Analysis. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 38, 101077. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.101077>
- Arrieta, Ó., Angulo, L. P., Núñez-Valencia, C., Dorantes-Gallareta, Y., Macedo, E. O., Martínez-López, D., Alvarado, S., Corona-Cruz, J.-F., & Oñate-Ocaña, L. F. (2013). Association of Depression and Anxiety on Quality of Life, Treatment Adherence, and Prognosis in Patients with Advanced Non-small Cell Lung Cancer. *Annals of Surgical Oncology*, 20(6), 1941-1948. <https://doi.org/10.1245/s10434-012-2793-5>
- Arvidsson, S., Gilljam, B.-M., Nygren, J., Ruland, C. M., Nordby-Bøe, T., & Svedberg, P. (2016). Redesign and Validation of Sisom, an Interactive Assessment and Communication Tool for Children With Cancer. *JMIR mHealth and uHealth*, 4(2), e76. <https://doi.org/10.2196/mhealth.5715>
- Banister, E. N., & Booth, G. J. (2005). Exploring Innovative Methodologies for Child - Centric Consumer Research. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 8(2), 157-175. <https://doi.org/10.1108/13522750510592436>

- Belk, R. W. (1988). Possessions and the Extended Self. *Journal of Consumer Research*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.1086/209154>
- Berg, S., Bradford, B., Robinson, D. B., & Wells, M. (2018). *GOT HEALTH? ACTION RESEARCHING A STUDENT-LED HEALTH PROMOTION PROGRAM*. 19(1), 33-47.
- Bergen, N., & Labonté, R. (2020). “Everything Is Perfect, and We Have No Problems” : Detecting and Limiting Social Desirability Bias in Qualitative Research. *Qualitative Health Research*, 30(5), 783-792.  
<https://doi.org/10.1177/1049732319889354>
- Black, T. (2022). *Average Nintendo Switch Owner Age Revealed—Gameranx*. *Gameranx.com*. <https://gameranx.com/updates/id/397258/article/average-nintendo-switch-owner-age-revealed/>
- Botella, C., Fernández-Álvarez, J., Guillén, V., García-Palacios, A., & Baños, R. (2017). Recent Progress in Virtual Reality Exposure Therapy for Phobias : A Systematic Review. *Current Psychiatry Reports*, 19(7), 42.  
<https://doi.org/10.1007/s11920-017-0788-4>
- Bouchard, S., Dumoulin, S., Robillard, G., Guitard, T., Klinger, É., Forget, H., Loranger, C., & Roucaut, F. X. (2017). Virtual Reality Compared With *in Vivo* Exposure in the Treatment of Social Anxiety Disorder : A Three-Arm Randomised Controlled Trial. *British Journal of Psychiatry*, 210(4), 276-283.  
<https://doi.org/10.1192/bjp.bp.116.184234>

- Bourgeois, L. (2016). Assurer la rigueur scientifique de la recherche-action. In I. Carignan, M.-C. Beaudry, & F. Larose (Éds.), *La recherche-action et la recherche-développement au service de la littératie* (p. 7-20). Éditions de l'Université de Sherbrooke. <https://doi.org/10.17118/11143/8807>
- Boutet, D. (2018). La création de soi par soi dans la recherche-création : Comment la réflexivité augmente la conscience et l'expérience de soi. *Approches inductives*, 5(1), 289-310. <https://doi.org/10.7202/1045161ar>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Breivik, H., Borchgrevink, P. C., Allen, S. M., Rosseland, L. A., Romundstad, L., Breivik Hals, E. K., Kvarstein, G., & Stubhaug, A. (2008). Assessment of Pain. *British Journal of Anaesthesia*, 101(1), 17-24. <https://doi.org/10.1093/bja/aen103>
- Brown, A., & Waterhouse-Watson, D. (2016). Playing with the History of Middle Earth : Board Games, Transmedia Storytelling, and The Lord of the Rings. *Journal of Tolkien Research*, 3.
- Bruneau, M. (2006). Une recherche de reliance, féconde dans son hybridité. *La recherche création: pour une compréhension de la recherche en pratique artistique*, Québec, Presses de l'Université du Québec.

- Bryant, R. (2003). Managing Side Effects of Childhood Cancer Treatment. *Journal of Pediatric Nursing, 18*(2), 113-125. <https://doi.org/10.1053/jpdn.2003.11>
- Calleja, G. (2011). *In-Game : From Immersion to Incorporation*. MIT Press.
- Canbulat, N., İnal, S., & Sönmezer, H. (2014). Efficacy of Distraction Methods on Procedural Pain and Anxiety by Applying Distraction Cards and Kaleidoscope in Children. *Asian Nursing Research, 8*(1), 23-28. <https://doi.org/10.1016/j.anr.2013.12.001>
- Carlin, A. S., Hoffman, H. G., & Weghorst, S. (1997). Virtual Reality and Tactile Augmentation in the Treatment of Spider Phobia : A Case Report. *Behaviour Research and Therapy, 35*(2), 153-158. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(96\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(96)00085-X)
- Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A., & Göbel, S. (2021). Cybersickness in Current-Generation Virtual Reality Head-Mounted Displays : Systematic Review and Outlook. *Virtual Reality, 25*, 1153-1170. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00513-6>
- Chai, C., Wang Er, Lau, B. T., Al Mahmud, A., & Kit Tsun, M. T. (2020). A Virtual Pet Serious Game in Motivating Children with Cancer in Treatment and Self-Care : A Conceptual Design. *Malaysian Journal of Paediatrics and Child Health, 26*(2), 6-19. <https://doi.org/10.51407/mjpch.v26i2.101>
- Chen, J. (2007). Flow in Games (and Everything Else). *Communications of the ACM, 50*(4), 31-34. <https://doi.org/10.1145/1232743.1232769>

- Cheng, Z., Yu, S., Zhang, W., Liu, X., Shen, Y., & Weng, H. (2022). Virtual Reality for Pain and Anxiety of Pediatric Oncology Patients : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Asia-Pacific Journal of Oncology Nursing*, 9(12), 100152. <https://doi.org/10.1016/j.apjon.2022.100152>
- Chow, C. Y., Riantiningtyas, R. R., Kanstrup, M. B., Papavasileiou, M., Liem, G. D., & Olsen, A. (2020). Can Games Change Children’s Eating Behaviour? A Review of Gamification and Serious Games. *Food Quality and Preference*, 80, 103823. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103823>
- Christians, G. (2018). *The Origins and Future of Gamification* [Senior Thesis]. University of South Carolina.
- Clarke, D. M., & Currie, K. C. (2009). Depression, Anxiety and Their Relationship With Chronic Diseases : A Review of the Epidemiology, Risk and Treatment Evidence. *Medical Journal of Australia*, 190(S7). <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2009.tb02471.x>
- Comparcini, D., Simonetti, V., Galli, F., Saltarella, I., Altamura, C., Tomietto, M., Desaphy, J.-F., & Cicolini, G. (2023). Immersive and Non-Immersive Virtual Reality for Pain and Anxiety Management in Pediatric Patients with Hematological or Solid Cancer : A Systematic Review. *Cancers*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/cancers15030985>
- Darcy, L., Knutsson, S., Huus, K., & Enskar, K. (2014). The Everyday Life of the Young Child Shortly After Receiving a Cancer Diagnosis, From Both



Children's and Parent's Perspectives. *Cancer Nursing*, 37(6), 445-456.

<https://doi.org/10.1097/NCC.000000000000114>

Darville, G., Burns, J., Chavanduka, T., & Anderson-Lewis, C. (2021). Utilizing Theories and Evaluation in Digital Gaming Interventions to Increase Human Papillomavirus Vaccination Among Young Males : Qualitative Study. *JMIR Serious Games*, 9(1), e21303. <https://doi.org/10.2196/21303>

Davis, S., Nesbitt, K., & Nalivaiko, E. (2015). Comparing the Onset of Cybersickness Using the Oculus Rift and Two Virtual Roller Coasters. *Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (IE 2015)*, 167, 3-14.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness : Defining « Gamification ». *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '11*, 9. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Difede, J., Cukor, J., Jayasinghe, N., Patt, I., Jedel, S., Spielman, L., Giosan, C., & Hoffman, H. (2007). Virtual Reality Exposure Therapy for the Treatment of Posttraumatic Stress Disorder Following September 11, 2001. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 68(11), 1682-1689. <https://doi.org/10.4088/JCP.v68n1102>

Difede, J., & Hoffman, H. G. (2002). Virtual Reality Exposure Therapy for World Trade Center Post-traumatic Stress Disorder : A Case Report.

*CyberPsychology & Behavior*, 5(6), 529-535.

<https://doi.org/10.1089/109493102321018169>

Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J.-P., & Rampnoux, O. (2011). Origins of Serious Games. In M. Ma, A. Oikonomou, & L. C. Jain (Éds.), *Serious Games and Edutainment Applications* (p. 25-43). Springer London.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9_3)

Drapeau, M. (2004). Les critères de scientificité en recherche qualitative. *Pratiques Psychologiques*, 10(1), 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2004.01.004>

Dubois, L.-É., Le Masson, P., Cohendet, P., & Simon, L. (2016). Le co-design : Au service des communautés créatives. *Gestion*, 41(2), 70.

<https://doi.org/10.3917/riges.412.0070>

du Sert, O. P., Potvin, S., Lipp, O., Dellazizzo, L., Laurelli, M., Breton, R., Lalonde, P., Phraxayavong, K., O'Connor, K., Pelletier, J.-F., Boukhalfi, T., Renaud, P., & Dumais, A. (2018). Virtual Reality Therapy for Refractory Auditory Verbal Hallucinations in Schizophrenia : A Pilot Clinical Trial. *Schizophrenia Research*, 197, 176-181. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.02.031>

Dyckjær, C. D., & Dreyer, P. (2019). The Family House—A Safe Haven : A Qualitative Study of Families' Experiences Staying in a Hospital Family House During Their Children's Hospitalisation. *Journal of Clinical Nursing*, 28(11-12), 2276-2284. <https://doi.org/10.1111/jocn.14827>

- Elliman, J., Loizou, M., & Loizides, F. (2016). Virtual Reality Simulation Training for Student Nurse Education. *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 1-2.  
<https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2016.7590377>
- Facchini, M., & Ruini, C. (2021). The Role of Music Therapy in the Treatment of Children with Cancer : A Systematic Review of Literature. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 42, 101289.  
<https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101289>
- Feng, H., Li, C., Liu, J., Wang, L., Ma, J., Li, G., Gan, L., Shang, X., & Wu, Z. (2019). Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients : A Randomized Controlled Trial. *Medical Science Monitor*, 25, 4186-4192.  
<https://doi.org/10.12659/MSM.916455>
- Ferguson, C., Davidson, P. M., Scott, P. J., Jackson, D., & Hickman, L. D. (2015). Augmented Reality, Virtual Reality and Gaming : An Integral Part of Nursing. *Contemporary Nurse*, 51(1), 1-4.  
<https://doi.org/10.1080/10376178.2015.1130360>
- Fijačko, N., Gosak, L., Cilar, L., Novšak, A., Creber, R., Skok, P., & Štiglic. (2020). The Effects of Gamification and Oral Self-Care on Oral Hygiene in Children : Systematic Search in App Stores and Evaluation of Apps. *JMIR mHealth and uHealth*, 8, 19.

- Findeli, A., & Coste, A. (2007). De la recherche—Création à la recherche—Projet : Un cadre théorique et méthodologique pour la recherche architecturale. *Lieux Communs - Les Cahiers du LAUA*, 10, 139-161.
- Fortier, M. A., Chung, W. W., Martinez, A., Gago-Masague, S., & Sender, L. (2016). Pain Buddy : A Novel Use of M-Health in the Management of Children's Cancer Pain. *Computers in Biology and Medicine*, 76, 202-214.  
<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2016.07.012>
- Fullerton, T. (2014). *Game Design Workshop : A Playcentric Approach to Creating Innovative Games*. CRC press.
- Georges, F. (2012). Avatars et identité. *Hermès*, n° 62(1), 33.  
<https://doi.org/10.4267/2042/48274>
- Geslin, E., Jégou, L., & Beaudoin, D. (2016). How Color Properties Can Be Used to Elicit Emotions in Video Games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2016, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2016/5182768>
- Giordano, F., Zanchi, B., De Leonardis, F., Rutigliano, C., Esposito, F., Brienza, N., & Santoro, N. (2020). The Influence of Music Therapy on Preoperative Anxiety in Pediatric Oncology Patients Undergoing Invasive Procedures. *The Arts in Psychotherapy*, 68, 101649. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2020.101649>
- Gold, J. I., Annick, E. T., Lane, A. S., Ho, K., Marty, R. T., & Espinoza, J. C. (2021). “Doc McStuffins : Doctor for a Day” Virtual Reality (DocVR) for Pediatric Preoperative Anxiety and Satisfaction: Pediatric Medical Technology

Feasibility Study. *Journal of Medical Internet Research*, 23(4), e25504.

<https://doi.org/10.2196/25504>

Gosciola, V. (2013). Transmídiação : Formas narrativas em novas mídias =

Transmediation : Narrative forms in new media. *Journal of Communication*,

16.

Gosselin, P., & Le Coguiec, É. (2006). *La recherche-création—Pour une*

*compréhension de la recherche en pratique artistique* (PUQ).

Greenwald, W. (2020). *Oculus Quest 2 vs. Oculus Rift S: Which VR Headset Should*

*You Buy ? | PCMag*. [https://www.pcmag.com/comparisons/oculus-quest-vs-](https://www.pcmag.com/comparisons/oculus-quest-vs-oculus-rift-s-which-vr-headset-should-you-buy)

[oculus-rift-s-which-vr-headset-should-you-buy](https://www.pcmag.com/comparisons/oculus-quest-vs-oculus-rift-s-which-vr-headset-should-you-buy)

Grégoire, C., Chantrain, C., Faymonville, M.-E., Marini, J., & Bragard, I. (2019). A

Hypnosis-based Group Intervention to Improve Quality of Life in Children

with Cancer and Their Parents. *International Journal of Clinical and*

*Experimental Hypnosis*, 67(2), 117-135.

<https://doi.org/10.1080/00207144.2019.1580965>

Guynes, S., & Hassler-Forest, D. ( ds.). (2017). *Star Wars and the History of*

*Transmedia Storytelling*. Amsterdam University Press.

<https://doi.org/10.5117/9789462986213>

Haruna, H., Hu, X., Chu, S., Mellecker, R., Gabriel, G., & Ndekao, P. (2018).

Improving Sexual Health Education Programs for Adolescent Students

through Game-Based Learning and Gamification. *International Journal of*

*Environmental Research and Public Health*, 15(9), 2027.

<https://doi.org/10.3390/ijerph15092027>

- Hemenover, S. H., & Bowman, N. D. (2018). Video games, emotion, and emotion regulation : Expanding the scope. *Annals of the International Communication Association*, 42(2), 125-143. <https://doi.org/10.1080/23808985.2018.1442239>
- Hodent, C. (2017). *The gamer's brain : How neuroscience and UX can impact video game design*. (CRC Press).
- Hoffman, H. G. (2021). Interacting With Virtual Objects Via Embodied Avatar Hands Reduces Pain Intensity and Diverts Attention. *Scientific Reports*, 11(1), 10672. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89526-4>
- Hoffman, H. G., Boe, D. A., Rombokas, E., Khadra, C., LeMay, S., Meyer, W. J., Patterson, S., Ballesteros, A., & Pitt, S. W. (2020). Virtual Reality Hand Therapy : A New Tool for Nonopioid Analgesia for Acute Procedural Pain, Hand Rehabilitation, and VR Embodiment Therapy for Phantom Limb Pain. *Journal of Hand Therapy*, 33(2), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2020.04.001>
- Hoffman, H. G., Chambers, G. T., Meyer, W. J., Arceneaux, L. L., Russell, W. J., Seibel, E. J., Richards, T. L., Sharar, S. R., & Patterson, D. R. (2011). Virtual Reality as an Adjunctive Non-pharmacologic Analgesic for Acute Burn Pain During Medical Procedures. *Annals of Behavioral Medicine*, 41(2), 183-191. <https://doi.org/10.1007/s12160-010-9248-7>

- Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Rodriguez, R. A., Peña, R., Beck, W., & Meyer, W. J. (2020). Virtual Reality Analgesia for Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Debridement. *Frontiers in Virtual Reality, 1*, 602299. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.602299>
- Hoffman, H. G., Richards, T. L., Coda, B., Bills, A. R., Blough, D., Richards, A. L., & Sharar, S. R. (2004). Modulation of Thermal Pain-Related Brain Activity With Virtual Reality : Evidence From fMRI: *NeuroReport, 15*(8), 1245-1248. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127826.73576.91>
- Hoffman, H. G., Rodriguez, R. A., Gonzalez, M., Bernardy, M., Peña, R., Beck, W., Patterson, D. R., & Meyer, W. J. (2019). Immersive Virtual Reality as an Adjunctive Non-opioid Analgesic for Pre-dominantly Latin American Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Cleaning in the Intensive Care Unit : A Pilot Study. *Frontiers in Human Neuroscience, 13*, 262. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00262>
- Hornbæk, K. (2010). Dogmas in the assessment of usability evaluation methods. *Behaviour & Information Technology, 29*(1), 97-111. <https://doi.org/10.1080/01449290801939400>
- Hudson, S., Matson-Barkat, S., Pallamin, N., & Jegou, G. (2019). With or Without you ? Interaction and Immersion in a Virtual Reality Experience. *Elsevier, 37*.
- Hunter, J. F., Acevedo, A. M., Gago - Masague, S., Kain, A., Yun, C., Torno, L., Jenkins, B. N., & Fortier, M. A. (2020). A Pilot Study of the Preliminary

Efficacy of Pain Buddy : A Novel Intervention for the Management of Children' s Cancer - Related Pain. *Pediatric Blood & Cancer*, 67(10).

<https://doi.org/10.1002/pbc.28278>

International Association for the Study of Pain. (2020). *IASP Announces Revised Definition of Pain—International Association for the Study of Pain (IASP)*.

<https://www.iasp-pain.org/publications/iasp-news/iasp-announces-revised-definition-of-pain/>

Isbister, K. (2016). *How Games Moves Us* (MIT Press).

Jenkins, H. (2010). Transmedia Storytelling and Entertainment : An annotated syllabus. *Continuum*, 24(6), 943-958.

<https://doi.org/10.1080/10304312.2010.510599>

Jenkins, H. (2017). Adaptation, Extension, Transmedia. *Literature/Film Quarterly*, 45(2).

Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and Defining the Experience of Immersion in Games.

*International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 641-661.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>

Johnson, D., Deterding, S., Kuhn, K.-A., Staneva, A., Stoyanov, S., & Hides, L.

(2016). Gamification for Health and Wellbeing : A Systematic Review of the Literature. *Internet Interventions*, 6, 89-106.

<https://doi.org/10.1016/j.invent.2016.10.002>



- Jupp, J. C. Y., Sultani, H., Peterson, K. A., Truong, T. H., & Cooper, C. A. (2018). Evaluation of Mobile Phone Applications to Support Medication Adherence and Symptom Management in Oncology Patients. *Pediatric Blood Cancer*, 65(11), 9.
- Kargar, M., Askari, S., Khoshaman, A., & Mohammadi, A. (2019). Differential Diagnosis of Schizophrenia and Schizoaffective Disorder from Normal Subjects Using Virtual Reality. *Psychiatry Research*, 273, 378-386.  
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.01.037>
- Katatkarn, J. (2023). *Virtual Reality Statistics : The Ultimate List in 2023*. AcademyOfAnimatedArt.com. <https://academyofanimatedart.com/virtual-reality-statistics/>
- Khadra, C., Ballard, A., Paquin, D., Cotes-Turpin, C., Hoffman, H. G., Perreault, I., Fortin, J.-S., Bouchard, S., Th eroux, J., & Le May, S. (2020). Effects of a Projector-Based Hybrid Virtual Reality on Pain in Young Children With Burn Injuries During Hydrotherapy Sessions : A Within-Subject Randomized Crossover Trial. *Burns*, 46(7), 1571-1584.  
<https://doi.org/10.1016/j.burns.2020.04.006>
- Kim, J. J., Wang, Y., Wang, H., Lee, S., Yokota, T., & Someya, T. (2021). Skin electronics : Next-generation device platform for virtual and augmented reality. *Advanced Functional Materials*, 31(39), 2009602.
- Kortesluoma, R.-L., Hentinen, M., & Nikkonen, M. (2003). Conducting a Qualitative Child Interview : Methodological Considerations: *Conducting a Qualitative*

*Child Interview. Journal of Advanced Nursing, 42(5), 434-441.*

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02643.x>

Kourtesis, P., Amir, R., Linnell, J., Argelaguet, F., & MacPherson, S. E. (2023).

Cybersickness, Cognition, & Motor Skills : The Effects of Music, Gender, and Gaming Experience. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 29(5), 2326-2336.* <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3247062>

Krishnamurthy, K., Selvaraj, N., Gupta, P., Cyriac, B., Dhurairaj, P., Abdullah, A.,

Krishnapillai, A., Lugova, H., Haque, M., Xie, S., & Ang, E. (2022). Benefits of gamification in medical education. *Clinical Anatomy, 35(6), 795-807.*

<https://doi.org/10.1002/ca.23916>

Kwekkeboom, K. L. (2003). Music Versus Distraction for Procedural Pain and

Anxiety in Patients With Cancer. *Oncology Nursing Forum, 30(3), 433-440.*

<https://doi.org/10.1188/03.ONF.433-440>

Laforest, M., Bouchard, S., Bossé, J., & Mesly, O. (2016). Effectiveness of In Virtuo

Exposure and Response Prevention Treatment Using Cognitive–Behavioral Therapy for Obsessive–Compulsive Disorder : A Study Based on a Single-Case Study Protocol. *Frontiers in Psychiatry, 7.*

<https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00099>

Lanier, J. (1992). Virtual reality : The promise of the future. *Interactive Learning*

*International, 8(4), 275-279.*

- Lazor, T., De Souza, C., Urquhart, R., Serhal, E., & Gagliardi, A. R. (2021). Few Guidelines Offer Recommendations on How to Assess and Manage Anxiety and Distress in Children With Cancer : A Content Analysis. *Supportive Care in Cancer*, 29(5), 2279-2288. <https://doi.org/10.1007/s00520-020-05845-8>
- Le May, S., Genest, C., Hung, N., Francoeur, M., Guingo, E., Paquette, J., Fortin, O., & Guay, S. (2022). The Efficacy of Virtual Reality Game Preparation for Children Scheduled for Magnetic Resonance Imaging Procedures (IMAGINE) : Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*, 11(6), e30616. <https://doi.org/10.2196/30616>
- Le May, S., Hupin, M., Khadra, C., Ballard, A., Paquin, D., Beaudin, M., Bouchard, S., Cotes-Turpin, C., Noel, M., Guingo, E., Hoffman, H. G., Déry, J., Hung, N., & Perreault, I. (2021). Decreasing Pain and Fear in Medical Procedures with a Pediatric Population (DREAM) : A Pilot Randomized Within-Subject Trial. *Pain Management Nursing*, S1524904220302046. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2020.10.002>
- Le May, S., Paquin, D., Fortin, J.-S., & Khadra, C. (2016). DREAM Project : Using Virtual Reality to Decrease Pain and Anxiety of Children With Burns During Treatments. *Proceedings of the 2016 Virtual Reality International Conference*, 1-4. <https://doi.org/10.1145/2927929.2927934>
- Le May, S., Tsimicalis, A., Noel, M., Rainville, P., Khadra, C., Ballard, A., Guingo, E., Cotes - Turpin, C., Addab, S., Chougui, K., Francoeur, M., Hung, N.,

- Bernstein, M., Bouchard, S., Parent, S., & Debeurme, M. H. (2020). Immersive Virtual Reality vs. Non-Immersive Distraction for Pain Management of Children During Bone Pins and Sutures Removal : A Randomized Clinical Trial Protocol. *Journal of Advanced Nursing*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/jan.14607>
- Lécho Hirt, L. (2015). Recherche-création en design   plein régime : Un constat, un manifeste, un programme. *Sciences du Design*, n  1(1), 37. <https://doi.org/10.3917/sdd.001.0037>
- Linge, L. (2012). Magical Attachment : Children in Magical Relations With Hospital Clowns. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-Being*, 7(1), 11862. <https://doi.org/10.3402/qhw.v7i0.11862>
- Lopes-Junior, L. C., Silveira, D. S. C., Olson, K., Bomfim, E. O., Veronez, L. C., Santos, J. C., Alonso, J. B., Nascimento, L. C., Pereira-da-Silva, G., & Lima, R. A. G. (2020). Clown Intervention on Psychological Stress and Fatigue in Pediatric Patients With Cancer Undergoing Chemotherapy. *Cancer Nursing*, 43(3), 290-299.
- Lopez-Rodriguez, M. M., Fern andez-Millan, A., Ruiz-Fern andez, M. D., Dobarrio-Sanz, I., & Fern andez-Medina, I. M. (2020). New Technologies to Improve Pain, Anxiety and Depression in Children and Adolescents with Cancer : A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3563. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103563>

- MacDonald, C. (2012). Understanding Participatory Action Research : A Qualitative Research Methodology Option. *Canadian Journal of Action Research, 13*(2), 34-50.
- Magenat, S., Gross, M., Sumner, R. W., Ngo, D. T., Zund, F., Ryffel, M., Noris, G., Rothlin, G., Marra, A., Nitti, M., & Fua, P. (2015). Live Texturing of Augmented Reality Characters from Colored Drawings. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 21*(11), 1201-1210.  
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2459871>
- Mahrer, N. E., & Gold, J. I. (2009). The Use of Virtual Reality for Pain Control : A Review. *Current Pain and Headache Reports, 13*(2), 100-109.  
<https://doi.org/10.1007/s11916-009-0019-8>
- Malone, T. W. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science, 5*(4), 333-369.
- Marczewski, A. (2012). Gamification : A simple introduction & a bit more-tips, advice and thoughts on gamification. In *Educational research : Fundamentals for the customers*. Pearson.
- Marsh, L. E., Kanngiesser, P., & Hood, B. (2018). When and How Does Labour Lead to Love? The Ontogeny and Mechanisms of the IKEA Effect. *Cognition, 170*, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.10.012>
- Mascarenhas, D. R. D., & Smith, N. C. (2011). Developing the performance brain. In *Performance Psychology* (p. 245-267). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-06734-1.00017-1>

- McCloud, S. (1992). *Understanding Comics : The Invisible Art*. Kitchen Sink Press.
- McMurtry, C. M., Noel, M., Chambers, C. T., & McGrath, P. J. (2011). Children's Fear During Procedural Pain : Preliminary Investigation of the Children's Fear Scale. *Health Psychology, 30*(6), 780-788. <https://doi.org/10.1037/a0024817>
- McSherry, T., Atterbury, M., Gartner, S., Helmold, E., Searles, D. M., & Schulman, C. (2017). Randomized, Crossover Study of Immersive Virtual Reality to Decrease Opioid Use During Painful Wound Care Procedures in Adults: *Journal of Burn Care & Research, 1*.  
<https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000589>
- Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain Mechanisms : A New Theory. *Science, 150*(3699), 971-979. <https://doi.org/10.1126/science.150.3699.971>
- Merhi, O., Faugloire, E., Flanagan, M., & Stoffregen, T. A. (2007). Motion Sickness, Console Video Games, and Head-Mounted Displays. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 49*(5), 920-934.  
<https://doi.org/10.1518/001872007X230262>
- Michael, S. C., & Chen, S. (2006). *Serious Games : Games That Educate, Train and Inform*. Boston, Mass: Tomson Course Technologie.
- Miller, W. F. (1954). A Physiologic Evaluation of the Effects of Diaphragmatic Breathing Training in Patients With Chronic Pulmonary Emphysema. *The American Journal of Medicine, 17*(4), 471-477. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(54\)90122-9](https://doi.org/10.1016/0002-9343(54)90122-9)

- Moline, J. (1997). Virtual Reality for Health Care : A Survey. *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology*, 3-34.
- Mori, M., MacDorman, K., & Kageki, N. (2012). The Uncanny Valley [From the Field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98-100.  
<https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Murray, J. (1997). *Hamlet on the Holodeck : The Future of Narrative in Cyberspace*. MIT Press.
- Mütterlein, J. (2018). The Three Pillars of Virtual Reality ? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 9.
- Nam, S. H., Lee, J. Y., & Kim, J. Y. (2018). Biological-Signal-Based User-Interface System for Virtual-Reality Applications for Healthcare. *Journal of Sensors*, 2018, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2018/9054758>
- Nazari, B., Bakhshi, S., Kaboudi, M., Dehghan, F., Ziapour, A., & Montazeri, N. (2017). A Comparison of Quality of Life, Anxiety and Depression in Cancer and Non-cancer Children in Kermanshah, Iran. *International Journal of Pediatrics, Online First*. <https://doi.org/10.22038/ijp.2017.23540.1978>
- Nevin, C. R., Westfall, A. O., Rodriguez, J. M., Dempsey, D. M., Cherrington, A., Roy, B., Patel, M., & Willig, J. H. (2014). Gamification as a Tool for Enhancing Graduate Medical Education. *Postgraduate Medical Journal*, 90(1070), 685-693.

- Nolin, P., Besnard, J., Allain, P., & Banville, F. (2019). Assessment and Rehabilitation Using Virtual Reality after Stroke : A Literature Review. In *Virtual Reality for Psychological and Neurocognitive Interventions* (p. 307-326). Springer.
- Norman, D. A. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. Basic books.
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things : Revised and Expanded Edition*. Basic books.
- Norton, M. I., Mochon, D., & Ariely, D. (2012). The IKEA effect : When labor leads to love. *Journal of Consumer Psychology, 22*(3), 453-460.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcps.2011.08.002>
- Osmanliu, E., Trottier, E. D., Bailey, B., Lagacé, M., Certain, M., Khadra, C., Sanchez, M., Thériault, C., Paquin, D., Côtes-Turpin, C., & Le May, S. (2021). Distraction in the Emergency department using Virtual reality for INtravenous procedures in Children to Improve comfort (DEVINCI) : A Pilot Pragmatic Randomized Controlled Trial. *Canadian Journal of Emergency Medicine, 23*(1), 94-102. <https://doi.org/10.1007/s43678-020-00006-6>
- Ota, D., Loftin, B., Saito, T., Lea, R., & Keller, J. (1995). Virtual Reality in Surgical Education. *Computers in Biology and Medicine, 25*(2), 127-137.  
[https://doi.org/10.1016/0010-4825\(94\)00009-F](https://doi.org/10.1016/0010-4825(94)00009-F)



- Pannucci, C. J., & Wilkins, E. G. (2010). Identifying and Avoiding Bias in Research: *Plastic and Reconstructive Surgery*, 126(2), 619-625.  
<https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181de24bc>
- Paquin, D. (2009). *Au-delà de l'immersion technologique : Du rêve de transcendance jusqu'à une réactualisation de la pensée métaphysique* [Doctoral dissertation]. Université de Toulouse II - Le Mirail.
- Paquin, L.-C., & Noury, C. (2018). Définir la recherche-création ou en cartographier les pratiques ? *ACFAS Magazine*, 12.
- Patyal, N. (2022). *Ikea Effect : Creating Customer Value Through Customer Engagement* [PhD Thesis].
- Pereira, P., Duarte, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2014). A Review of Gamification for Health-Related Contexts. In A. Marcus ( d.), *Design, User Experience, and Usability. User Experience Design for Diverse Interaction Platforms and Environments* (Vol. 8518, p. 742-753). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-07626-3\\_70](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07626-3_70)
- Pittara, M., Matsangidou, M., Stylianides, K., Petkov, N., & Pattichis, C. S. (2020). Virtual Reality for Pain Management in Cancer : A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3044233>
- Porcino, T. M., Clua, E., Trevisan, D., Vasconcelos, C. N., & Valente, L. (2017). Minimizing Cyber Sickness in Head Mounted Display systems : Design Guidelines and Applications. *2017 IEEE 5th International Conference on*

*Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1-6.

<https://doi.org/10.1109/SeGAH.2017.7939283>

- Pourmand, A., Davis, S., Marchak, A., Whiteside, T., & Sikka, N. (2018). Virtual Reality as a Clinical Tool for Pain Management. *Current Pain and Headache Reports*, 22(8), 53. <https://doi.org/10.1007/s11916-018-0708-2>
- Proulx, J. (2019). Recherches qualitatives et validités scientifiques. *Recherches qualitatives*, 38(1), 53. <https://doi.org/10.7202/1059647ar>
- Provost, C. (2022). *La recherche-création au Québec : Cadrage sociohistorique, mode de production de connaissances et diffusion d'une nouvelle forme de recherche*. Université du Québec   Montréal.
- Radovick, S., Hershkovitz, E., Kalisvaart, A., Koning, M., Paridaens, K., & Kamel Boulos, M. N. (2018). Gamification Concepts to Promote and Maintain Therapy Adherence in Children with Growth Hormone Deficiency. *J - Multidisciplinary Scientific Journal*. <https://doi.org/10.3390/j1010008>
- Rogers, K., Aufheimer, M., Weber, M., & Nacke, L. E. (2018). *Towards the Visual Design of Non-Player Characters for Narrative Roles*. Graphics Interface Conference.
- Roohi, S., & Forouzandeh, A. (2019). Regarding color psychology principles in adventure games to enhance the sense of immersion. *Entertainment Computing*, 30, 100298. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2019.100298>

- Ryan, G. W., & Bernard, H. R. (2003). Techniques to Identify Themes. *SAGE*, 15(1).  
<https://doi.org/10.1177/1525822X02239569>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and Extrinsic Motivation from a Self-Determination Theory Perspective : Definitions, Theory, Practices, and Future Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860.  
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Schiller, M. (2018). Transmedia Storytelling : New Practices and Audiences. In *Stories* (Ian Christie and Annie van den Oever, p. 97-108). Amsterdam University Press. <http://www.jstor.com/stable/j.ctv5rf6vf.10>
- Selye, H. (1956). Stress and psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 113(5), 423-427.
- Son, H., Ross, A., Mendoza-Tirado, E., & Lee, L. J. (2022). Virtual Reality in Clinical Practice and Research : Viewpoint on Novel Applications for Nursing. *JMIR Nursing*, 5(1), e34036. <https://doi.org/10.2196/34036>
- Spielberger, C. D. (1972). Current Trends in Theory and Research on Anxiety. In *Anxiety* (p. 3-19). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-657401-2.50008-3>
- Srimookda, N., Saensom, D., Mitsungnern, T., Kotruchin, P., & Ruaisungnoen, W. (2021). The Effects of Breathing Training on Dyspnea and Anxiety Among Patients With Acute Heart Failure at Emergency Department. *International Emergency Nursing*, 56, 101008. <https://doi.org/10.1016/j.ienj.2021.101008>

- Stévance, S. (2012). À la recherche de la recherche-création : La création d'une interdiscipline universitaire. *Intersections: Canadian Journal of Music*, 33(1), 3. <https://doi.org/10.7202/1025552ar>
- Suncksen, M., Bendig, H., Teistler, M., Wagner, M., Bott, O. J., & Dresing, K. (2018). Gamification and Virtual Reality for Teaching Mobile X-Ray Imaging. *2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2018.8401364>
- Suso-Ribera, C., Fern andez-Álvarez, J., García-Palacios, A., Hoffman, H. G., Bret n-López, J., Baños, R. M., Quero, S., & Botella, C. (2019). Virtual Reality, Augmented Reality, and *In Vivo* Exposure Therapy : A Preliminary Comparison of Treatment Efficacy in Small Animal Phobia. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(1), 31-38. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0672>
- T. J. (2016). *Pixar Demographics : What The Average Pixar Fan Looks Like ? - Pixar Post*. Pixarpost.com. <https://pixarpost.com/2016/07/pixar-demographics.html>
- Tao, G., Garrett, B., Taverner, T., Cordingley, E., & Sun, C. (2021). Immersive Virtual Reality Health Games : A Narrative Review of Game Design. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00801-3>

- Tekinbas, K. S., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of Play : Game Design Fundamentals*. MIT press.
- Thrane, S. (2013). Effectiveness of Integrative Modalities for Pain and Anxiety in Children and Adolescents With Cancer : A Systematic Review. *Journal of Pediatric Oncology Nursing*, 30(6), 320-332.  
<https://doi.org/10.1177/1043454213511538>
- Tieri, G., Morone, G., Paolucci, S., & Iosa, M. (2018). Virtual Reality in Cognitive and Motor Rehabilitation : Facts, Fiction and Fallacies. *Expert Review of Medical Devices*, 15(2), 107-117.  
<https://doi.org/10.1080/17434440.2018.1425613>
- Tola, Y. O., Chow, K. M., & Liang, W. (2021). Effects of Non - Pharmacological Interventions on Preoperative Anxiety and Postoperative Pain in Patients Undergoing Breast Cancer Surgery : A Systematic Review. *Journal of Clinical Nursing*, 30(23-24), 3369-3384. <https://doi.org/10.1111/jocn.15827>
- Tong, A., Sainsbury, P., & Craig, J. (2007). Consolidated Criteria for Reporting Qualitative Research (COREQ) : Q 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>
- Triberti, S., Gorini, A., Savioni, L., Sebri, V., & Pravettoni, G. (2019). Avatars and the Disease : Digital Customization as a Resource for Self-Perception

- Assessment in Breast Cancer Patients. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(8), 558-564. <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0461>
- Tutelman, P. R., Chambers, C. T., Stinson, J. N., Parker, J. A., Fernandez, C. V., Witteman, H. O., Nathan, P. C., Barwick, M., Campbell, F., Jibb, L. A., & Irwin, K. (2018). Pain in Children With Cancer : Prevalence, Characteristics, and Parent Management. *The Clinical Journal of Pain*, 34(3), 198-206. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000531>
- Udara, S. W. I., & Alwis, A. K. D. (2019). Gamification for Healthcare and Well-Being. *Global Journal of Medecine Research*, 19(4), 25-29.
- Vessey, J. A., Carlson, K. L., & McGill. (1994). Use of Distraction With Children During an Acute Pain Experience. *Nursing Research*, 43(6), 369-372. <https://doi.org/10.1097/00006199-199411000-00009>
- Vial, S. (2015). *Le design*. Presses Universitaires de France.
- Wang, H., Liu, X.-L., Wang, T., Tan, J.-Y. (Benjamin), & Huang, H. (2022). Breathing Exercises for Pain Management in Cancer Survivors : A Systematic Review. *Pain Management Nursing*. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2022.11.003>
- Wilkinson, P. (2016). A Brief History of Serious Games. In R. Dörner, S. Göbel, M. Kickmeier-Rust, M. Masuch, & K. Zweig (Éds.), *Entertainment Computing and Serious Games* (Vol. 9970, p. 17-41). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_2)

- Williams, A. C. de C., & Craig, K. D. (2016). Updating the Definition of Pain. *Pain*, 157(11), 2420-2423. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000613>
- Wilson, A. S., & McDonagh, J. E. (2013). *A Gamification Model to Encourage Positive Healthcare Behaviours in Young People with Long Term Conditions*. 1(2), 10.
- Wu, W., Lu, F. L., Shiu, C., Tang, C., Jou, S., Chen, J., & Liu, Y. (2022). The Effectiveness of a Medical Clowning Program on Improving Emotional Status Among Hospitalized Children Undergoing Cancer Treatment : A Quasi - Experimental Study. *Journal of Nursing Scholarship*, 54(2), 161-168. <https://doi.org/10.1111/jnu.12720>
- Xiang, H., Shen, J., Wheeler, K. K., Patterson, J., Lever, K., Armstrong, M., Shi, J., Thakkar, R. K., Groner, J. I., Noffsinger, D., Giles, S. A., & Fabia, R. B. (2021). Efficacy of Smartphone Active and Passive Virtual Reality Distraction vs Standard Care on Burn Pain Among Pediatric Patients : A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, 4(6), e2112082. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.12082>
- Zamenopoulos, T., & Alexiou, K. (2018). *Co-design as collaborative research*. Bristol University/AHRC Connected Communities Programme.
- Zhang, C. (2020). Investigation on Motion Sickness in Virtual Reality Environment from the Perspective of User Experience. *2020 IEEE 3rd International*

*Conference on Information Systems and Computer Aided Education*

*(ICISCAE)*, 393-396. <https://doi.org/10.1109/ICISCAE51034.2020.9236907>



