



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE NANTES
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

RAPPORT DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Utilisation de la réalité virtuelle dans le traitement de troubles psychopathologiques

Fabien ROBIN & Elouarn LAINÉ

février 2017

encadré par Yannick PRIÉ & Toinon VIGIER

— Équipe DUKE/IVC —
LS2N

LABORATOIRE DE PSYCHOLOGIE DES PAYS DE LOIRE

coordinateur : Jean-Pierre GUÉDON



Avertissement

Toute reproduction, même partielle, par quelque procédé que ce soit, est interdite sans autorisation préalable.

Une copie par xérographie, photographie, photocopie, film, support magnétique ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi.

Utilisation de la réalité virtuelle dans le traitement de troubles psychopathologiques

Résumé

La réalité virtuelle (RV) étant de plus en plus abordable, de nouveaux champs d'application peuvent être découverts. C'est le cas en psychothérapie, où la RV a déjà commencé à donner des résultats, notamment pour les thérapies d'exposition. Le but de ce projet était de trouver une nouvelle utilisation de la RV en psychothérapie. Nous nous sommes donc renseignés sur les différentes études faites sur le sujet, en particulier sur les thérapies cognitivo-comportementales et la RV pour la médiation thérapeutique. Une fois ces recherches effectuées et au vu des ressources dont nous disposions, nous avons décidé de développer un environnement virtuel dédié à créer un état modifié de conscience, en créant un environnement de méditation puis en mettant en place le protocole Ganzfeld. Cette application de RV comporte un environnement où le patient peut régler les paramètres du Ganzfeld, un environnement de méditation et enfin un environnement de Ganzfeld. Une fois développée, nous avons conduit une petite expérimentation afin de valider les aspects "facilité d'utilisation de l'interface homme machine (IHM)" et "aspect apaisant des environnements de relaxation et de Ganzfeld". Cela nous a permis de voir que notre IHM était facilement utilisable et que l'application était globalement apaisante, malgré le fait que certaines personnes aient trouvé l'environnement de Ganzfeld un peu stressant. Il faut cependant se dire qu'un vrai protocole Ganzfeld est normalement exécuté lors d'une thérapie et en présence d'un thérapeute, qui sera prépondérant concernant l'aspect "relaxation". Il est cependant possible d'améliorer le tout en ajoutant des fonctionnalités à l'application, ou encore en la portant sur du matériel offrant de meilleures possibilités d'interaction afin de mesurer l'impact que cela aurait sur l'efficacité de la thérapie par le Ganzfeld. Enfin, le champ d'utilisation de la réalité virtuelle en psychothérapie est encore très large et de nombreuses possibilités n'ont pas, ou peu été explorées, comme par exemple la médiation thérapeutique. Il reste donc encore de nombreuses possibilités de recherche dans ce domaine.

Catégories et descripteurs de sujets : H.5.1 [**Multimedia Information Systems**]: Artificial, augmented, and virtual realities; I.3.6 [**Methodology and Techniques**]: Interaction techniques; I.3.7 [**Three-Dimensional Graphics and Realism**]: Virtual reality; J.4 [**Social and Behavioral Sciences**]: Psychology

Termes généraux : experimentation, psychology, virtual reality

Mots-clés additionnels et phrases : thérapies cognitivo-comportementales, médiation thérapeutique, Ganzfeld, rétroaction biologique, phobies, troubles anxieux

Remerciements

Nous tenons à remercier nos encadrants Yannick PRIÉ et Toinon VIGIER, qui ont été de bon conseil et nous ont aidé durant les différentes phases de ce projet, que ce soit pour la rédaction de ce rapport ou pour le développement de notre application.

Nous souhaitons également remercier Thomas RA-BEYRON, qui a été présent tout au long du projet et nous a donné de nombreuses idées pour la création de l'application de réalité virtuelle ainsi que son amélioration.

Enfin, merci à nos testeurs, qui ont bien voulu participer à notre expérimentation malgré le délai assez court et la charge de travail qu'ils avaient à côté. Merci également à Jean-Baptiste ALIGNÉ qui nous a prêté son iPhone pour toute la durée de l'expérimentation, et à Antony LECOQ qui nous a permis de compiler notre application sur cet iPhone.

Table des matières

1	Introduction	11
1.1	Contexte du projet	11
1.2	Présentation de la problématique	11
1.3	Objectifs poursuivis	12
1.4	Travail réalisé	12
1.5	Contribution	13
1.6	Plan de l'étude	13
2	État de l'art	15
2.1	Quelques types de psychothérapies	15
2.1.1	Les thérapies cognitivo-comportementales	15
2.1.2	Les thérapies de médiation	16
2.1.3	Le protocole Ganzfeld	16
2.2	Les thérapies cognitivo-comportementales et la réalité virtuelle	17
2.2.1	Présentation des différentes thérapies	17
2.2.2	Logiciels et environnements virtuels disponibles pour le traitement de pathologies en réalité virtuelle	20
2.2.3	Analyse	21
2.3	Les moyens de médiation par réalité Virtuelle	22
2.3.1	La Réalité Virtuelle : Un outil de communication	22
2.3.2	Analyse	24
2.4	Le Ganzfeld et la réalité virtuelle	24
2.5	État affectif du patient et rétroaction biologique	25
2.5.1	Signaux physiologiques	25
2.5.2	Rétroaction biologique dans un environnement de détente	26
2.6	La technologie des casques de RV au service des psychothérapies	27
2.7	Récapitulatif	29

2.8	Conclusion	29
3	Proposition	31
3.1	Ganzfeld en réalité virtuelle	31
3.1.1	Ganzfeld en RV	31
4	Expérimentations et résultats	33
4.1	Développement de l'application	33
4.1.1	Plateforme de développement : Unity	33
4.1.2	Mise en réseau de l'application	34
4.1.3	Signaux physiologiques pour la rétroaction	35
4.1.4	Résumé des différentes scènes	35
4.1.5	Scène des réglages	36
4.1.6	Scène de relaxation	38
4.1.7	Scène de Ganzfeld	40
4.2	Expérimentations	41
4.2.1	Protocole de test	41
4.2.2	Analyse des résultats	42
4.3	Conclusion	52
4.3.1	Résumé des résultats	52
4.3.2	Portée des résultats	53
4.3.3	Possibilités d'amélioration	53
5	Conclusion	55
5.1	Résumé du travail effectué	55
5.2	Enseignements	56
5.3	Perspectives de recherche	57
A	Mesures détaillées	67

B	Fiches de lecture	71
B.1	<i>Virtual reality for enhancing the cognitive behavioral treatment of obesity with binge eating disorder : Randomized controlled study with one-year follow-up</i>	71
B.1.1	Résumé	71
B.1.2	Lien avec notre projet	72
B.2	<i>Using Virtual Reality to Provide a Naturalistic Setting for the Treatment of Pathological Gambling</i>	72
B.2.1	Résumé	72
B.2.2	Lien avec notre projet	73
B.3	<i>Efficacy of Virtual Reality Exposure Therapy in the Treatment of PTSD : A Systematic Review</i>	73
B.3.1	Résumé	74
B.3.2	Lien avec notre projet	74
B.4	<i>NeuroVR 2 - A free virtual reality platform for the assessment and treatment in behavioral health care</i>	74
B.4.1	Résumé	74
B.4.2	Lien avec notre projet	75
B.5	<i>Single-session gamified virtual reality exposure therapy for spider phobia vs. traditional exposure therapy : study protocol for a randomized controlled non-inferiority trial</i>	75
B.5.1	Résumé	75
B.5.2	Lien avec notre projet	76
B.6	<i>Virtual Reality Therapy Versus Cognitive Behavior Therapy for Social Phobia : A Preliminary Controlled Study</i>	76
B.6.1	Résumé	76
B.6.2	Lien avec notre projet	77
B.7	<i>Virtual reality and mobile phones in the treatment of generalized anxiety disorders : A phase-2 clinical trial</i>	77
B.7.1	Résumé	77
B.7.2	Lien avec notre projet	78
B.8	<i>Virtual Reality as Treatment for Fear of Flying : A Review of Recent Research</i>	78
B.8.1	Résumé	78
B.8.2	Lien avec notre projet	79
B.9	<i>Virtual reality treatment of claustrophobia : a case report</i>	80
B.9.1	Résumé	80
B.9.2	Lien avec notre projet	80

B.10	<i>A virtual reality-integrated program for improving social skills in patients with schizophrenia : A pilot study</i>	80
B.10.1	Résumé	81
B.10.2	Lien avec notre projet	81
B.11	<i>Auditory-visual virtual reality as a diagnostic and therapeutic tool for cynophobia</i>	82
B.11.1	Résumé	82
B.11.2	Lien avec notre projet	82
B.12	<i>Experimental Application of Virtual Reality for Nicotine Craving through Cue Exposure</i>	83
B.12.1	Résumé	83
B.12.2	Lien avec notre projet	84
B.13	<i>Virtual Reality as communicative medium between patient and therapist</i>	84
B.13.1	Résumé	84
B.13.2	Lien avec notre projet	85
B.14	<i>Communication Within Virtual Reality : Creating a Space for Research</i>	85
B.14.1	Résumé	85
B.14.2	Lien avec notre projet	86
B.15	<i>Virtual Reality as Communication Tool : A Sociocognitive Analysis</i>	86
B.15.1	Résumé	86
B.15.2	Lien avec notre projet	87
B.16	<i>Occupational stress, relaxation therapies, exercise and biofeedback</i>	87
B.16.1	Résumé	87
B.16.2	Lien avec notre projet	88
B.17	<i>Positive technology : A free mobile platform for the self-management of psychological stress</i>	88
B.17.1	Résumé	88
B.17.2	Lien avec notre projet	88
C	Planification	90
C.1	Phase I	90
C.2	Phase II	90
D	Fiches de suivi	98

E	Auto-contrôle et auto-évaluation	109
F	Annexes	112
F.1	Architecture de notre application	112
F.1.1	Synchronisation réseau	112
F.1.2	Chat vocal	113
F.1.3	Scène "HomeRoom"	113
F.1.4	Scène "RelaxingEnv1"	113
F.1.5	Interface du thérapeute	114
F.1.6	Récupération des valeurs du Spire	114
F.1.7	Scène "Ganzfeld"	115
F.1.8	Fondu entre scènes	115
F.2	Questionnaire de l'expérimentation	115
F.2.1	Usabilité de l'interface de réglages	115
F.2.2	Évaluation de l'environnement de préparation au Ganzfeld	116
F.2.3	Évaluation de l'environnement de Ganzfeld	116

Introduction

1.1 Contexte du projet

Ce projet, encadré par Yannick Prié et Toinon Vigier, s'effectue en collaboration avec un psychologue clinicien de l'UFR Psychologie, Thomas Rabeyron. Nous travaillons également avec deux étudiants en psychologie clinique : Fernanda Jardon dans le cadre de son TER (Travail d'Étude et de Recherche) ainsi qu'Olivier Charlet dans le cadre de sa thèse.

Ce projet est né de la collaboration entre le futur LS2N (Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes) et le LPPL (Laboratoire de Psychologie des Pays de Loire), qui travaillent sur l'utilisation de la réalité virtuelle dans le traitement de psychopathologies comme les phobies, les addictions, les troubles anxieux etc.

1.2 Présentation de la problématique

Nous travaillerons donc sur la recherche et le développement d'un moyen d'utiliser la réalité virtuelle pour

traiter ces troubles. Un certain nombre d'études a déjà été fait, notamment pour traiter différentes phobies et troubles anxieux, afin de montrer qu'une thérapie utilisant la réalité virtuelle peut donner de très bons résultats.

Cependant, les technologies et logiciels utilisés lors de ces expériences ne sont pas forcément complètement exploitables aisément par les psychiatres pour différentes raisons. Certaines technologies sont obsolètes, les applications sont développées pour un type de cas très particulier à chaque fois et ne sont peut-être pas réutilisables sans modification.

De plus, tous les troubles mentaux existants n'ont pas été abordés avec la réalité virtuelle : il y a certainement besoin de développer de nouvelles applications permettant de traiter ces pathologies à l'aide de la réalité virtuelle.

Il existe également d'autres possibilités pour utiliser cette technologie pour la psychothérapie. En effet, les psychologues utilisent des moyens de médiation pour aider certains patients à s'exprimer, à montrer ce qu'ils res-

sentent. Ces moyens peuvent être des dessins, ou encore des images représentant des situations. Il peut donc être possible de créer un environnement virtuel permettant au psychologue et au patient de communiquer de manière plus efficace.

Notre problématique consiste donc à déterminer une utilisation possible de la réalité virtuelle pour la psychothérapie et développer un environnement adapté au psychologue pour cette utilisation. Nous nous aiderons pour cela de nos recherches bibliographiques, qui nous préciseront ce qui existe déjà qui soit utilisable, afin de déterminer la direction à prendre.

1.3 Objectifs poursuivis

Nous souhaitons à l'issue de notre travail bibliographique, avoir trouvé une idée de solution à développer, ou a minima savoir vers quel axe nous nous dirigeons : plutôt un environnement dédié aux thérapies d'exposition, un environnement de médiation entre le patient et le psychologue, ou encore une solution permettant un autre champ d'utilisation de la réalité virtuelle en psychologie.

Dans un deuxième temps, nous voulons développer notre solution et la faire utiliser par Thomas Rabeyron avec l'un de ses patients afin de savoir si elle est efficace et également pour avoir un retour sur les changements et améliorations que nous pourrions y apporter.

1.4 Travail réalisé

Dans le but d'atteindre notre objectif qui est d'utiliser la réalité virtuelle de façon innovante afin d'aider à traiter de nouvelles psychopathologies, nous avons réalisé le travail suivant :

L'état de l'art que nous avons produit est composé de deux grandes sections : Premièrement l'utilisation de la RV pour les thérapies cognitivo-comportementales car c'est dans ce spectre de la psychologie que la RV a été la plus utilisée. Ensuite, nous avons étudié le thème de la médiation par réalité virtuelle car c'est un sujet encore peu abordé dans le milieu de la recherche.

Suite à notre état de l'art et aux discussions avec les acteurs de ce projet, nous nous sommes mis d'accord sur l'élaboration d'un Ganzfeld en RV, Ganzfeld disposant de rétroaction biologique et pouvant être contrôlé à distance par le thérapeute.

Nous avons donc développé cette application, contenant d'abord une phase permettant au patient de régler certains paramètres du Ganzfeld, puis une phase de relaxation dans un environnement apaisant, et enfin la phase de Ganzfeld, dans lequel le patient a une lumière projetée sur les yeux. Le thérapeute peut également voir ce que voit le patient sur son écran, lui parler et modifier l'agitation de l'environnement, initialement contrôlée par le rythme respiratoire du patient, de manière à faire de la rétroaction biologique.

Une fois l'application terminée, nous avons voulu vérifier que l'interface de réglages était suffisamment facile à utiliser et que l'application en elle-même était bien

apaisante. Nous l'avons donc testée sur 5 personnes et avons récolté certaines données ainsi que leurs réponses à un questionnaire. Enfin, nous avons analysé ces données pour conclure sur la validation des aspects précédemment cités.

1.5 Contribution

L'analyse des données recueillies lors de notre expérimentation nous a permis d'arriver à plusieurs conclusions. Tout d'abord, nous avons pu déterminer que dans sa globalité, notre interface de réglages était assez facile d'utilisation et aussi d'apprentissage, bien qu'il soit possible de parfaire le tout à l'aide de quelques modifications.

Pour le côté relaxant de l'application, la totalité de nos testeurs a trouvé l'environnement de préparation plutôt apaisant, bien qu'il y ait encore un peu de travail à effectuer pour augmenter la sensation de présence et le rendre visuellement plus attrayant. En ce qui concerne le Ganzfeld, le résultat est plus mitigé puisque certaines personnes l'ont trouvé stressant. Nous pouvons cependant mettre ces résultats en perspective puisque lors d'une vraie thérapie, on peut penser que le thérapeute aura un rôle prépondérant pour apaiser ses patients.

Nous pouvons donc dire que nous avons développé une application intéressante et *a priori* prometteuse, mais qui nécessite encore d'être testée lors d'une vraie thérapie et avec un réel encadrement thérapeutique afin de mesurer l'efficacité de la réalité virtuelle employée pour le protocole Ganzfeld.

1.6 Plan de l'étude

Le chapitre 2 étudie dans un premier temps les différents types de psychothérapies existantes, puis l'utilisation de la RV pour ces thérapies. Cette section aborde : le traitement des phobies, des troubles anxieux et d'autres pathologies (addictions, schizophrénie, hyperphagie compulsive). De plus, un aparté traite des logiciels et environnements virtuels utilisés pour aider à soigner les pathologies citées plus haut. Dans un second temps, le chapitre étudie les moyens de médiation par réalité virtuelle : d'abord, le principe de la communication interpersonnelle puis la RV au service de la médiation thérapeutique. Puis, une partie aborde l'évaluation de l'état affectif des patients via la rétroaction biologique afin d'aider les psychothérapeutes. Enfin, le chapitre se conclue par un comparatif des principaux casques de RV du marché.

Le chapitre 3 aborde la proposition que nous avons retenue, à savoir, la création d'un Ganzfeld en RV avec la description des grandes étapes au cours desquelles le patient sera guidé au cours de son voyage dans l'application.

Quand au chapitre 4, il traite en premier lieu de notre travail de développement en décrivant en détail les différentes particularités de l'application, en expliquant les choix que l'on a faits. Dans un deuxième temps, nous y décrivons notre expérimentation ainsi que les résultats que nous avons obtenus après l'analyse des données recueillies.

Enfin la conclusion (cf. chapitre 5) permet de regrouper

les résultats obtenus au cours de ce projet et de donner les perspectives d'évolution possible pour la suite.

État de l'art

L'état de l'art de notre projet se décompose en plusieurs sections, visant à décrire certaines psychothérapies ainsi que leur usage avec la réalité virtuelle. La première section consiste à expliquer ces types de thérapie en psychologie. Ensuite, nous allons aborder la réalité virtuelle et ce qu'elle apporte à ces thérapies grâce aux études réalisées sur ces sujets. Enfin, nous avons jugé pertinent d'ajouter une partie sur la rétroaction biologique permettant de mesurer l'état affectif des patients lors des thérapies, ainsi un comparatif des principaux casques de RV disponibles sur le marché.

2.1 Quelques types de psychothérapies

Nous allons ici présenter quels sont les différents types de thérapie en psychologie, quel est leur but comment ils fonctionnent globalement.

2.1.1 Les thérapies cognitivo-comportementales

Les thérapies cognitivo-comportementales (ou TCC) visent à construire de nouvelles pensées face au trouble auquel est confronté un patient et à modifier son comportement lors de situations à risque. En effet, beaucoup de troubles psychologiques sont traitables notamment grâce à des thérapies d'exposition, qui ont pour but d'exposer le patient à son trouble (phobie, anxiété sociale etc.) pour mieux le comprendre et l'affronter.

Ces thérapies nécessitent de pouvoir interagir un minimum avec l'objet de la pathologie : lors d'une thérapie d'exposition, le patient sera amené à interagir avec l'objet de sa phobie de manière graduelle. Ainsi, plus le patient sera à l'aise à interagir avec son trouble, plus il sera proche d'être guéri. Son approche comportementale et cognitive vis-à-vis de son trouble sont modifiées.

Les TCC sont un type de thérapie très reconnu et très utilisé en psychologie et qui montre généralement de

bons résultats.

2.1.2 Les thérapies de médiation

La médiation thérapeutique est une thérapie reposant sur la communication entre le patient et le thérapeute, en passant par différents moyens d'expression. Cette thérapie est souvent effectuée avec une médiation artistique comme le dessin, la musique ou tout autre processus de création.

Cette thérapie joue en particulier sur le développement personnel du patient, en lui permettant d'ouvrir les yeux sur des troubles dont il a conscience ou non et d'évoluer face à ces troubles.

2.1.3 Le protocole Ganzfeld

« L'effet Ganzfeld (de l'allemand : ganzfeld, « champ entier »), ou déprivation sensorielle, est une expérience de perception produite par l'exposition à un champ de stimulation uniforme et non structuré. Cet effet résulte de l'amplification de l'activité neuronale latente par le cerveau pour remplacer les perceptions disparues. » [Wikipédia]

Le protocole Ganzfeld consiste à soumettre le patient à un champ uniforme, pour cela, on place des demi-balles de ping-pong sur les yeux du patient. Ces balles vont ensuite être éclairées d'une source de lumière rouge. Ainsi, le patient ne verra que du rouge sur l'intégralité de son champ de vision. D'autre part, on équipe le patient d'un



FIGURE 2.1 – Protocole Ganzfeld [Wikipédia]

casque audio dans lequel le thérapeute fait jouer un bruit blanc (Figure 2.1). Avec cet équipement, le patient ne perçoit plus aucun stimulus visuel ou auditif.

Après un certain temps passé dans cet environnement (10 ou 15 minutes), le cerveau cesse d'interpréter le signal visuel inchangé. Le patient a alors l'impression de voir noir. Le même phénomène se passe au niveau de l'ouïe, le signal auditif du bruit blanc n'est plus perçu, le patient n'entend alors plus rien.

Pour combler le manque de stimuli perçus, le cerveau va amplifier son activité neuronale. Le patient va alors rentrer dans ce qu'on appelle un état modifié de conscience et c'est précisément cet état qui est recherché par le thérapeute pour travailler avec le patient.

Le patient va pouvoir décrire les sensations et images perçues aux thérapeute, ce qui va l'aider à traiter la pathologie dont il souffre.

2.2 Les thérapies cognitivo-comportementales et la réalité virtuelle

L'un des usages principaux de la réalité virtuelle en psychologie clinique est son utilisation pour effectuer des thérapies cognitivo-comportementales. Nous allons donc présenter les différentes techniques utilisées avec la réalité virtuelle pour traiter différents types de psychopathologies via des TCC.

2.2.1 Présentation des différentes thérapies

Traitement des phobies

Un certain nombre d'articles ont été publiés concernant l'utilisation de la réalité virtuelle pour le traitement de phobies. Les types de peurs traitées sont de plus assez variées, allant de peurs "classiques" à des peurs moins courantes. On retrouve en effet les catégories suivantes : l'arachnophobie [MLH⁺16], la claustrophobie [BBP⁺98], la peur de l'avion [PAR08], ou encore la phobie des chiens [SDWVD13]. Nous allons donc d'abord décrire la procédure classique d'une thérapie d'exposition pour le traitement d'une telle pathologie puis nous décrirons un exemple concret d'utilisation de la réalité virtuelle pour l'arachnophobie.

Lors d'une thérapie d'exposition, les patients sont d'abords choisis et évalués dans le but de connaître le degré de sévérité de leur pathologie. Ces évaluations prennent souvent la forme de questionnaires

[MLH⁺16][SDWVD13], mais on peut également ajouter une mise en exposition, notamment pour l'arachnophobie en mesurant via une échelle le comportement des patients face à une araignée [MLH⁺16].

Ces derniers sont ensuite confrontés à diverses situations anxiogènes en fonction de la nature de leur peur, pendant une ou plusieurs séances en compagnie d'un thérapeute. Le but est ici d'augmenter graduellement la difficulté pour les patients, en les exposant à des environnements de plus en plus stressants pour eux, tout en leur faisant relativiser leur peur à chaque exposition.

Une fois toutes les sessions terminées, les patients remplissent de nouveau des questionnaires d'évaluation, permettant aux thérapeutes de vérifier que le traitement a été efficace ou non en fonction de la progression du niveau de phobie des personnes concernées. Ces évaluations peuvent être effectuées à des intervalles de temps différents, souvent peu après la thérapie puis une seconde fois après une période de temps relativement longue, souvent plusieurs mois. Cela permet de mesurer si la thérapie est efficace sur la durée.

Pour ce qui concerne les thérapies d'exposition en réalité virtuelle, peu de choses diffèrent. En effet, les mêmes méthodes sont utilisées pour évaluer le niveau de peur des patients, avant et après les séances de thérapie. La seule différence est le contenu des séances d'exposition.

Généralement, une thérapie d'exposition via réalité virtuelle consiste à immerger le patient dans un environnement virtuel correspondant à sa peur et lui permettant de subir ou d'interagir avec celui-ci, tout en restant dans le cabinet du thérapeute et donc en sachant

que rien ne peut lui arriver. Dans le cas de l'arachnophobie [MLH⁺16], l'environnement utilisé a été entièrement programmé pour une thérapie composée d'une unique session de trois heures. Durant cette session, le patient est amené dans deux zones différentes : un salon et un jardin. Dans chaque zone, le patient doit réaliser trois tâches, consistant à regarder des araignées, interagir avec celles-ci (il n'est pas spécifié de quelle manière cependant) et une dernière situation consistant à laisser une araignée l'approcher. La seule chose que l'utilisateur peut contrôler est la direction de son regard dans l'environnement. Une voix-off fournit des instructions et autres informations au patient pour le guider ou encore pour le rassurer. De plus, les araignées peuvent être représentées de différentes manières, plus ou moins réaliste pour diminuer ou augmenter la sensation de peur du patient en fonction de son niveau de stress.

On peut donc voir ici que la réalité virtuelle permet de créer un environnement totalement immersif pour le patient, en recréant une situation anxiogène plus facilement contrôlable et sans danger pour les patients. Cela peut permettre un coût réduit (par exemple pour les patients atteints de la peur de l'avion) et la diminution des symptômes des pathologies égale, voire surpasse celle constatée avec une thérapie d'exposition in vivo. En plus des interactions proposées par l'environnement utilisé par Miloff, on peut ajouter d'autres sensations comme des sons en 3D [SDWVD13] pour augmenter l'immersion des patients.

Traitement des troubles anxieux

Nous allons maintenant nous concentrer sur les méthodes de traitement des troubles anxieux incluant l'usage de la réalité virtuelle. Il existe des troubles anxieux de toutes sortes, mais nous avons surtout trouvé des informations sur le traitement de la phobie sociale, du syndrome de stress post-traumatique et du trouble anxieux généralisé. Nous allons donc voir deux approches différentes pour le traitement de ces troubles, l'une étant similaire aux thérapies d'exposition utilisées pour les phobies et l'autre permettant aux patients de développer un état de relaxation.

Pour débiter, la thérapie d'exposition en réalité virtuelle peut être utilisée pour traiter la phobie sociale. En effet, la sensation d'immersion est suffisamment présente avec la réalité virtuelle pour que les patients traités de cette manière ressentent une sensation d'anxiété en étant confronté à des personnes dans un environnement virtuel. Dans l'étude réalisée par E.Klinger et al. [Kli05], les patients ont subi 12 séances d'exposition à différents environnements virtuels. Chaque environnement était dédié à un exercice différent, comme apprendre à parler en public, tenir une petite conversation, effectuer des tâches en étant observé ou encore défendre son point de vue. Les patients étaient donc, comme pour les phobies, confrontés à un environnement stressant et devaient apprendre à contrôler leur peur. Un point intéressant lors de cette étude est que les personnes virtuelles étaient des sprites 3D de personnes réelles, ce qui montre que l'immersion est suffisante même lorsque l'environnement n'est pas très réaliste.

Le même type de thérapie a été étudié pour traiter plusieurs cas de syndromes de stress post-traumatique [GPC⁺12], où les patients étaient confrontés à une situation similaire à celle étant à l'origine de leur trouble.

Ensuite, un autre type de thérapie a été utilisé pour traiter les troubles anxieux, plus particulièrement le trouble d'anxiété généralisée. Une personne souffrant de ce syndrome se trouve dans un état d'anxiété excessive pendant au moins 6 mois à propos de diverses situations. Pour traiter ces symptômes, il est possible d'utiliser des environnements virtuels comme cadres pour effectuer des exercices de relaxation [RGP⁺13]. Dans cet article, les patients étaient immergés dans un environnement représentant une île tropicale, avec divers lieux à explorer et donnant à effectuer plusieurs exercices de relaxation, guidés par une bande audio narrative. L'un des groupes de patients expérimentait en plus la rétroaction biologique. Cela consiste à mesurer certaines constantes des patients comme la fréquence cardiaque, afin de connaître leur niveau de stress pendant la simulation. Cette mesure est utilisée en temps réel et influe sur l'environnement virtuel. Par exemple, lorsque les patients se trouvent face à la mer, plus ils seront stressés, plus elle sera agitée. De même, lorsque les patients seront apaisés, la mer sera très calme. Cela permet donc à ces derniers de facilement situer leur niveau d'anxiété et de pouvoir visualiser l'objectif à atteindre.

Il existe donc différents moyens de traiter les troubles anxieux avec la réalité virtuelle, des thérapies d'exposition aux exercices de relaxation. Comme on a pu le voir, la rétroaction biologique offre un niveau d'interaction in-

téressant avec l'environnement et que l'on pourra peut-être utiliser de manière différente pour notre proposition de solution.

Autres pathologies

La réalité virtuelle a déjà été utilisée dans le but de traiter des pathologies différentes des troubles anxieux ou des phobies, à moindre échelle cependant. Nous allons voir ici de quelle manière avec des thérapies pour les addictions, la schizophrénie ou encore le trouble d'hyperphagie compulsive.

Addictions De nombreuses addictions existent chez l'être humain, comme l'alcoolisme, le tabagisme ou encore des addictions comportementales comme l'addiction au jeu. L'addiction à la nicotine a été étudiée [LKK⁺03], plus particulièrement l'utilisation de la réalité virtuelle pour déclencher des envies symboliques (association de lieux, objets, etc. à une prise de cigarette) de fumer chez les patients. Les patients étaient ici immergés dans des environnements virtuels représentant des situations susceptibles de déclencher leur envie : bar, personnes en train de fumer à proximité etc. Ainsi, l'envie de fumer était bien plus forte avec la réalité virtuelle qu'en utilisant les médias traditionnels.

Le même principe a été utilisé pour traiter des patients atteints d'addiction au jeu [BLG⁺14]. En effet, ces derniers étaient exposés à un environnement (un bar ou un casino, contenant des machines à sous) proposant plusieurs situations susceptibles de provoquer une envie de

jouer à des jeux d'argent, de manière graduelle. Ainsi, le thérapeute pouvait comprendre l'origine de l'addiction des patients grâce à leurs ressentis et travailler avec eux sur un moyen de contrôler ces situations.

Schizophrénie Les patients atteints de schizophrénie souffrent notamment d'une déficience en compétences sociales : difficulté à communiquer, tant de manière verbale que non-verbale, difficulté à reconnaître les émotions et expressions faciales des interlocuteurs etc. Une thérapie utilisant la réalité virtuelle a été mise en place [RCGMRS14] avec plusieurs types d'exercices : reconnaître les émotions d'une personne grâce à ses expressions faciales, discussions avec des personnes ayant des états émotionnels différents, faire et recevoir des compliments etc. L'utilisation d'environnements virtuels permet ainsi de choisir et contrôler les interactions voulues entre le patient et son interlocuteur (virtuel).

Hyperphagie compulsive Une étude a été réalisée pour le traitement de l'hyperphagie compulsive avec obésité en réalité virtuelle [CMB⁺13]. Cette pathologie a pour symptômes des crises où le patient mange de manière démesurée, sans forcément avoir de sensation de faim. La réalité virtuelle a été ici utilisée pour une thérapie cognitivo-comportementale, en particulier en confrontant les patients à des situations présentant un risque de crise. Cela leur permet d'identifier les situations à risque et de développer des stratégies à l'aide du thérapeute pour éviter les crises.

Ainsi, nous avons pu voir que ces différents troubles peuvent être traités avec différents exercices en réalité virtuelle, via des environnements virtuels spécifiques à chaque type de pathologie. Nous n'avons malheureusement pas beaucoup d'informations concernant ces différents environnements, la plupart ayant a priori été créés par les auteurs des différents articles. Cependant, nous avons pu noter que les environnements utilisés par Cesa et al. [CMB⁺13] ont été conçus grâce à NeuroVR [RGG⁺11], un logiciel permettant de créer différentes situations pour le traitement de certaines psychopathologies.

2.2.2 Logiciels et environnements virtuels disponibles pour le traitement de pathologies en réalité virtuelle

Dans tous les articles étudiés, des environnements virtuels différents sont utilisés à chaque fois pour réaliser les thérapies présentées. Nous avons donc essayé de voir s'il était possible de savoir comment ces environnements virtuels avaient été créés et si nous pouvions y avoir accès directement pour les réutiliser ou les modifier pour les adapter, si jamais nous décidons d'utiliser la réalité virtuelle pour traiter des troubles psychopathologiques.

Lors de nos recherches dans les articles étudiés, nous avons pu remarquer que la plupart des environnements virtuels utilisés avaient été développés par les laboratoires partenaires ou participants aux études menées, comme ceux utilisés par Klinger et al. [Kli05]. En effet, ceux-

ci ont été programmés par le GREYC (Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen) et ne sont visiblement pas disponibles. Un autre environnement sur lequel nous avons un peu plus de détails est celui utilisé pour le traitement du trouble anxieux généralisé [RGP⁺13]. Il a été créé par une équipe de chercheurs de l'ESIEA (École Supérieure d'Informatique, Électronique, Automatique) en utilisant le kit de développement 3DVIA Virtools. Comme précédemment cependant, il n'est pas possible de se procurer l'environnement développé.

Nous n'avons pas pu trouver d'environnement déjà conçu et qui soit accessible au public, cependant l'article traitant de la phobie des araignées [MLH⁺16] nomme l'outil utilisé pour créer les environnements virtuels ayant servis dans l'étude. Celui-ci se nomme NeuroVR [RGG⁺11] et est une plate-forme de création et de personnalisation d'environnements virtuels, conçue spécialement dans le but d'aider les psychothérapeutes. Il est donc possible de créer des environnements pour des thérapies d'exposition sur les phobies, troubles anxieux, alimentaires etc.) et de le rendre interactifs avec la mise en place de déclencheurs. Ce logiciel est plutôt ergonomique et utilisable par des psychologues n'ayant pas de compétences en programmation. Cet environnement est basé sur un logiciel libre et est téléchargeable gratuitement. Cependant, il n'est visiblement plus mis à jour depuis 2012 et n'est apparemment compatible qu'avec les casques de réalité virtuelle Wrap1200 VR de Vuzix.

Finalement, le seul outil potentiellement récupérable permettant de créer des environnements virtuels risque

de ne pas être utilisable au vu de sa compatibilité avec un casque qui n'est plus commercialisé. Sa compatibilité avec d'autres casques n'est pas garantie. Nous avons également regardé si les environnements présents dans le logiciel pouvaient être récupérés et utilisés avec Unity3D mais ces derniers sont sous un format propriétaire .sz, donc inutilisables. Nous n'avons donc pas réellement d'environnements virtuels permettant le traitement de psychopathologies à notre disposition, ces environnements étant tous développés en interne et n'étant pas téléchargeables par le public.

2.2.3 Analyse

Nous allons maintenant présenter les différents intérêts que peut présenter la réalité virtuelle appliquée spécifiquement au traitement de psychopathologies ainsi que les limites que nous pourrions rencontrer.

Intérêts de la réalité virtuelle pour traiter des pathologies

L'un des principaux intérêts d'utiliser une telle technologie est le fait que, comme nous avons pu le voir dans les différentes études, les résultats sont très bons, voire meilleurs qu'en passant par des thérapies utilisant des moyens conventionnels, que ce soit pour les phobies, les troubles anxieux ou d'autres types de pathologies plus spécifiques. Cela permet également d'avoir un environnement entièrement maîtrisé, sans risques pour les patients et à moindre coût, si l'on compare notamment pour les thérapies d'exposition pour la peur de prendre

l'avion, qui peuvent s'avérer très coûteuses, plus qu'un simple achat de matériel permettant d'expérimenter avec la réalité virtuelle. Dans notre cas, se servir de la réalité virtuelle à des fins de traitement de psychopathologies est intéressant, Thomas Rabeyron travaillant avec des patients atteints de diverses phobies (supermarchés, voyage en train etc.). Il serait possible de développer des environnements spécifiques à ces phobies en prenant en compte les différents outils vus dans les différents articles comme l'utilisation du son pour apporter plus de réalisme, ou encore la rétroaction biologique. Il serait également possible de développer différentes situations permettant le traitement de patients atteints de pathologies non présentes dans cette revue de littérature. Il serait également intéressant d'utiliser les différentes descriptions des environnements étudiés dans les articles dans le but de développer une application permettant de construire aisément des situations adaptées à différentes thérapies, au vu de la non-existence d'une telle plate-forme (excepté NeuroVR, mais qui s'avère ne pas être une bonne solution au vu des arguments évoqués en [2.2.2](#)).

Limites de la réalité virtuelle pour traiter les pathologies

Le seul inconvénient a priori existant pour notre projet est que la réalité virtuelle a d'ores et déjà été beaucoup étudiée pour traiter un nombre assez important de troubles psychopathologiques différents. Nous risquons donc d'avoir du mal à trouver une manière de procéder réellement innovante dans ce domaine d'application, sans

que cela soit redondant avec d'autres expérimentations effectuées auparavant.

2.3 Les moyens de médiation par réalité Virtuelle

Dans cette section, il s'agira de parler de la Réalité Virtuelle en tant que nouveau médium de communication. Dans un premier temps, sera abordé le principe de la communication interpersonnelle dans un environnement virtuel puis nous tenterons de comprendre en quoi la RV peut être utile dans les thérapies à médiation. Enfin, nous concluons en analysant ce qui a été fait dans ce domaine.

2.3.1 La Réalité Virtuelle : Un outil de communication

Comme l'ordinateur à ses débuts, la Réalité Virtuelle, d'abord réservée à une élite scientifique, devrait fortement se populariser dans les prochaines années. En effet, la diminution des prix de vente des casques de VR et l'amélioration des performances des ordinateurs devraient permettre de voir arriver cette technologie dans bon nombre d'industries. Cependant, il reste encore à voir à quelle vitesse ces différentes industries vont accepter ce nouveau médium.

Le principe de la communication interpersonnelle

Avant de s'intéresser à l'utilisation de la RV dans les thérapies de médiation, il est nécessaire de comprendre

comment communiquer dans un Environnement Virtuel (EV). Dans ce contexte, une étude a été menée pour savoir comment concevoir un médium de communication (ici, la RV) en prenant en compte le cerveau humain et son fonctionnement [Bio92]. Ainsi, on apprend que les médias les plus interactifs sont ceux qui proposent une communication interpersonnelle. En RV, la communication interpersonnelle est basée sur la conception d'EVs et d'interactions. Ceci dans deux buts différents : le premier étant de faire disparaître le médium aux yeux de ceux qui l'expérimentent et le second étant d'améliorer et d'étendre par des moyens artificiels l'éventail des communications interpersonnelles.

Dans un second temps, l'article de Giuseppe Riva [Riv99] nous apprend que toute communication interpersonnelle est un processus de négociation. C'est à dire qu'inconsciemment, tout individu communiquant avec un autre individu essaye de modeler ce dernier à son image. Ceci amène les deux implications suivantes : premièrement, en RV, pour comprendre ce processus de négociation, il est nécessaire de comprendre les sujets impliqués dans un EV. Autrement dit, il est nécessaire d'analyser le contexte social. Deuxièmement, les interactions que l'on a dans un EV avec d'autres individus vont modifier notre relation avec le contexte.

L'article propose ensuite d'analyser le contexte social de la RV multi-utilisateurs, clé de la compréhension des communications interpersonnelles en RV. Deux théories tentent d'expliquer ce contexte social : La "Théorie d'Actions Localisées" ou "Situating Action Theory" montre comment les individus s'adaptent aux circonstances pour

développer un plan d'action intelligent. D'autre part, la "Théorie de Positionnement" ou "Positioning Theory" nous dit qu'aucune personne n'est enfermée dans un rôle stable appartenant à une catégorie définie mais qu'au contraire, nous évoluons dans le temps en fonction de nos échanges avec les autres.

Pour finir, l'article nous donne quelques pistes pour faciliter la communication dans un EV. On apprend par exemple que le visage est la partie d'un avatar qui doit recevoir le plus d'attention. En effet, le recours à des expressions faciales permet de communiquer plus facilement. D'autre part, les EV n'offrant encore qu'un niveau de détails relativement bas, il est parfois nécessaire de recourir à des attitudes ou comportements stéréotypés pour augmenter la visibilité de ces derniers.

La RV au service de la médiation thérapeutique

Dans cette section, nous traiterons de la médiation thérapeutique qui regroupe toutes les thérapies des difficultés relationnelles et nous chercherons à savoir ce que la Réalité Virtuelle peut apporter dans ce domaine.

Les thérapies de médiation font partie des thérapies qui utilisent le pouvoir de l'imagination humaine [RMV01]. En effet, certaines thérapies pratiquées en cas de déficit de la parole utilisent d'autres canaux de communication pour établir un lien entre patient et thérapeute. Ces canaux, de nature diverse, peuvent être par exemple : les expressions corporelles, la musique ou encore la peinture. La réalité virtuelle apporte dans ce domaine une plus value dans le sens où elle permet, en proposant des EV

relaxants et inspirants, d'augmenter l'imagination du patient et donc sa créativité. Cela permettrait ainsi d'améliorer le pouvoir de communication du patient, ce qui amènerait à terme à une thérapie plus efficace.

Le dessin est en général un bon moyen de médiation utilisé par les thérapeutes, mais ce médium est par nature limité à deux dimensions et à la surface de la feuille. En revanche, la RV s'affranchit de ces limitations et permet de dessiner dans les 3 dimensions et dans un espace beaucoup plus vaste et très facilement personnalisable. De plus, en RV, les lois physiques appliquées à un environnement virtuel peuvent être modifiées à volonté, créant ainsi un univers plus ludique.

2.3.2 Analyse

Suite aux recherches initialement prévues sur l'utilisation de la RV dans les thérapies de médiation, nous avons pu nous rendre compte du vide de la littérature sur ce thème précis. En effet, nous n'avons trouvé aucun article traitant à la fois de thérapies de médiation (autrement appelée thérapies à médiation ou encore médiations thérapeutiques) et de réalité virtuelle. Plusieurs raisons semblent être à l'origine de ce vide.

D'abord, pour les thérapies de médiation se basant sur une communication entre patient et thérapeute, il est nécessaire d'avoir un environnement virtuel multi-utilisateurs. Or, bien que ce concept de réalité virtuelle multi-utilisateurs fait l'objet de plusieurs articles scienti-

fiques, la mise en pratique ne s'est faite que récemment. En effet, cela requiert le double de matériel et une mise en réseau (les deux casques sont branchés sur deux PC différents, eux-mêmes reliés en réseau) de la simulation ou alors un ordinateur deux fois plus puissant (les images de synthèse envoyées aux deux casques sont calculées par un unique PC). Ainsi la génération d'environnements virtuels multi-utilisateurs étant plus compliquée d'un point de vue matériel ou technique, il est naturel que les chercheurs se soient orientés davantage vers des applications pour les EV mono-utilisateur (traitement des phobies, anxiétés, etc.).

Une autre raison probable serait que les chercheurs, lorsqu'ils appréhendent une nouvelle technologie, commencent par des applications "simples" à mettre en œuvre et dont le résultat est facilement quantifiable. Ainsi, la RV a été en priorité utilisée pour les thérapies cognitivo-comportementales car les apports de ces dernières étaient plus facilement mesurables que les apports de la RV pour les thérapies de médiation.

2.4 Le Ganzfeld et la réalité virtuelle

Nous n'avons pas trouvé d'études réalisées sur l'utilisation du protocole Ganzfeld en psychothérapie en utilisant la réalité virtuelle, cette pratique étant très peu répandue. Nous allons cependant voir quels apports potentiels la RV peut apporter à la réalisation de ce protocole.

Pour réaliser un Ganzfeld, seuls deux des 5 sens du corps humain sont utilisés : l'ouïe et la vue. La RV permettant de base d'immerger le patient dans un environnement virtuel en utilisant sa vue, il est très probable qu'un casque de RV soit efficace à l'immersion physique du patient. En ajoutant à cela un casque audio, les deux sens seraient totalement immergés, comme dans un Ganzfeld classique.

En ce qui concerne l'immersion psychologique, apportée plutôt par le réalisme d'un environnement virtuel, elle serait amenée aisément puisqu'il suffit de simuler une lumière de couleur uniforme éclairant le patient.

L'utilisation de la réalité virtuelle pour réaliser un protocole Ganzfeld serait donc tout à fait envisageable et potentiellement efficace.

2.5 État affectif du patient et rétroaction biologique

Lors de certains types de psychothérapie (en particulier pour les TCC et le Ganzfeld), le patient est amené à passer par différents états affectifs, comme du stress ou encore des états de détente, voire d'hypnose. Ces états sont généralement évalués par le thérapeute, qui, en fonction des réactions et du comportement du patient, peut déterminer comment se sent le patient et faire évoluer la séance de thérapie en fonction. Cependant, cette évaluation faite par le thérapeute n'est pas forcément la plus précise et il existe des moyens plus efficaces pour mesurer l'état affectif d'une personne. Cela passe notamment par la me-

sure de signaux physiologiques. Cela permet l'utilisation de la rétroaction biologique, permettant de retranscrire l'évolution de l'état affectif du patient dans son environnement virtuel lors d'une thérapie en RV, comme nous allons le voir pour un environnement de relaxation.

2.5.1 Signaux physiologiques

Un certain nombre de constantes physiologiques peuvent être mesurées pour faire de la rétroaction biologique, dont certains plus courants que d'autres. Ils sont détaillés dans la section 5.8 de cet article [Ste01] et sont les suivants :

- L'électromyogramme, qui mesure l'activité des muscles grâce à des électrodes placées sur ceux-ci. Cela peut être utilisé dans notre cas en ciblant certains muscles qui seraient contractés en cas de stress. Grâce à ce signal, le patient pourrait apprendre à détendre ses muscles et, suivant la relation de cause à effet, se relaxer lui-même ;
- On peut également utiliser l'électroencéphalogramme, mesurant l'activité électrique dans le cerveau. En effet, lorsqu'un patient est dans un état détendu, son cerveau va générer des ondes alpha. Nous pourrions ainsi mesurer ces ondes pour connaître le niveau de stress du patient, cependant cela semble plus compliqué à mesurer que d'autres constantes et le matériel est probablement plus coûteux et complexe à gérer ;
- La réponse galvanique de la peau : cela consiste à

mesurer la conductance ou la résistance de la peau. Plus un patient sera détendu, plus sa réponse galvanique sera basse. Cela semble être une constante assez simple à interpréter pour une rétroaction automatique dans l'environnement virtuel.

- D'autres éléments assez communs, comme le rythme cardiaque, le rythme respiratoire ou encore la tension artérielle, qui peuvent être relativement simples à mesurer et peu coûteux, tout en étant des indicateurs très efficaces en ce qui concerne le niveau de stress d'une personne ;

Nous disposons donc d'un certain nombre de bons indicateurs pour suivre et évaluer le niveau de relaxation d'un patient au cours d'une séance de thérapie.

2.5.2 Rétroaction biologique dans un environnement de détente

Nous nous sommes renseignés sur la manière dont la rétroaction pouvait se manifester dans un environnement virtuel, en particulier pour la relaxation. Nous avons donc trouvé un article présentant *Positive Technology* [GCS⁺14], une application mobile avec un environnement de relaxation et de la rétroaction biologique. Cette application étant téléchargeable gratuitement sur Ipad, nous avons pu la tester sans la rétroaction biologique, puisque nous n'avions pas de capteurs.

L'environnement virtuel se présente sous la forme d'une île paradisiaque sur laquelle on peut se promener librement. Sur cette île sont présents plusieurs lieux spé-

cifiques, tels qu'une cascade, un feu de camp, des transats face à la mer etc. Dans chaque lieu, il est proposé à l'utilisateur de réaliser un exercice de relaxation, qui peut aussi de manière optionnelle, être guidé par un narrateur. Lorsque le mode "rétroaction biologique" est activé, l'application mesure la fréquence cardiaque de l'utilisateur (via n'importe quel capteur cardiaque utilisant le protocole Bluetooth Smart) et répercute le niveau de stress du patient ainsi mesuré sur le décor. Par exemple, le flux d'eau dans la cascade sera plus ou moins élevé en fonction de la fréquence cardiaque, de même pour l'intensité du feu de camp. L'utilisateur peut ainsi se rendre compte que son niveau de détente a une influence directe sur l'environnement qui l'entoure et qu'il peut apaiser les éléments en apaisant son esprit.

Cette application nous donne donc un bon aperçu de la manière dont nous pouvons utiliser la rétroaction avec un environnement virtuel dédié à la méditation. Nous pourrions, en modifiant certains paramètres de l'environnement, accentuer le sentiment d'apaisement du patient et lui indiquer de manière assez claire son niveau de stress afin que le thérapeute et lui-même sachent s'il est sur la bonne voie.

Pour résumer, il est possible d'utiliser un ou plusieurs signaux physiologiques assez simples à interpréter, pour indiquer au patient son état affectif (plus ou moins stressé ou détendu). Les modifications du décor ou du fond sonore permettent ensuite d'exprimer clairement l'évolution de son niveau de stress au patient et de l'aider à se relaxer.

2.6 La technologie des casques de RV au service des psychothérapies

Dans cette partie, il s'agira d'avoir une vision globale des casques disponibles sur le marché et de comprendre quelles interactions ces derniers offrent en psychothérapie.

Ces dernières années ont vu exploser l'offre des casques de réalité virtuelle. D'abord réservés à une élite scientifique, les dispositifs de RV se sont récemment démocratisés, d'une part grâce à la diminution des coûts de fabrication mais aussi grâce à l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs. Ainsi, la réalité virtuelle est une technologie accessible à un public toujours plus grand.

Le marché des casques de RV en pleine expansion, est divisé en deux : d'un côté, on a les casques reliés à un PC, et de l'autre on a les casques où l'on doit connecter un smartphone.

Le marché des casques nécessitant un PC est relativement fermé et est constitué d'un nombre encore restreint d'acteurs. Les deux principaux de ce marché sont HTC et Oculus (Facebook) avec respectivement leur casque phare : le HTC Vive et l'Oculus Rift. Ce type de casque offre la meilleure expérience possible car les ordinateurs puissants qui y sont connectés permettent de faire des rendus très détaillés avec taux de rafraîchissement élevé (minimum 90Hz). De plus, cette catégorie de casques est généralement la meilleure en terme d'interactions possibles. En effet, ces casques sont trackés dans l'es-

pace (tracking rotationnel et spatial) et disposent de manettes elles aussi trackées dans les 3 dimensions permettant ainsi d'avoir une gamme d'interactions très riche.

L'autre partie du marché des casques de RV est constitué des casques nécessitant un smartphone pour fonctionner. Ce marché connaît une explosion de l'offre car de plus en plus d'entreprises se lancent dans la fabrication de tels dispositifs. Ces casques de conception plus simple et proposés à des prix bien moindres requièrent cependant d'être combinés avec un smartphone de dernière génération pour une expérience optimale. Au niveau des interactions possibles, ces casques sont plus limités. En effet, ayant seulement un tracking rotationnel, la visée et les boutons sont les seuls moyens d'interagir avec l'EV.

Le Tableau 2.1 est un comparatif succinct entre quatre casques du marché afin de comprendre les différences techniques entre les deux types de casques exposés ci-dessus (connectés à un PC ou à un smartphone). Les deux premiers casques de ce comparatif, le Vive et le Rift, ont été choisis afin d'établir un point de référence car ils sont considérés comme étant les deux meilleurs casques de RV du marché. Le GearVR faisant quant à lui partie de la seconde catégorie de casques (connectés à un smartphone) a été inclus dans ce tableau pour donner une idée de ce qu'il se fait de mieux dans cette catégorie. Enfin, le dernier casque du comparatif, le Elegiant3D, figure dans ce tableau car c'est le casque dont disposait Thomas Rabeyron et par conséquent celui utilisé dans ce projet.

Modèle	Caractéristiques	Interaction
HTC Vive	<i>Necessite</i> : PC <i>Tracking</i> : complet / 4x3m <i>Definition</i> : 2160x1200 px <i>FOV</i> : 110 deg <i>Prix</i> : 900e + PC	2 manettes trackées
Oculus Rift CV1	<i>Necessite</i> : PC <i>Tracking</i> : complet / 1x1m <i>Definition</i> : 2160x1200 px <i>FOV</i> : 100 deg <i>Prix</i> : 700e + PC	2 manettes trackées
GearVR	<i>Necessite</i> : Smartphone <i>Tracking</i> : rotationnel <i>Definition</i> : 2000x1000 px <i>FOV</i> : 100 deg <i>Prix</i> : 70e + Smartphone	visée boutons
Elegant3D	<i>Necessite</i> : Smartphone <i>Tracking</i> : rotationnel <i>Definition</i> : 2000x1000 px <i>FOV</i> : 100 deg <i>Prix</i> : 25e + Smartphone	visée

TABLE 2.1 – Tableau comparatif d’une sélection de casques de RV existants

2.7 Récapitulatif

Pour résumer, nous avons étudié trois principaux axes assez différents lors de cette phase bibliographique : la RV pour les thérapies cognitivo-comportementales, la RV comme moyen de médiation et le protocole Ganzfeld. Il s'avère que ces axes d'utilisation de la RV possèdent des avantages, mais également des inconvénients assez handicapants pour certains (cf. tableau 2.2).

En effet, malgré le manque d'environnements virtuels déjà disponibles, il serait possible de créer nous-même des environnements permettant d'effectuer des thérapies d'exposition et de les utiliser, par exemple pour traiter une phobie spécifique ou des troubles anxieux. L'inconvénient majeur de cette utilisation est qu'énormément d'études ont déjà été effectuées sur le sujet, concernant de nombreuses psychopathologies. Nous orienter sur cette voie manquerait donc d'intérêt pour Thomas Rabeyron, puisque cela ne présenterait pas vraiment de nouveauté.

La RV pour la médiation thérapeutique en revanche, a été très peu étudiée et le contenu à ce propos est quasiment inexistant. Il pourrait donc être d'un grand intérêt pour nous de développer par exemple un environnement où le patient et le thérapeute pourraient interagir en dessinant en 3D. Malheureusement, ce type d'environnement nécessite un niveau d'interaction relativement élevé, qu'il n'est possible d'atteindre qu'en possédant du matériel assez poussé comme des manettes trackées dans l'espace, qui ne sont disponibles qu'avec un HTC Vive. Ne possédant pas de tels équipements et au vu du prix que cela coûterait, nous ne pouvons pas nous permettre de partir

sur cette voie. De plus, l'environnement mis en place devrait être partagé, ce qui n'est pas aisé à développer dans le temps imparti et nécessite encore plus de matériel.

En ce qui concerne le Ganzfeld, il n'y a jamais vraiment eu d'études sur son utilisation en RV, ce qui en fait une proposition assez innovante. Elle est de plus peu coûteuse à mettre en oeuvre, ce qui peut permettre de la combiner avec d'autres approches en psychothérapies afin d'étudier les impacts de ces combinaisons. Le seul bémol est ici que le Ganzfeld est une pratique peu courante en psychothérapie, ce qui n'est cependant pas un réel frein puisque cette pratique pourra éventuellement être amené à se développer dans le futur.

2.8 Conclusion

Après nos recherches sur les axes précédents, nous nous sommes réunis avec nos encadrants afin de déterminer comment nous allons utiliser la réalité virtuelle dans ce projet. Il est vite apparu que la thérapie cognitivo-comportementale n'était pas suffisamment intéressante, et que la médiation thérapeutique serait trop compliquée à mettre en place. Cependant, l'idée d'utiliser la rétroaction biologique dans des environnements de relaxation (cf. 2.2.1) [RGP+13] a retenu notre attention, puisque cet angle peut être abordé en combinaison avec d'autres techniques utilisées en psychothérapie comme le protocole Ganzfeld. Nous allons donc nous servir de cette approche dans la proposition présentée dans le prochain chapitre.

Proposition	Avantages	Inconvénients
La RV pour des thérapies cognitivo-comportementales	Facilité de mise en oeuvre	Pas d'environnements déjà disponibles Beaucoup de travaux déjà menés sur le sujet
La RV pour la médiation thérapeutique	Peu de travaux sur le sujet : innovant	Matériel coûteux et non-disponible Environnement partagé compliqué à développer dans le temps imparti
Le Ganzfeld en RV	Aucune étude sur le sujet : innovant Peu coûteux à mettre en oeuvre	Ganzfeld peu utilisé en psychothérapie

TABLE 2.2 – Tableau comparatif des propositions étudiées

Proposition

3.1 Ganzfeld en réalité virtuelle

Dans cette partie, nous parlerons de la proposition qui sera développée, à savoir un Ganzfeld en réalité virtuelle. Bien que le Ganzfeld soit au coeur de l'application que nous allons développer, des environnements relaxants seront utilisés avant de débiter le protocole Ganzfeld afin d'apaiser les patients. De plus, nous capterons certains signaux physiologiques des patients afin de faire de la rétroaction biologique dans les environnements de relaxation, de manière à déterminer quand le patient sera prêt à passer en phase de Ganzfeld et ainsi obtenir un traitement plus efficace. Nous allons donc détailler l'application que nous comptons développer et les différentes étapes par lesquelles devra passer le patient.

3.1.1 Ganzfeld en RV

Notre application de Ganzfeld en RV sera décomposée en trois phases distinctes : une phase d'apaisement dans un environnement relaxant, puis le protocole Ganzfeld à

proprement parler, et pour finir, un retour à l'environnement de relaxation.

1. *Menus* : Avant de se lancer véritablement dans l'environnement virtuel, le patient aura besoin de régler un certain nombre de paramètres. Il pourra d'abord choisir la couleur du Ganzfeld en fonction de ce qu'il préfère. Ensuite, il aura la possibilité de sélectionner le bruit blanc qu'il juge le plus agréable, parmi plusieurs son. Enfin, il pourra choisir le volume de ce bruit afin que son expérience reste la plus agréable possible.
2. *Phase de relaxation* : Pour que le Ganzfeld soit efficace sur un patient, celui-ci doit d'abord être dans un état de relaxation. Cette phase a donc pour but d'apaiser le patient avant de débiter le protocole Ganzfeld. Pour ceci, l'application permettra au patient de choisir l'environnement qui l'apaise le plus parmi une liste d'environnements (plage, montagne, forêt, lac, etc.). Le patient se retrouvera ensuite immergé dans l'environnement choisi. Cet environne-

ment réagira dynamiquement au niveau de stress du patient (recueilli grâce aux capteurs physiologiques placés sur ce dernier). Ainsi, plus le patient est stressé, plus l'environnement sera agité (vent, mouvement des arbres, vagues, etc.). À l'inverse, l'environnement sera calme si le patient l'est aussi. Une fois que le patient est complètement relaxé, une transition douce vers l'environnement Ganzfeld sera initiée (soit par le patient ou automatiquement grâce aux signaux physiologiques). À tout moment, le patient aura la possibilité d'annuler la transition s'il ne se sent pas encore prêt.

3. *Protocole Ganzfeld* : Cette phase consistera à immerger le patient dans l'environnement Ganzfeld. Dans cet environnement, le patient ne verra plus qu'une couleur uniforme tout autour de lui (cette couleur sera soit définie par le patient soit automatiquement définie en fonction de l'environnement relaxant de la phase précédente) et un bruit blanc sera joué dans son casque audio.
4. *Phase de relaxation* : La dernière phase est de nouveau une phase de relaxation, le patient, dans un état modifié de conscience va petit à petit retrouver ses esprits au sein d'un environnement relaxant (le même que celui de la phase 1). Une fois le patient apaisé, il pourra retirer le casque de RV et ainsi mettre fin à la séance de thérapie.

Le but de cette application étant de relaxer au maximum le patient, nous devrons faire en sorte qu'elle soit plaisante et facile d'utilisation, sinon l'utilisateur développera un sentiment de frustration qui nuira aux résul-

tats. De plus, les environnements de relaxation proposés devront donner une bonne sensation de présence, de manière à rendre le patient suffisamment détendu pour la phase de Ganzfeld et ainsi faire en sorte qu'il soit aussi efficace qu'un Ganzfeld traditionnel.

Expérimentations et résultats

Nous allons dans cette section détailler la mise en place de notre proposition, à savoir l'application de Ganzfeld en réalité virtuelle. Nous commencerons par le développement de l'application, puis nous nous concentrerons sur les tests effectués et leurs résultats afin de déterminer si nous avons bien atteint nos objectifs : une application en RV qui soit facilement utilisable et relaxante afin de pouvoir proposer une phase de Ganzfeld potentiellement aussi efficace qu'un protocole Ganzfeld classique.

4.1 Développement de l'application

Nous allons ici présenter l'application que nous avons développée, tout en expliquant nos choix de développement face aux objectifs que nous nous sommes fixés et aux différentes contraintes que nous avons rencontrées, qu'elles soient liées aux besoins du thérapeute ou plutôt techniques.

4.1.1 Plateforme de développement : Unity

Notre application nécessitant à la fois des graphismes en 3D, une architecture client-serveur, et une compatibilité RV, l'utilisation d'un moteur de jeu semblait correspondre à nos besoins. Au vu de la durée relativement courte du projet, il n'était de toute façon pas envisageable de concevoir nous-même notre propre moteur.

Le marché des moteurs de jeu est principalement composé de deux concurrents : le moteur Unity et le moteur Unreal. Ces deux moteurs, désormais accessibles gratuitement au public, disposent globalement des mêmes fonctionnalités nécessaires à la création complète d'un jeu vidéo : graphismes 2D et 3D, moteur physique, animation, système de scripts, audio, réseau, déploiement sur terminaux Android et iOS. Nous avons cependant opté pour le moteur Unity car c'est le moteur le plus utilisé dans les projets de recherche de par l'importance de sa communauté. Nous savions donc qu'en travaillant avec le moteur

de Unity, nous trouverions facilement des tutoriels sur internet. De plus, notre encadrante Toinon Vigier ayant plus d'expérience avec Unity, elle pourrait nous aider en cas de blocage. Ainsi, ces raisons nous ont poussées à choisir Unity.

4.1.2 Mise en réseau de l'application

Lors de la création de l'application, nous avons fait le choix, en accord avec nos encadrants, d'implémenter une partie de communication client/serveur, le patient étant sur la partie client (immergé avec le casque de RV) et le thérapeute sur le serveur, sur sa machine. En effet, nous ne disposions que d'un casque de réalité virtuelle utilisable via un smartphone (cf. section 2.6), ce qui ne permet pas au thérapeute de voir l'écran du patient sur son ordinateur comme avec un casque de type Oculus VR.

Nous avons effectué ce choix pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il était nécessaire que le thérapeute puisse voir la même chose que le patient, de manière à pouvoir contrôler que tout se passe bien. Le patient possède donc le contrôle de la caméra en bougeant la tête et peut donc regarder où il le désire dans l'environnement virtuel. Le thérapeute quant à lui, peut suivre son regard sur l'écran de son ordinateur, sa vue étant synchronisée avec celle du patient.

Ensuite, le patient portant un casque audio pendant la phase de Ganzfeld, il ne peut pas entendre ou communi-

quer avec le psychothérapeute. Dans notre application, le patient doit porter un casque audio dès le départ pour une plus grande immersion dans l'environnement de relaxation et afin de ne pas être perturbé au passage à la phase de Ganzfeld. Le thérapeute ayant besoin de communiquer avec lui pendant la totalité de la séance de thérapie, nous avons mis en place un chat vocal, ne pouvant fonctionner que grâce à une connexion entre les deux applications.

Enfin, le patient doit être dans un état de relaxation suffisamment avancé pour déclencher la phase de Ganzfeld. Bien que l'application ait accès à certaines constantes physiologiques de ce dernier, le thérapeute reste la seule personne qualifiée pour juger si le patient est dans l'état affectif requis pour un Ganzfeld efficace. C'est donc à lui que revient le déclenchement de la transition entre l'environnement de relaxation et le Ganzfeld, ainsi que la décision de sortie de ce dernier. La synchronisation des deux applications permet donc au thérapeute de contrôler ces transitions via son interface.

Au vu de la nécessité de ces différents types d'interactions entre le patient et le thérapeute, il nous a semblé nécessaire de concevoir cette application avec une architecture client/serveur, permettant un bon niveau de communication et donc de réaliser toutes les interactions dont nous avons besoin pour que l'expérience soit aussi efficace qu'un Ganzfeld traditionnel.

4.1.3 Signaux physiologiques pour la rétroaction

Comme décrit dans notre proposition (cf. chapitre 3), nous voulions mettre en place un système de rétroaction biologique dans notre application, de manière à aider le patient à se projeter plus facilement dans l'état affectif requis (ici, un état de méditation) et à permettre au thérapeute de juger plus facilement s'il est dans le bon état. Nous avons donc dû trouver le moyen d'enregistrer certains signaux physiologiques de l'utilisateur.

Pour cela, nous avons à notre disposition le *Spire*, un capteur relié à une application permettant de mesurer le rythme respiratoire. Nous disposons également du *Mind-wave*, un casque pouvant mesurer les ondes cérébrales de méditation. Cependant, nous n'avons pas eu l'occasion de l'intégrer par manque de temps. Nous nous sommes donc servis du rythme respiratoire moyen renvoyé par le *Spire* pour calculer une variable d'agitation comprise entre 0 et 1, contrôlant l'agitation de l'environnement relaxant (cf. 4.1.6).

Nous avons cependant fait face à une contrainte : après discussion avec les développeurs du *Spire*, il n'était pas possible de récupérer en temps réel le rythme respiratoire moyen de l'utilisateur. En effet, cette valeur est envoyée à l'application livrée avec le *Spire*, qui elle même l'envoie *une fois par minute* sur un serveur. Notre application a donc accès à cette valeur en effectuant régulièrement une requête passant par l'API publique du dispositif.

4.1.4 Résumé des différentes scènes

Comme on a pu le voir dans le chapitre 3 : Proposition, notre application Ganzfeld nécessite plusieurs phases afin de faire rentrer le patient dans un état d'hypnose. Sur Unity, on peut facilement associer chaque phase à une scène différente (sur Unity, une scène permet de créer un menu, un niveau, ou n'importe quoi d'autre. Les scènes servent à partitionner une application en unités logiques). Nous allons maintenant faire une description succincte de ces scènes.

1. *Menu* : Le menu est l'interface sur laquelle on arrive après le lancement de l'application. Il permet de choisir le rôle de l'appareil sur lequel tourne l'application, à savoir client ou hôte. Le thérapeute choisira l'option hôte car c'est sur son ordinateur que sera hébergé le serveur. En revanche, le patient sélectionnera l'option client et se connectera ainsi à l'ordinateur du thérapeute. D'autre part, le menu dispose d'un champ pour entrer une adresse IP. Cette adresse IP sera utilisée par le client pour trouver l'ordinateur du thérapeute sur le réseau et s'y connecter.
2. *Scène des réglages* : Cette scène va permettre au patient (application cliente) de régler les paramètres de la scène de Ganzfeld qui sont au nombre de quatre : la couleur du Ganzfeld, l'intensité de la lumière dans le Ganzfeld, le bruit blanc qui sera joué ainsi que le volume de ce bruit blanc.
3. *Scène de relaxation* : La scène de relaxation a pour but d'amener le patient dans un état affectif nécessaire à l'entrée dans le Ganzfeld. Cette scène repré-

sente une plage avec des palmiers. Le patient est assis sur un transat et fait face à la mer. L'agitation du décor permet au patient de se rendre compte de son état de stress et l'aide ainsi à se calmer.

4. *Scène de Ganzfeld* : Cette scène tente d'imiter ce qu'un patient verrait lors d'une séance de Ganzfeld traditionnelle (yeux recouverts par des demi-balles de ping-pong éclairées). Le patient se retrouve ici au milieu d'une sphère éclairée par une source lumineuse de couleur et d'intensité qu'il aura choisies au préalable.

4.1.5 Scène des réglages

La scène de réglages étant la scène nécessitant des interactions de la part du patient, nous avons identifié les interactions offertes par les casques de RV les plus simples du marché (type Elegant3D) afin de rendre notre application compatible avec un maximum de dispositifs. Nous avons donc conçu nos interfaces autour de la seule interaction disponible sur n'importe quel casque, à savoir le fait de pouvoir viser un élément en tournant la tête (car tous les casques de RV offrent à minima un tracking rotationnel). Nos interfaces de réglages sont peuplées par trois types de bouton reposant sur l'interaction exposée ci-dessus.

- Le premier type est un bouton "OK", il sert à valider un réglage ou une étape. Pour l'activer, il suffit de fixer le bouton pendant quelques secondes. Un carré blanc situé au milieu du bouton va alors grandir pour indiquer à l'utilisateur que celui-ci est en

train d'être activé. (Figure 4.1) ;

- Le second type de bouton est un bouton radio ou aussi appelé case d'option. Il permet de choisir une option parmi plusieurs. Pour l'activer, il suffit de fixer le bouton pendant quelques secondes. Un disque blanc situé au milieu du bouton va alors grandir pour indiquer à l'utilisateur que celui-ci est en train d'être activé. (Figure 4.4) ;
- Le dernier type de bouton est un bouton permettant de régler une valeur. En général, on lie deux boutons de ce type à une valeur. Regarder l'un des boutons permet d'incrémenter la valeur alors que regarder le bouton complémentaire permet de décrémenter cette dernière. (Figure 4.3) ;

D'autre part, nous matérialisons le centre de la vue de l'utilisateur par un point blanc (appelé "Gaze" en anglais). Ce point blanc va permettre à l'utilisateur de facilement viser un élément ou un bouton. De plus, le point blanc va se transformer en un anneau blanc (visible au milieu de la Figure 4.2) s'il est dirigé vers un bouton afin de notifier à l'utilisateur qu'il peut interagir avec cet élément.

Enfin, nous avons utilisé un script pour orienter les boutons face à la caméra afin que ceux-ci aient tous la même taille dans le casque de l'utilisateur et que celui-ci ait la même facilité d'interaction, quel que soit le bouton.

Afin que le patient soit le plus réceptif possible à la scène de Ganzfeld et qu'il s'y sente à l'aise, nous avons réfléchi aux caractéristiques de cette scène qui pourraient

être réglées par ce dernier. Après discussion avec le psychologue, Thomas Rabeyron, nous avons trouvé quatre réglages facilement implémentables : la couleur et l'intensité de la source lumineuse ainsi que le bruit blanc et son volume sonore. Pour ceci, nous avons divisé la scène des réglages en quatre écrans différents :

- Tout d'abord, le patient arrive sur l'écran d'accueil (Figure 4.1) qui sert à lui souhaiter la bienvenue et à lui présenter succinctement l'application. Cet écran est très simple, une fois que le patient a lu les instructions, il peut passer au prochain écran en fixant un instant le bouton "OK".
- Ensuite, le second écran va permettre au patient de choisir la couleur qui lui plaît le plus parmi un panel de neuf couleurs (Figure 4.2), allant des couleurs froides aux couleurs chaudes. Pour ce faire, l'interface dispose de neuf boutons radio. Le patient n'a alors qu'à fixer un des boutons radio pendant quelques secondes pour sélectionner une couleur. À ce moment-là, la lumière de la scène prend la teinte de la couleur sélectionnée et la couleur précédemment choisie est automatiquement désélectionnée. En effet, il ne peut y avoir qu'une couleur sélectionnée à la fois.
- Le prochain écran a pour but de régler l'intensité de la source lumineuse (Figure 4.3) qui sera diffusée dans le Ganzfeld. Pour modifier la valeur d'intensité, le patient fixe le bouton "+" ou le bouton "-" pour respectivement augmenter ou diminuer la valeur. Parallèlement au réglage de la valeur, l'intensité de la lumière de la scène courante est mise à



FIGURE 4.1 – Scène de réglage : écran d'accueil

jour afin de donner un aperçu de la scène de Ganzfeld au patient. Le réglage de l'intensité possède un seuil bas pour ne pas que le patient se retrouve dans le noir complet.

- Enfin, l'écran de réglage du bruit blanc (Figure 4.4) est composé de deux parties : une partie haute pour choisir un bruit blanc parmi une sélection de trois différents sons et une partie basse pour modifier le volume du bruit blanc sélectionné. Le choix du bruit blanc se fait à l'aide de trois boutons radio semblables à ceux utilisés pour le choix des couleurs. Le réglage du volume se fait quant à lui avec une interface du même type que celle utilisée pour le choix de l'intensité de la lumière (Figure 4.3). Le volume du bruit blanc possède aussi un seuil minimal afin que la source audio ne puisse pas être muette.

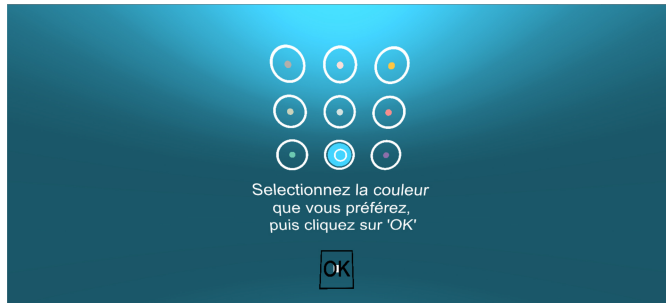


FIGURE 4.2 – Scène de réglage : choix de la couleur

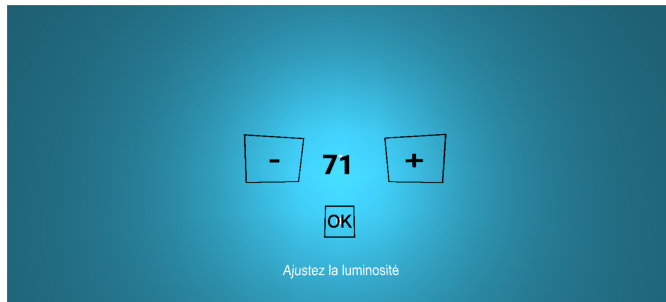


FIGURE 4.3 – Scène de réglage : choix de l'intensité

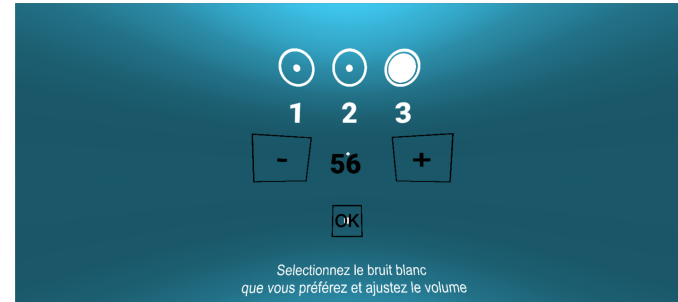


FIGURE 4.4 – Scène de réglage : choix du bruit blanc

A l'issue de ces différents réglages, le patient est téléporté dans une scène de relaxation.

4.1.6 Scène de relaxation

Notre scène de relaxation se présente sous la forme d'une plage (Figure 4.5). Le patient est placé sur un transat, au bord de la mer et entre deux palmiers qui bougent au gré du vent, avec un bateau flottant sur l'eau. Nous avons fait plusieurs choix sur cette scène pour travailler sur le côté agréable de l'environnement, mais aussi en relation avec la rétroaction biologique.

Tout d'abord, nous avons choisi de modéliser une plage car cela peut rappeler au patient des souvenirs agréables comme des vacances. Pour éviter que son regard se perde dans toutes les directions de l'environnement, nous avons ajouté un bateau sur la mer à une certaine distance du patient. Cela permet d'avoir un point

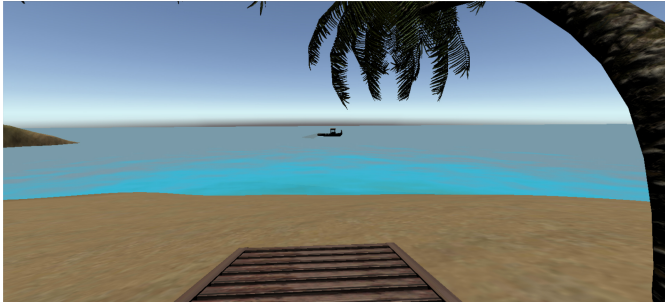


FIGURE 4.5 – Scène de relaxation, aussi appelée scène de préparation

d'accroche visuel fixe. Nous avons également fait en sorte de jouer un son en boucle (bruit de vagues et chants d'insectes) pour améliorer la sensation de présence de l'utilisateur dans l'environnement. Aussi, les palmiers et la mer sont animés de manière à rendre le tout un peu plus réaliste.

Le second niveau visuel de cet environnement concerne la rétroaction biologique. Pour répercuter le niveau de stress du patient dans son environnement, nous avons agi sur deux indicateurs : la vitesse d'animation des arbres et de la mer, ainsi que la luminosité globale de la scène. Plus le patient est agité, plus les arbres et la mer bougent vite (simulant l'augmentation de l'intensité du vent) et inversement, moins il est agité, moins les arbres et la mer le sont. En ce qui concerne la luminosité, elle est élevée lorsque le patient est détendu, comme s'il était

sur une plage bien ensoleillée et au contraire il fait plus sombre quand il est stressé. Ces variations permettent donc à l'utilisateur de mieux se projeter dans un état de relaxation en sachant que l'environnement lui sera plus agréable une fois détendu.

Le thérapeute quant à lui, possède sur cette scène une interface particulière lui permettant de surveiller plus en détail l'état émotionnel du patient et d'agir directement sur l'environnement. Sur son écran sont affichées la valeur du rythme respiratoire du patient (récupérée via l'API du Spire) ainsi que la valeur d'agitation du décor correspondant à ce rythme respiratoire. Il peut également régler lui-même la valeur d'agitation du décor s'il le souhaite, en cochant l'option correspondante sur son interface. Lorsqu'elle est cochée, cette option fait apparaître un slider qui modifie la valeur d'agitation (entre 0 et 1). Pour un réglage plus précis, des boutons + et - permettent l'augmentation ou la diminution de la variable par petits pas. Enfin, il peut recentrer la caméra du patient en cas de mauvais positionnement et déclencher la transition pour passer en phase de Ganzfeld, grâce à un bouton prévu à cet effet. Ces éléments d'interface ont été placés sur le côté droit de l'écran, en haut pour les valeurs d'agitation et de rythme respiratoire et en bas pour le bouton de passage à la phase suivante, de manière à ne pas gêner le champ de vision principal. Le bouton de recentrage est quant à lui situé au milieu, en bas de l'écran pour qu'il soit bien visible sans être gênant.

Une fois le patient dans un état suffisamment calme,



FIGURE 4.6 – Scène de Ganzfeld

le thérapeute lance la phase de Ganzfeld avec une transition : un fondu de la couleur choisie par le patient (cf. 4.1.5) apparaît progressivement, permettant ainsi de passer dans la scène suivante de manière douce. Le bruit ambiant est également atténué dans un fondu sonore, ce qui permet de ne pas "réveiller" l'utilisateur comme ce serait le cas avec une transition brusque. Un fondu d'entrée est ensuite réalisé au passage à la scène de Ganzfeld de la même manière.

4.1.7 Scène de Ganzfeld

La scène de Ganzfeld est constituée d'une sphère au centre de laquelle est placé l'utilisateur. La diffusion de la lumière sur ses yeux est simulée par une source de lumière ponctuelle (de la couleur choisie dans la scène de réglages) placée devant lui et se reflétant ainsi sur une partie de la sphère (Figure 4.6). Un bruit blanc qu'il aura également choisi dans la scène de réglages est joué dans

ses oreilles.

Au départ, nous avons décidé de simuler la lumière de manière totalement uniforme : le patient ne voyait au final qu'un écran de couleur unie. Nous avons, après un essai de l'application dans un casque de RV, décidé de modifier ceci afin de renforcer le sentiment de présence de l'utilisateur dans l'environnement virtuel. Avec un simple écran de couleur unie, nous n'avions pas du tout l'impression d'être dans un quelconque environnement. L'idée a donc été de bien souligner que nous étions dans une sphère, en ajoutant une lumière entre la position du patient et la surface de la sphère. Cela donne une lumière diffuse, pas totalement uniforme, mais plus conforme à ce que verrait une personne dans un Ganzfeld traditionnel.

Nous avons également pensé à renforcer la forme de la sphère en ajoutant une sorte de grille sur la surface de celle-ci. Cependant, le résultat n'était pas vraiment convainquant et nous ne pouvions pas régler la transparence des traits (des traits trop visibles pouvaient gêner le patient et fausser l'expérience) : nous avons donc abandonné cette idée, la lumière ponctuelle offrant une sensation de présence suffisante.

En termes d'interface pour le thérapeute, nous avons laissé l'affichage de la valeur du rythme respiratoire du patient, de manière à l'aider à contrôler son état affectif et donc offrir un résultat plus efficace. Il a toujours la possibilité de recentrer la caméra et son interface possède

deux boutons de plus, situés respectivement en bas à gauche et en bas à droite de l'écran : l'un pour revenir à la scène d'accueil et l'autre pour revenir à la scène de relaxation, comme prévu dans le scénario initial. Nous avons rajouté le bouton de retour à l'accueil à la demande de Thomas Rabeyron, qui souhaitait avoir cette option.

Nous vous avons présenté les différents choix que nous avons fait dans les différentes scènes de notre application, afin qu'elle soit facile d'utilisation et suffisamment apaisante pour amener le patient à passer une expérience agréable et fidèle à un Ganzfeld traditionnel.

4.2 Expérimentations

Dans le but de valider que nous avons bien atteint notre objectif, nous avons conduit une expérimentation sur cinq étudiants. Les critères que nous avons tenu à valider étaient : la facilité d'utilisation de l'interface des réglages et l'effet apaisant de l'environnement relaxant et du Ganzfeld. Nous avons voulu vérifier ces critères car ils sont importants pour le bon déroulement d'une séance avec un patient : une interface facile à utiliser n'irrite pas le patient et un environnement virtuel relaxant aide à passer dans un état modifié de conscience. Sans cela, l'utilisateur serait stimulé et le thérapeute ne pourrait pas agir sur son esprit.

4.2.1 Protocole de test

Nous allons ici détailler le protocole que nous avons suivi pour faire tester notre application, puis nous expliquerons quelles données nous avons récoltées. Nous avons fait passer ce test à 5 étudiants de Polytech.

Nous avons d'abord expliqué au testeur le but général de ce projet de recherche, à savoir le développement d'une application de RV au service de la psychothérapie. Ensuite, nous lui avons détaillé les différentes phases de l'application afin qu'il sache à quoi s'attendre durant le test. Nous avons ensuite suivi ces étapes :

- Nous l'avons installé sur une chaise, dans une petite pièce à côté de la notre.
- Nous avons démarré l'application et lui avons placé le casque de réalité virtuelle sur la tête ainsi qu'un casque audio.
- Une fois confortablement installé, nous avons éteint la lumière, sommes passés dans la pièce d'à côté et avons fermé la porte, de manière à bien l'isoler du bruit et qu'il soit le mieux immergé possible dans l'environnement virtuel.
- Nous l'avons laissé régler les paramètres du Ganzfeld à sa convenance.
- Une fois dans l'environnement de détente, nous l'y avons laissé pendant 4 minutes, de manière à ce qu'il ait le temps de se relaxer.
- Nous sommes passés dans l'environnement de Ganzfeld, dans lequel il est resté pendant 5 minutes.
- Enfin, nous l'avons ramené dans l'environnement

de relaxation pendant 1 minute, de manière à faire un retour progressif.

- Nous l'avons rejoint pour le débarrasser de son équipement.

En parallèle de ce test, nous avons récolté un certain nombre de données :

- Nous avons d'abord fait passer au testeur un questionnaire pour connaître son état émotionnel, de fatigue et de stress *avant* et *après* le test, afin de voir l'impact de l'application sur son état affectif.
- Nous l'avons également équipé du Spire dès son arrivée afin de connaître son rythme respiratoire en dehors et pendant les différentes phases de l'application. Nous avons relevé ces valeurs toutes les minutes, directement sur l'application du Spire pour plus de précision.
- Nous avons enregistré son comportement sur les différentes scènes, via notre interface (interface thérapeute).
- Une fois le test passé, nous lui avons fait répondre à un questionnaire (cf. annexe F.2) sur la facilité d'utilisation de l'interface de réglages, l'effet relaxant du Ganzfeld et l'effet relaxant de l'environnement de préparation au Ganzfeld (i.e. la plage). Les réponses s'effectuaient soit avec une échelle de Likert (1 : "tout à fait d'accord" et 5 : "pas du tout d'accord"), avec un choix d'adjectifs et pour finir, une discussion ouverte. Nous avons enregistré les réponses à ce questionnaire.

Les résultats de ces mesures, que nous présenterons dans la sous-section suivante, nous ont aidé à vérifier si nos critères d'évaluation étaient bien respectés ou non dans cette application de Ganzfeld en réalité virtuelle.

4.2.2 Analyse des résultats

L'analyse des résultats va nous permettre de savoir si nos objectifs ont été atteints, à savoir : l'usabilité des interfaces de réglage et la propension des environnements à procurer un apaisement. De plus, la mise en relation des différentes données (questionnaires, discussions ouvertes, tests de stress et de fatigue, vidéos de la vue du testeur, enregistrements audios) recueillies pendant les tests va permettre d'identifier les voies d'amélioration de l'application.

Usabilité des interfaces

L'usabilité des interfaces correspond à la facilité d'utilisation de la scène avec laquelle le patient doit interagir, à savoir, la scène des réglages. L'analyse des données récoltées a permis de dresser une liste de critiques.

Premièrement, une fois le fonctionnement des boutons compris, la navigation dans les différents écrans de réglages se fait aisément. Nous pouvons en effet voir cela sur les enregistrements effectués mais aussi sur les réponses aux questionnaires : comme on peut le constater sur les graphiques 4.7 à 4.11, les testeurs ont majoritairement trouvé que les différents boutons de

Affirmations	Nombre de 1	Nombre de 2	Nombre de 3	Nombre de 4	Nombre de 5
L'activation des boutons est intuitive	1	4	0	0	0
Le choix des couleurs est facile	4	1	0	0	0
Le réglage de l'intensité de l'éclairage est facile	3	1	1	0	0
Le réglage de l'intensité de l'éclairage est précis	0	2	3	0	0
Le choix du son est intuitif	4	0	1	0	0
Remédier à d'éventuelles erreurs n'est pas difficile	5	0	0	0	0
J'ai procédé aux réglages sans lire les instructions	2	0	1	0	2
Le réglage du volume est facile	4	0	1	0	0

TABLE 4.1 – Comptage du nombre de réponses pour chaque catégorie de l'échelle de Likert et pour chaque affirmation sur la **facilité d'utilisation de l'interface de réglages** (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord"). Ce tableau a été utilisé pour créer les graphiques 4.7 à 4.10.

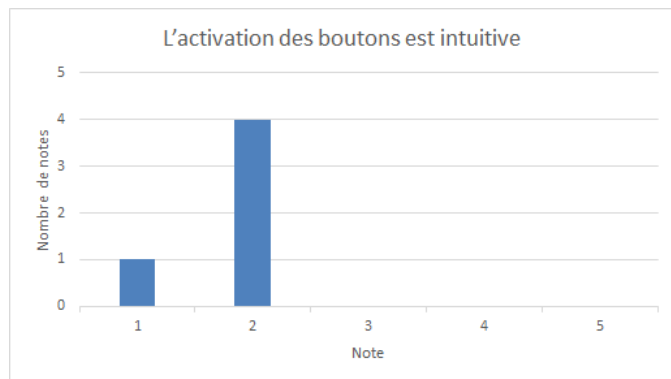


FIGURE 4.7 – Répartition des réponses : L'activation des boutons est intuitive.

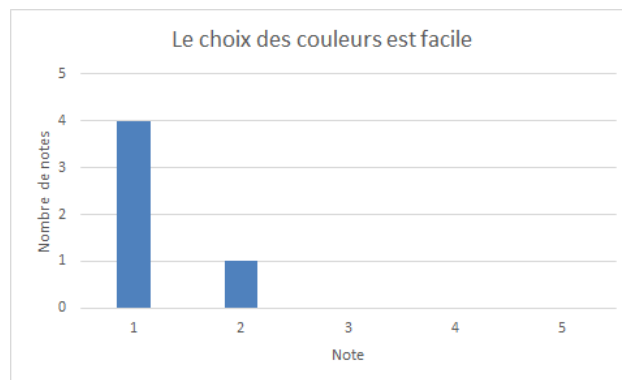


FIGURE 4.8 – Répartition des réponses : Le choix des couleurs est facile.

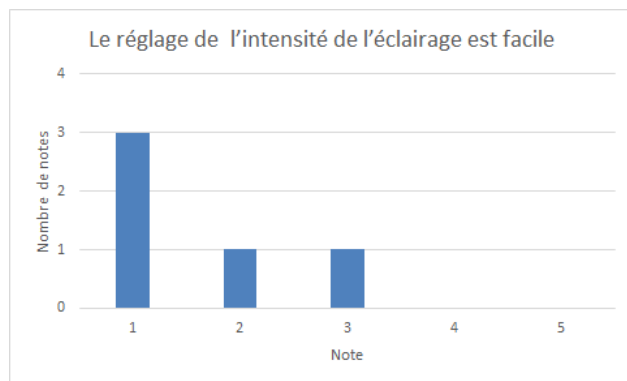


FIGURE 4.9 – Répartition des réponses : Le réglage de l'intensité de l'éclairage est facile.

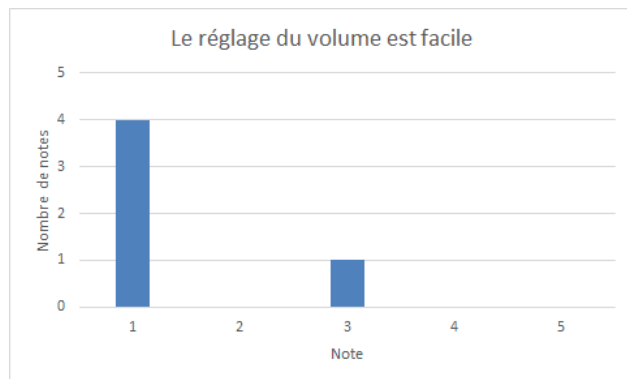


FIGURE 4.10 – Répartition des réponses : Le réglage du volume est facile.

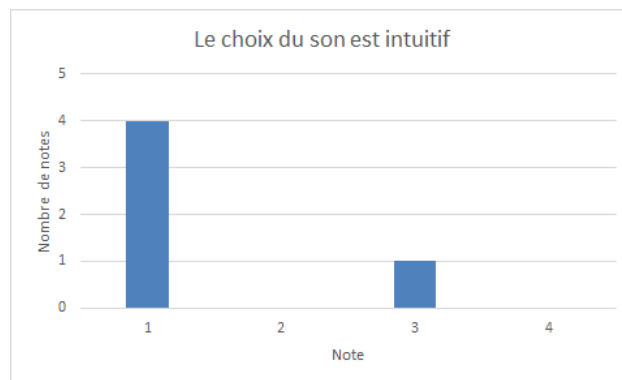


FIGURE 4.11 – Répartition des réponses : Le choix du son est intuitif.

réglage étaient faciles à manipuler.

On peut remarquer sur les enregistrements que les utilisateurs ont pris leur temps pour tester différents réglages (différentes couleurs, différents bruits blancs). Cela nous montre, ainsi qu'avec leur réponse au questionnaire (cf. graphique 4.12), qu'il était très facile de modifier leur choix lorsqu'ils étaient sur l'écran de sélection d'un paramètre.

En ce qui concerne la lecture des instructions, d'après le graphique 4.13, on ne peut pas vraiment conclure si notre interface était suffisamment claire pour ne pas avoir à lire les instructions. Cependant si l'on regarde les enregistrements vidéo, on peut voir que tous les testeurs ont procédé aux réglages du bruit blanc sans

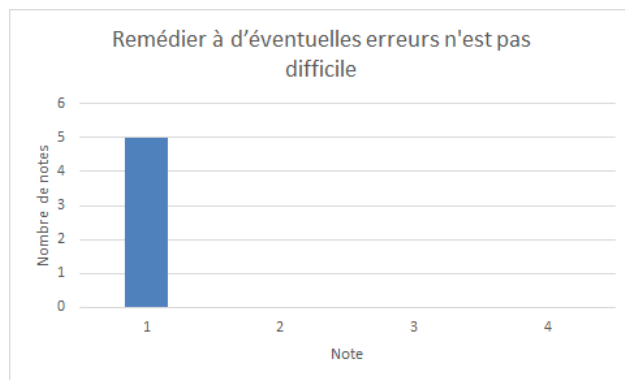


FIGURE 4.12 – Répartition des réponses : Remédier à d'éventuelles erreurs n'est pas difficile.

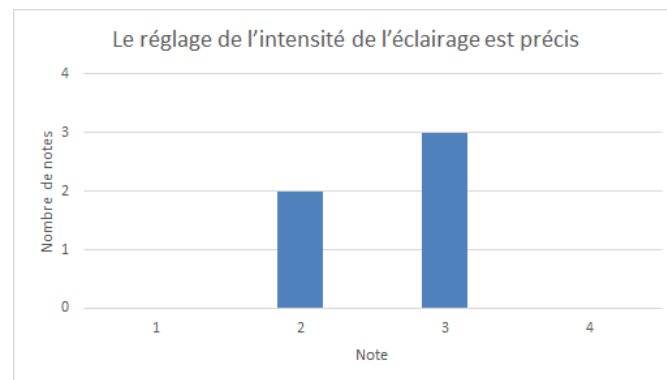


FIGURE 4.14 – Répartition des réponses : Le réglage de l'intensité de l'éclairage est précis.

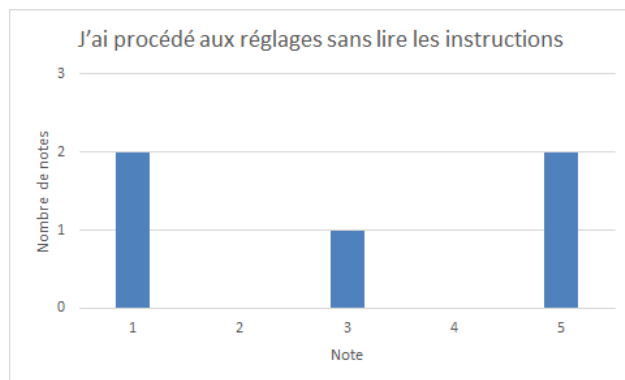


FIGURE 4.13 – Répartition des réponses : J'ai procédé aux réglages sans lire les instructions.

se rendre compte qu'il y avait une consigne affichée à l'écran. Cette facilité d'utilisation est probablement due à l'apprentissage progressif des différentes interactions possibles. En effet, dans l'écran d'accueil, on apprend à l'utilisateur comment activer le bouton "OK" (Figure 4.1). Dans le second écran, on introduit un nouvel élément d'interaction : le bouton radio (Figure 4.2). L'écran suivant permet à l'utilisateur de comprendre le fonctionnement des boutons plus et moins (Figure 4.3). Enfin, le dernier écran regroupe les trois types d'interaction précédemment apprises (Figure 4.4).

Maintenant, pour les points améliorables, il y a d'abord le fait que certains testeurs, habitués à un autre type de casque, cherchent un bouton physique d'action pour acti-

ver les boutons des interfaces. Ceci doit être certainement dû au fait qu'on leur demande de "cliquer" sur les boutons plutôt que de les "fixer". Ensuite, les questionnaires (cf. graphique 4.14) ont permis de mettre en évidence que le réglage de l'intensité de la lumière était trop sensible et donc ne permettait pas un réglage très précis. Enfin, le fait que le réglage de l'intensité de la lumière et du bruit blanc aient un seuil bas (35%) a pu perturber certains testeurs qui auraient préféré une échelle entre 0 et 100.

Effet apaisant des environnements relaxants

L'effet relaxant de la scène de préparation et de la scène de Ganzfeld ont été mesurés. L'analyse des vidéos de la vue des testeurs et les enregistrements audios ont permis de faire remonter des remarques concernant ces deux scènes.

Tous les testeurs se sont accordés pour dire que la scène de préparation (Figure 4.5) était plaisante visuellement quand elle était regardée dans sa globalité, mais également plutôt apaisante, comme nous le montrent les réponses au questionnaire (cf. graphiques 4.15 et 4.16). La majorité des testeurs étaient d'ailleurs dans un état relaxé, ou sinon pour les autres, pensif ou calme (tableau 4.3). Le son de la mer et du vent a aussi ajouté au côté apaisant de la scène, d'après les enregistrements audio du questionnaire. Lorsque les utilisateurs arrivent dans la scène de préparation, on peut noter deux phases comportementales distinctes : une première phase de

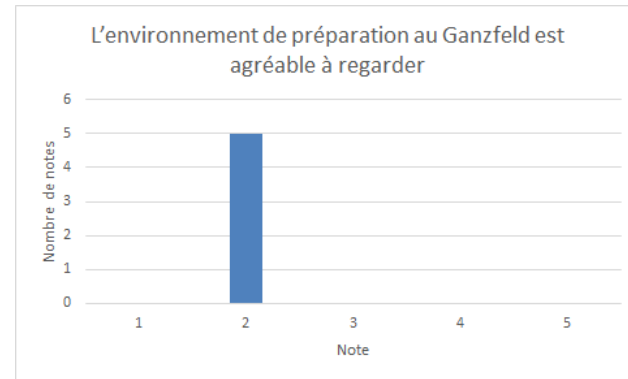


FIGURE 4.15 – Répartition des réponses : L'environnement de préparation au Ganzfeld est agréable à regarder.

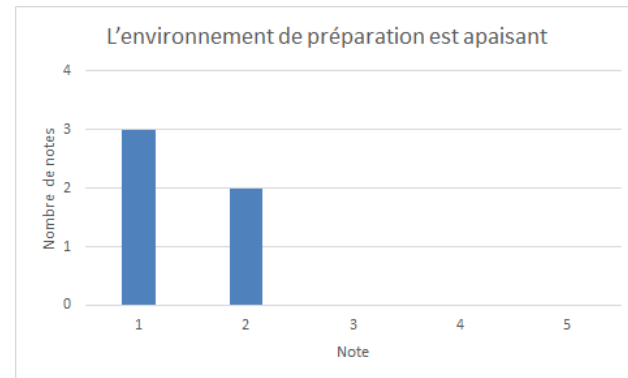


FIGURE 4.16 – Répartition des réponses : L'environnement de préparation est apaisant.

Affirmations	Nombre de 1	Nombre de 2	Nombre de 3	Nombre de 4	Nombre de 5
L'environnement de préparation au Ganzfeld est agréable à regarder	0	5	0	0	0
L'environnement de préparation est apaisant	3	2	0	0	0

TABLE 4.2 – Comptage du nombre de réponses pour chaque catégorie de l'échelle de Likert et pour chaque affirmation sur **l'environnement de préparation au Ganzfeld** (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord"). Ce tableau a été utilisé pour créer les graphiques [4.15](#) et [4.16](#).

Questions	Testeur 1	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
Choisir l'adjectif qui permet de décrire le mieux votre état subjectif pendant cette étape	Relaxé	Relaxé	Calme	Pensif	Relaxé
Vous préférez un environnement	Ensoleillé	Crépusculaire	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé

TABLE 4.3 – Réponses aux questions de description de **l'environnement de préparation au Ganzfeld** pour chaque testeur.

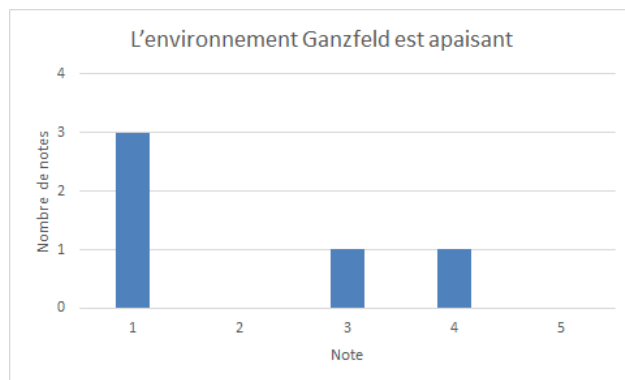


FIGURE 4.17 – Répartition des réponses : L'environnement de Ganzfeld est apaisant.

découverte de la scène puis une deuxième phase où les testeurs se fixent sur la mer et les palmiers devant eux. Cela permet de penser que cette scène a un effet relaxant sur l'utilisateur et lui permet de se calmer au fur et à mesure. De plus, les testeurs ont rapporté qu'ils avaient préféré l'environnement de préparation ensoleillé à celui ombragé. Cependant, seulement la moitié d'entre eux a noté les changements d'environnements, à savoir, la modification de la luminosité et de la vitesse de balancement des palmiers. En terme de critiques négatives, il y a le fait que certains testeurs se soient plaints de la pixélisation de l'environnement due à l'écran qui rend désagréable la visualisation de petits détails. Cependant, ils auraient aussi aimé plus de détails sur la plage, ce qui aurait constitué autant de points d'accroche pour les yeux.

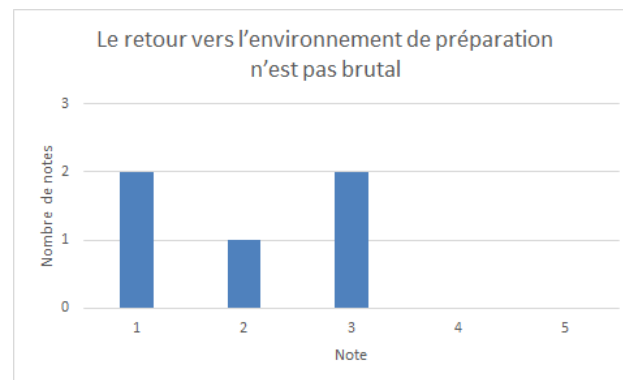


FIGURE 4.18 – Répartition des réponses : Le retour vers l'environnement de préparation n'est pas brutal.

Concernant la scène de Ganzfeld, il y a plusieurs bons points qui sont ressortis des données.

D'abord le fait que les utilisateurs se focalisent très vite sur le point lumineux (Figure 4.6), ce qui a pour résultat d'hypnotiser ces derniers. En effet, n'ayant aucun détail sur lequel se concentrer, l'oeil a tendance à se perdre dans la couleur uniforme comme peut en témoigner le tableau 4.5 : les utilisateurs l'ont qualifiée d'apaisante voire endormante, tout comme le bruit blanc joué durant cette scène. D'autre part, les participants nous ont confirmé que les transitions entre chaque scène étaient progressives et douces (cf. graphique 4.18), malgré le fait que le petit temps de chargement entre deux scènes les ait légèrement dérangés à cause de l'absence de son. En point négatif, on peut citer le

Affirmations	Nombre de 1	Nombre de 2	Nombre de 3	Nombre de 4	Nombre de 5
L'environnement Ganzfeld est apaisant	3	0	1	1	0
Le retour vers l'environnement de préparation n'est pas brutal	2	1	2	0	0

TABLE 4.4 – Comptage du nombre de réponses pour chaque catégorie de l'échelle de Likert et pour chaque affirmation sur **l'environnement de Ganzfeld** (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord"). Ce tableau a été utilisé pour réaliser les graphiques [4.17](#) et [4.18](#).

Questions	Testeur 1	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
Choisir l'adjectif qui permet de décrire le mieux votre état pendant cette étape	Pensif	Relaxé	Pensif	Stressé	Relaxé
Le bruit blanc joué pendant le Ganzfeld est	Endormant	Relaxant	Endormant	Endormant	Endormant
La lumière du Ganzfeld est	Endormante	Apaisante	Apaisante	Apaisante	Endormant

TABLE 4.5 – Réponses aux questions de description de **l'environnement de Ganzfeld** pour chaque testeur.

fait que l'environnement Ganzfeld n'est pas relaxant pour tout le monde, même si la plupart de nos testeurs l'ont trouvé apaisant, selon le graphique 4.17 et l'état des utilisateurs dans le tableau 4.5. En effet, certaines personnes le trouvent stressant car elles l'assimilent à un espace confiné et clos. Enfin, les sons bruits blancs ne sont pas complètement monotones, ce qui rend le bouclage du son perceptible.

Apaisement global des testeurs

En complément des données spécifiques à chaque scène de notre application, nous avons récolté des données destinées à indiquer l'évolution générale de l'état de stress des utilisateurs au cours des tests. Ces données incluent l'évolution du rythme respiratoire des testeurs et l'auto-évaluation de leur état de stress et de fatigue avant et après le test. Suite à un souci technique avec le capteur de respiration et l'oubli de faire remplir le questionnaire d'évaluation de fatigue et de stress au premier testeur, nous n'avons inclus que les données des quatre derniers.

Premièrement, nous avons pu constater que pour la plupart des personnes, l'expérience a été relativement apaisante. Le graphique 4.20 nous montre que le niveau de relaxation des trois derniers testeurs s'est élevé entre le début et la fin de l'expérience, ce que nous avons également constaté en apparence à la fin de chaque expérimentation. La variation du niveau de fatigue en revanche (cf. graphique 4.19), ne nous apprend pas grand chose au vu de la variabilité des résultats. Peut-être que

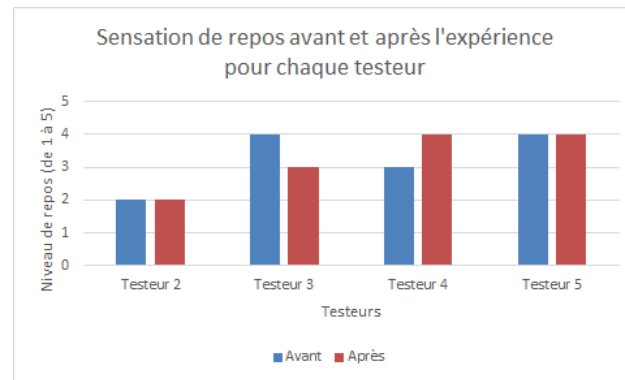


FIGURE 4.19 – Sensation de repos avant et après l'expérience (1 : très fatigué et 5 : très reposé).

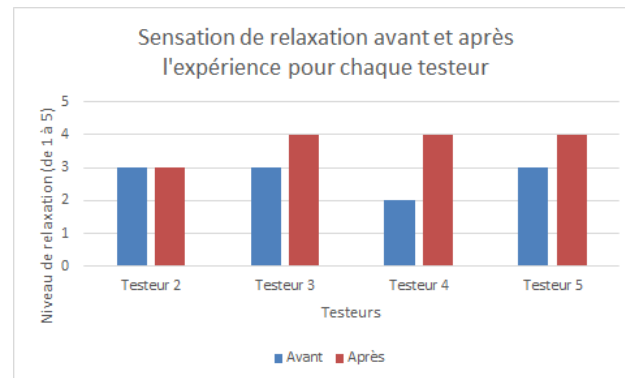


FIGURE 4.20 – Sensation de relaxation avant et après l'expérience (1 : très stressé et 5 : très relaxé).

Sensation de repos	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
Avant	2	4	3	4
Après	2	3	4	4

TABLE 4.6 – Sensation de repos avant et après l’expérience, pour chaque testeur sur une échelle de 1 à 5 (1 : très fatigué et 5 : très reposé). Ce tableau a été utilisé pour créer le graphique 4.19.

Sensation de relaxation	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
Avant	3	3	2	3
Après	3	4	4	4

TABLE 4.7 – Sensation de relaxation avant et après l’expérience, pour chaque testeur sur une échelle de 1 à 5 (1 : très stressé et 5 : très détendu). Ce tableau a été utilisé pour créer le graphique 4.20.

certaines personnes sont naturellement plus affectées par l’expérience en réalité virtuelle que d’autres.

En parallèle, nous avons pu suivre l’évolution du rythme respiratoire des quatre derniers utilisateurs sur chaque phase du test, de leur arrivée dans la salle à leur sortie de l’environnement virtuel. Nous avons calculé leur rythme moyen pour une meilleure lisibilité et en avons tiré le graphique 4.21. Il nous montre que malgré le fait que la majorité des testeurs ait trouvé l’expérience apaisante, leurs signaux physiologiques laissent à penser le contraire. En effet, les testeurs 2 et 4 ont montré un rythme respiratoire plus élevé sur les phases en RV que lorsqu’ils étaient au repos, tandis que le troisième semble être resté de marbre. Seul la dernière personne a montré

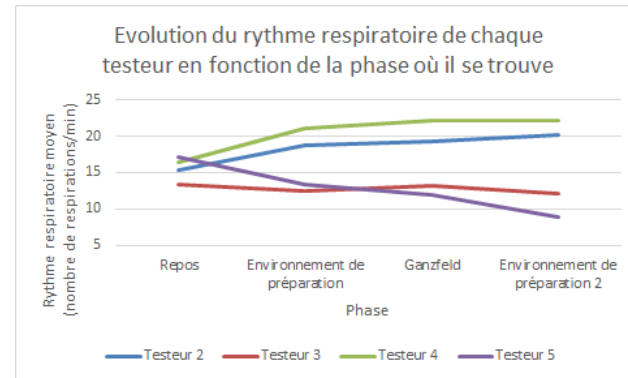


FIGURE 4.21 – Évolution du rythme respiratoire de chaque testeur en fonction de la phase de l’expérience où il se trouve.

Rythme respiratoire (en nombre de respirations/min)	Repos	Environnement de préparation	Ganzfeld	Environnement de préparation 2
Testeur 2	15.4	18.68	19.37	20.2
Testeur 3	13.34	12.44	13.23	12.05
Testeur 4	16.48	21.04	22.2	22.25
Testeur 5	17.13	13.36	11.93	8.85

TABLE 4.8 – Rythme respiratoire moyen par phase et par testeur. Ce tableau a été employé pour construire le graphique 4.21.

une réelle diminution de son rythme respiratoire au cours de son avancée. On pourrait donc questionner la précision des résultats que l'on a obtenus : le niveau de stress n'est pas forcément évident à auto-évaluer, il est donc possible que les graphiques 4.20 et 4.19 soient faussés. La faute peut également être rejetée sur la précision du capteur de respiration. En effet, ce dernier enregistrerait parfois de grosses variations dans le rythme respiratoire comme on peut le constater dans le tableau A.4. Ce capteur n'étant pas destiné à un usage médical mais plutôt au grand public, il est probable qu'il y ait eu quelques dérapages dans les mesures.

4.3 Conclusion

4.3.1 Résumé des résultats

Globalement, nous pouvons affirmer que les objectifs sont atteints : la scène des réglages est intuitive et les environnements de relaxation ont un effet apaisant sur

l'utilisateur. En effet, les utilisateurs procèdent aux différents réglages avec aisance. D'ailleurs, le fait que certains fassent les réglages avant même d'avoir lu les instructions démontre l'efficacité et la facilité d'utilisation des interfaces, et ce, même pour des personnes qui utilisent un casque de RV pour la première fois.

D'autre part, on peut s'accorder pour dire que les scènes de relaxation ont tenu leur rôle. On voit en effet que ces dernières procurent un apaisement sur l'utilisateur même si cela est un peu plus mitigé pour la scène du Ganzfeld qui serait stressant pour certains.

Cependant, on peut s'interroger sur le lien entre fréquence respiratoire et état de stress car notre application, bien que semblant apaiser les utilisateurs, n'a pas eu d'impact sur leur respiration.

4.3.2 Portée des résultats

L'expérimentation menée n'avait pas pour ambition de tester si notre application était aussi efficace qu'un Ganzfeld traditionnel. En effet, seul un psychologue habitué à mener ce protocole aurait pu le déterminer. Le but ici était d'avoir de premiers retours sur l'usabilité de l'application et sa propension à apaiser l'utilisateur. Bien que les résultats soient dans l'ensemble bons et correspondent à ce que l'on attendait, la portée de ces derniers est cependant faible.

Premièrement, l'expérimentation n'a été menée qu'avec cinq personnes voire quatre si on prend en compte le fait que l'on a pu recueillir les données nécessaires seulement pour quatre testeurs. Ensuite, les testeurs étaient tous des élèves ingénieurs en spécialité informatique ou ETN. Ils étaient donc un minimum habitué à la RV et aux interfaces qui y sont liées. De plus, certains avaient déjà entendu parler du projet, cela a donc pu biaiser leurs questionnaires car ils connaissaient potentiellement les réponses attendues. Ainsi, on peut déplorer le fait qu'il n'y avait pas de testeurs totalement extérieurs au projet, que l'on aurait pu intégrer avec une marge de temps plus large.

Deuxièmement, les données du capteur de respiration sont à prendre avec des pincettes. En effet, il semble que le capteur ne soit pas toujours précis, et ce, surtout quand le testeur est en activité (lorsqu'il remue ou parle par exemple). D'autre part, nous n'avons pas pu établir de lien direct entre état de stress et fréquence respira-

toire. Les données biologiques n'étant pas représentative de l'apaisement des testeurs, il aurait peut être fallu utiliser un autre type de capteur (capteur cardiaque, activité cérébrale...). Enfin, les tests ont été effectués sans la présence d'un thérapeute. Or on peut imaginer que le rôle du thérapeute est prépondérant dans le protocole Ganzfeld, notamment pour rassurer et calmer le patient.

4.3.3 Possibilités d'amélioration

Grâce à l'analyse des données de l'expérimentation, nous avons pu identifier un ensemble de points améliorables dans l'éventualité d'une reprise du projet par de futurs étudiants.

Concernant les interfaces de réglages, il faudrait d'abord reformuler certaines instructions pour faire comprendre à l'utilisateur qu'il suffit seulement de fixer un instant un bouton pour l'activer. Ensuite, un son pourrait être joué pour notifier l'utilisateur de l'activation des boutons "OK". Une amélioration pourrait également être apportée aux interfaces de réglage de l'intensité et du volume. Le seuil bas (35%) pouvant perturber certaines personnes, il faudrait revoir l'échelle utilisée et proposer un réglage avec des valeurs allant de zéro à cent. De plus, l'enregistrement de la vue des testeurs a permis de montrer que les instructions placées trop bas n'étaient pas vues et donc pas lues par ces derniers. Le placement de certaines instructions serait donc à revoir.

Concernant maintenant la scène de relaxation, nous

avons pu établir que les points d'accroche situés trop loin de la caméra de l'utilisateur n'étaient pas agréables à regarder. Un correctif simple à mettre en oeuvre serait de rapprocher les points d'accroche de la caméra (notamment le bateau de pêche, Figure 4.5). D'autre part, il faudrait aussi augmenter le nombre de points d'accroche ajoutant des détails sur la scène de relaxation. Enfin, au niveau de la scène de Ganzfeld, il faudrait améliorer les bruits blancs pour ne plus que l'on puisse entendre le bouclage de ces derniers.

Pour finir, en ce qui concerne les points d'amélioration relatifs à l'application dans sa globalité, on peut d'abord parler de la latence du chat vocal qui est encore trop importante pour permettre une discussion fluide entre le thérapeute et le patient. D'autre part, dans un souci de confort du patient, il faudrait automatiquement couper le microphone du thérapeute quand celui-ci ne parle pas. En effet, sans cela, le patient entend le bruit blanc généré par le microphone du thérapeute. Enfin, nous avons noté qu'un décalage de l'orientation du casque s'accumule au cours de l'expérience. Pour régler ce problème, il suffirait simplement de recentrer la caméra à chaque changement de scène.

Conclusion

En guise de conclusion pour ce projet de recherche et développement, nous allons ressasser rapidement toutes les étapes par lesquelles nous sommes passés pour en arriver là, puis allons décrire les différents enseignements que nous en avons tiré. Enfin, ce projet ne s'achèvera pas ici puisqu'un certain nombre de choses peuvent être améliorées et un certain nombre de perspectives, que nous présenterons à la fin, peuvent s'ouvrir aux personnes qui reprendront le flambeau.

5.1 Résumé du travail effectué

Le travail effectué au cours de ce projet s'articule en trois axes. Nous avons commencé par faire un état de l'art sur les psychothérapies, la réalité virtuelle et ce que pourrait apporter cette dernière au traitement des troubles psychopathologiques. Ensuite, nous avons proposé de développer une application originale et cohérente face aux résultats de notre état de l'art. Enfin, nous avons développé l'application proposée et avons procédé à une

expérimentation sur un public restreint.

L'état de l'art, première étape de notre projet, avait pour but d'en apprendre davantage sur le contexte de l'étude, à savoir, l'utilisation de la réalité virtuelle dans le traitement des troubles psychopathologiques. Grâce à la lecture de divers articles scientifiques sur le sujet, nous avons pu organiser notre état de l'art en cinq parties. Nous nous sommes d'abord renseignés sur les différents types de psychothérapies existants (les thérapies cognitivo-comportementales, les thérapies de médiation, le protocole Ganzfeld). Ensuite, nous avons cherché à faire le lien entre ces thérapies et la technologie de la réalité virtuelle. En effet, nous avons tenté de comprendre comment cette nouvelle technologie permettait d'améliorer l'efficacité des traitements des troubles psychopathologiques. D'autre part, nous avons étudié les signaux physiologiques permettant de définir l'état affectif d'une personne. Cette étude a aussi conduit à nous intéresser à l'utilisation de la rétroaction biologique

dans un environnement de détente. Enfin, nous avons fait un rapide tour des principaux casques de RV existants afin d'avoir une idée de leurs caractéristiques techniques et des nouvelles interactions qu'ils rendent possibles.

À l'issue de l'état de l'art et après discussion avec nos encadrants et Thomas Rabeyron, nous avons fait une proposition de développement. Ainsi, nous avons choisi de produire un Ganzfeld en réalité virtuelle car il ne semblait pas y avoir de précédent en la matière. Dans cette partie, nous décrivons donc les fonctionnalités prévues de l'application, à savoir, des menus pour régler l'environnement Ganzfeld, des environnements relaxants pour apaiser le patient et enfin la scène du Ganzfeld à proprement parler.

La troisième partie du rapport, intitulée "Expérimentations et résultats" explique dans un premier temps le développement de l'application : la plateforme de développement, la mise en réseau de l'application, la récupération des signaux physiologiques et le résumé des différentes scènes. Dans un second temps, nous développons l'expérimentation menée en montrant le protocole de test utilisé et en procédant à l'analyse des résultats. Enfin, nous prenons un peu de recul en expliquant la portée faible des résultats et en indiquant différentes pistes d'amélioration.

Enfin, figurent en annexe des explications sur l'architecture de l'application ainsi que le détail du questionnaire de l'expérimentation.

5.2 Enseignements

Ces différentes phases que nous avons réalisées nous ont permis d'apprendre un certain nombre de connaissances et pratiques que nous ignorions auparavant, que ce soit de manière assez générale sur le thème de la recherche ou sur des choses plus spécifiques que nous avons pu découvrir au cours de nos travaux.

En premier lieu, nous avons découvert pas mal de principes liés à la psychothérapie grâce à notre travail de recherche bibliographique. En effet, nous avons découvert des pratiques courantes comme les thérapies cognitivo-comportementale avec ses protocoles pour traiter différents types de troubles psychopathologiques ou encore la médiation thérapeutique, pouvant être utilisée pour créer un lien avec le patient et ainsi l'aider à travailler sur ses problèmes. Nous avons également eu un aperçu du protocole Ganzfeld, une pratique apparemment moins courante que celles précédemment citées mais qui est intéressante de par son fonctionnement atypique.

Notre travail nous a également permis de comprendre dans quelle mesure il était possible de lier la psychothérapie et la technologie. En effet, nous avons vu qu'il était possible de décrypter l'état affectif d'un patient grâce à des capteurs physiologiques, mais aussi comment nous pouvions associer la réalité virtuelle à différents types de situations correspondants aux thérapies classiques.

D'un côté plus pratique maintenant, nous avons

appris à développer une application de réalité virtuelle multi-plateformes, fonctionnant sur Windows, MacOS, iOS, Android. Nous avons pour cela dû apprendre à maîtriser le moteur de jeu Unity et le langage de programmation C#. De plus, le développement de cette application nous a poussé à nous poser des questions et à faire des choix, notamment sur l'IHM et également sur les environnements virtuels afin d'offrir une bonne expérience aux patients.

Enfin, cette expérience nous aura permis de réellement découvrir le monde de la recherche et par quelles phases les chercheurs doivent passer. En partant de la phase de recherche bibliographique, on émet des propositions que l'on développe. Ensuite, on vérifie que ces propositions valident bien les objectifs visés en effectuant des expérimentations. Nous avons donc appris à mener une petite expérimentation, de la préparation du protocole et des données à récolter, jusqu'à l'analyse des résultats et aux conclusions que l'on peut en tirer. Faire passer des tests aux utilisateurs était d'ailleurs plutôt plaisant, bien que fatigant.

Pour conclure, ce projet était une expérience très enrichissante, tant du point de vue des connaissances transverses que cela nous a apporté que du point de vue des compétences développées et de l'aperçu du monde de la recherche cela nous a procuré.

5.3 Perspectives de recherche

Avec l'application développée et notre expérimentation, nous avons montré qu'il était possible d'utiliser la réalité virtuelle pour le protocole Ganzfeld. Cependant, nos expérimentations ne sont pas assez poussées pour pouvoir en connaître l'efficacité réelle dans les vraies conditions d'une thérapie. Il y a de plus un certain nombre de points améliorables dans notre application et le sujet de la réalité virtuelle utilisée en psychothérapie n'a pas été totalement déblayé.

Comme exprimé dans la partie d'analyse des résultats de notre expérimentation, nous avons simplement cherché à savoir si nos interfaces étaient suffisamment claires pour être utilisées facilement. Nous avons également voulu valider que les environnements de préparation et de Ganzfeld seuls étaient relaxants pour des utilisateurs lambdas. Cela ne nous a donc pas permis de vérifier l'efficacité de notre application pour la réalisation d'un protocole Ganzfeld complet. Pour valider cela, il serait nécessaire d'effectuer des expérimentations sur de vrais patients avec l'aide d'un psychothérapeute (Thomas Rabeyron) lors d'une thérapie. Le psychothérapeute serait alors à même de quantifier l'efficacité de l'application de RV face à la réalisation d'un Ganzfeld traditionnel.

Malgré tout, notre expérimentation a permis de soulever un certain nombre de points améliorables sur cette application de Ganzfeld, que ce soit d'un point de vue IHM ou pour améliorer le côté agréable des environne-

ments ou de l'application elle-même (cf. 4.3.3). Il serait bien d'agrémenter l'application de nouveau contenu, par exemple en étoffant le nombre d'environnements relaxants disponibles, ou encore proposer différentes ambiances (nocturne, crépusculaire etc.) de manière à rendre l'utilisateur le plus serein possible.

Un portage de l'application sur des casques de RV plus avancés (par exemple HTC Vive) permettrait également des interactions plus poussées entre le patient et l'environnement, voire même avec le thérapeute. On pourrait imaginer que ce soit le patient qui choisisse d'aller dans le Ganzfeld, ou encore qu'il choisisse lui-même l'endroit dans lequel il veut s'installer dans l'environnement de relaxation pour une efficacité optimale.

Il serait également bon de trouver d'autres types de capteurs physiologiques plus performants que le Spire, de manière à pouvoir récupérer des données physiologiques plus fiables et surtout en temps réel, ce qui n'est pas le cas actuellement et qui oblige le thérapeute à adapter lui-même l'agitation du décor pour faire de la rétroaction biologique. On pourrait également proposer de nouvelles variables à modifier pour cette dernière fonctionnalité, comme les bruits de fond (vent plus fort lorsque le patient est agité, etc.).

Pour finir, le sujet de l'utilisation de la réalité virtuelle pour le traitement des psychopathologies n'a pas encore été totalement exploré et il reste probablement un certain nombre de possibilités, comme par exemple créer

un environnement de médiation thérapeutique que nous n'avons pas pu faire par manque de moyens, ou encore d'autres applications. C'est donc un champ d'action assez ouvert et il est sûrement possible d'améliorer l'efficacité de beaucoup de thérapies grâce à cette technologie qu'est la réalité virtuelle.

Bibliographie

- [BBP⁺98] C. Botella, R. M. Baños, C. Perpiñá, H. Villa, M. Alcañiz, and A. Rey. Virtual reality treatment of claustrophobia : A case report. *Behaviour Research and Therapy*, 36(2) :239–246, 1998. [17](#), [80](#)
- [Bio92] Frank Biocca. Communication Within Virtual Reality : Creating a Space for Research. *Journal of Communication*, 42(4) :5–22, 1992. [23](#), [85](#)
- [BLG⁺14] Stéphane Bouchard, Claudie Loranger, Isabelle Giroux, Christian Jacques, and Geneviève Robillard. Using Virtual Reality to Provide a Naturalistic Setting for the Treatment of Pathological Gambling. *The thousand faces of Virtual Reality*, (November 2016) :3–21, 2014. [19](#), [72](#)
- [CMB⁺13] Gian Luca Cesa, Gian Mauro Manzoni, Monica Bacchetta, Gianluca Castelnovo, Sara Conti, Andrea Gaggioli, Fabrizia Mantovani, Enrico Molinari, Georgina Cárdenas-López, and Giuseppe Riva. Virtual reality for enhancing the cognitive behavioral treatment of obesity with binge eating disorder : Randomized controlled study with one-year follow-up. *Journal of Medical Internet Research*, 15(6) :1–13, 2013. [20](#), [71](#)
- [GCS⁺14] Andrea Gaggioli, Pietro Cipresso, Silvia Serino, Danilo Marco Campanaro, Federica Pallavicini, Brenda K. Wiederhold, and Giuseppe Riva. Positive technology : A free mobile platform for the self-management of psychological stress. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2014 : Positive Change : Connecting the Virtual and the Real*, 99 :25–29, 2014. [26](#), [88](#)
- [GPC⁺12] Raquel Gonçalves, Ana Lúcia Pedrozo, Evandro Silva Freire Coutinho, Ivan Figueira, and Paula Ventura. Efficacy of Virtual Reality Exposure Therapy in the Treatment of PTSD : A Systematic Review. *PLoS ONE*, 7(12) :1–7, 2012. [19](#), [73](#)
- [Kli05] E Klinger, Bouchard, Legeron, Roy, Laurer, Chemin, Nugues. Behavior Therapy for Social Phobia : A Preliminary Controlled Study. 8(1) :76–88, 2005. [18](#), [20](#), [76](#)
- [LKK⁺03] Jang Han Lee, Jeonghun Ku, Kwanguk Kim, Byoungnyun Kim, In Y Kim, Byung-Hwan Yang, Seok Hyeon Kim, Brenda K Wiederhold, Mark D Wiederhold, Dong-Woo Park, Youngsik Lim,

- and Sun I Kim. Experimental application of virtual reality for nicotine craving through cue exposure. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 6(3) :275–280, 2003. [19](#), [83](#)
- [MLH⁺16] Alexander Miloff, Philip Lindner, William Hamilton, Lena Reuterskiöld, Gerhard Andersson, and Per Carlbring. Single-session gamified virtual reality exposure therapy for spider phobia vs. traditional exposure therapy : study protocol for a randomized controlled non-inferiority trial. *Trials*, 17(1) :60, dec 2016. [17](#), [18](#), [21](#), [75](#)
- [PAR08] Matthew Price, Page Anderson, and Barbara O Rothbaum. Virtual reality as treatment for fear of flying : A review of recent research. *International Journal of Behavioral Consultation and Therapy*, 4(4) :340–347, 2008. [17](#), [78](#)
- [RCGMRS14] Mar Rus-Calafell, José Gutiérrez-Maldonado, and Joan Ribas-Sabaté. A virtual reality-integrated program for improving social skills in patients with schizophrenia : A pilot study. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 45(1) :81–89, 2014. [20](#), [80](#)
- [RGG⁺11] Giuseppe Riva, Andrea Gaggioli, Alessandra Grassi, Simona Raspelli, Pietro Cipresso, Federica Pallavicini, Cinzia Vigna, Andrea Gagliati, Stefano Gasco, and Giuseppe Donvito. NeuroVR 2 - A free virtual reality platform for the assessment and treatment in behavioral health care. *Studies in Health Technology and Informatics*, 163(October) :493–495, 2011. [20](#), [21](#), [74](#)
- [RGP⁺13] Claudia Repetto, Andrea Gaggioli, Federica Pallavicini, Pietro Cipresso, Simona Raspelli, and Giuseppe Riva. Virtual reality and mobile phones in the treatment of generalized anxiety disorders : A phase-2 clinical trial. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(2) :253–260, 2013. [19](#), [21](#), [29](#), [77](#)
- [Riv99] Giuseppe Riva. Virtual Reality as Communication Tool : A Sociocognitive Analysis. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 8(4) :462–468, 1999. [23](#), [86](#)
- [RMV01] Giuseppe Riva, Enrico Molinari, and Francesco Vincelli. Virtual Reality as communicative medium between patient and therapist. *Communication Through Virtual Technology : Identity, Community and Technology in the Internet Age. Amsterdam : IOS*, pages 87–100, 2001. [23](#), [84](#)

- [SDWVD13] Clara Suied, George Drettakis, Olivier Warusfel, and Isabelle Viaud-Delmon. Auditory-visual virtual reality as a diagnostic and therapeutic tool for cynophobia. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 16(2) :145–52, 2013. [17](#), [18](#), [82](#)
- [Ste01] Franklin Stein. Occupational stress, relaxation therapies, exercise and biofeedback. *Work (Reading, Mass.)*, 17 :235–245, 2001. [25](#), [87](#)

Table des figures

2.1	Protocole Ganzfeld [Wikipédia]	16
4.1	Scène de réglage : écran d'accueil	37
4.2	Scène de réglage : choix de la couleur	38
4.3	Scène de réglage : choix de l'intensité	38
4.4	Scène de réglage : choix du bruit blanc	38
4.5	Scène de relaxation, aussi appelée scène de préparation	39
4.6	Scène de Ganzfeld	40
4.7	Répartition des réponses : L'activation des boutons est intuitive.	43
4.8	Répartition des réponses : Le choix des couleurs est facile.	43
4.9	Répartition des réponses : Le réglage de l'intensité de l'éclairage est facile.	44
4.10	Répartition des réponses : Le réglage du volume est facile.	44
4.11	Répartition des réponses : Le choix du son est intuitif.	44
4.12	Répartition des réponses : Remédier à d'éventuelles erreurs n'est pas difficile.	45
4.13	Répartition des réponses : J'ai procédé aux réglages sans lire les instructions.	45
4.14	Répartition des réponses : Le réglage de l'intensité de l'éclairage est précis.	45
4.15	Répartition des réponses : L'environnement de préparation au Ganzfeld est agréable à regarder.	46
4.16	Répartition des réponses : L'environnement de préparation est apaisant.	46
4.17	Répartition des réponses : L'environnement de Ganzfeld est apaisant.	48
4.18	Répartition des réponses : Le retour vers l'environnement de préparation n'est pas brutal.	48
4.19	Sensation de repos avant et après l'expérience (1 : très fatigué et 5 : très reposé).	50
4.20	Sensation de relaxation avant et après l'expérience (1 : très stressé et 5 : très relaxé).	50
4.21	Évolution du rythme respiratoire de chaque testeur en fonction de la phase de l'expérience où il se trouve.	51
C.1	Planification prévisionnelle de la phase I	91
C.2	Planning effectif de la phase I	92
C.3	Planification prévisionnelle de la phase II	94
C.4	Planning effectif de la phase II (1/3)	95

C.5	Planning effectif de la phase II (2/3)	96
C.6	Planning effectif de la phase II (3/3)	97
E.1	Auto-évaluation pour la phase I	110
E.2	Auto-évaluation pour la phase II	111
F.1	Échelle de Likert utilisée pour le questionnaire.	115

Liste des tableaux

2.1	Tableau comparatif d'une sélection de casques de RV existants	28
2.2	Tableau comparatif des propositions étudiées	30
4.1	Comptage du nombre de réponses pour chaque catégorie de l'échelle de Likert et pour chaque affirmation sur la facilité d'utilisation de l'interface de réglages (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord"). Ce tableau a été utilisé pour créer les graphiques 4.7 à 4.10.	43
4.2	Comptage du nombre de réponses pour chaque catégorie de l'échelle de Likert et pour chaque affirmation sur l'environnement de préparation au Ganzfeld (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord"). Ce tableau a été utilisé pour créer les graphiques 4.15 et 4.16.	47
4.3	Réponses aux questions de description de l'environnement de préparation au Ganzfeld pour chaque testeur.	47
4.4	Comptage du nombre de réponses pour chaque catégorie de l'échelle de Likert et pour chaque affirmation sur l'environnement de Ganzfeld (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord"). Ce tableau a été utilisé pour réaliser les graphiques 4.17 et 4.18.	49
4.5	Réponses aux questions de description de l'environnement de Ganzfeld pour chaque testeur.	49
4.6	Sensation de repos avant et après l'expérience, pour chaque testeur sur une échelle de 1 à 5 (1 : très fatigué et 5 : très reposé). Ce tableau a été utilisé pour créer le graphique 4.19.	51
4.7	Sensation de relaxation avant et après l'expérience, pour chaque testeur sur une échelle de 1 à 5 (1 : très stressé et 5 : très détendu). Ce tableau a été utilisé pour créer le graphique 4.20.	51
4.8	Rythme respiratoire moyen par phase et par testeur. Ce tableau a été employé pour construire le graphique 4.21.	52
A.1	Réponses du questionnaire sur la facilité d'utilisation de l'interface de réglages selon l'échelle de Likert (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord").	68
A.2	Réponses du questionnaire sur l'environnement de préparation au Ganzfeld selon l'échelle de Likert (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord") et les adjectifs proposés.	68
A.3	Réponses du questionnaire sur l'environnement de Ganzfeld selon l'échelle de Likert (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord") et les adjectifs proposés.	69

A.4 Rythme respiratoire des testeurs par phase, en nombre de respirations/min.	70
D.1 Avancement du projet par rapport au temps de travail théorique minimal (respectivement haut)	108

Liste des algorithmes



Mesures détaillées

Le tableau [A.1](#) a servi à créer le tableau [4.1](#) en comptant simplement la répartition des réponses des testeurs par valeur de l'échelle de Likert.

Les tableaux [A.2](#) et [A.3](#) ont respectivement servi à créer les tableaux [4.2](#), [4.3](#) et [4.4](#), [4.5](#) en comptant la répartition des réponses des testeurs par valeur de l'échelle de Likert ([4.2](#), [4.4](#)) et simplement par recopie pour les tableaux regroupant les adjectifs de description dans chaque environnement ([4.3](#), [4.5](#)).

Quant au tableau [A.4](#), il a permis de construire le tableau [4.8](#) en calculant le rythme respiratoire moyen des testeurs sur chaque phase.

Affirmations	Testeur 1	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
L'activation des boutons est intuitive	2	1	2	2	2
Le choix des couleurs est facile	2	1	1	1	1
Le réglage de l'intensité de l'éclairage est facile	3	2	1	1	1
Le réglage de l'intensité de l'éclairage est précis	3	3	2	2	3
Le choix du son est intuitif	1	1	1	3	1
Remédier à d'éventuelles erreurs n'est pas difficile	1	1	1	1	1
J'ai procédé aux réglages sans lire les instructions	1	5	3	1	5
Le réglage du volume est facile	3	1	1	1	1

TABLE A.1 – Réponses du questionnaire sur la **facilité d'utilisation de l'interface de réglages** selon l'échelle de Likert (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord").

Affirmations	Testeur 1	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
L'environnement de préparation au Ganzfeld est agréable à regarder	2	2	2	2	2
Choisir l'adjectif qui permet de décrire le mieux votre état subjectif pendant cette étape	Relaxé	Relaxé	Calme	Pensif	Stressé
L'environnement de préparation est apaisant	1	1	2	2	1
Vous préférez un environnement	Ensoleillé	Crépusculaire	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé

TABLE A.2 – Réponses du questionnaire sur **l'environnement de préparation au Ganzfeld** selon l'échelle de Likert (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord") et les adjectifs proposés.

Affirmations	Testeur 1	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
Choisir l'adjectif qui permet de décrire le mieux votre état pendant cette étape	Pensif	Calme	Pensif	Stressé	Calme
L'environnement Ganzfeld est apaisant	1	1	4	3	1
Le bruit blanc joué pendant le Ganzfeld est	Endormant	Relaxant	Endormant	Endormant	Endormant
La lumière du Ganzfeld est	Endormante	Apaisante	Apaisante	Apaisante	Endormant
Le retour vers l'environnement de préparation n'est pas brutal	1	3	2	1	3

TABLE A.3 – Réponses du questionnaire sur **l'environnement de Ganzfeld** selon l'échelle de Likert (la note 1 étant "Tout à fait d'accord" et 5 "Pas du tout d'accord") et les adjectifs proposés.

Rythme respiratoire (respirations/min)	Testeur 2	Testeur 3	Testeur 4	Testeur 5
Repos	14,7	9	15,9	18,5
	11,1	9,3	20,4	21,1
	15,2	14	9,5	19
	12,9	14,5	14,7	13
	20,8	13,9	16,5	16
	17,7	19	16	15,4
		6,8	15,6	20,5
		18,4	12	18,6
		15,9	20	12,1
		12,6	17,2	18,6
			23,5	15,2
				17,6
Environnement de préparation	20,5	16,2	20,7	18,6
	16,4	13	15,2	16,8
	19,8	11,5	22,1	9,4
	18,3	10	22,9	11,1
	18,4	11,5	24,3	10,9
Ganzfeld	17,5	13,9	23,6	12
	19,8	13,2	20,5	13,8
	20,3	15,3	22,5	11,7
	19,4	10,9	24,5	11,4
	18,4	13,5	22	13,4
	20,8	12,6	20,1	9,3
Environnement de préparation 2	18,9	10,8	20,6	9,7
	21,5	13,3	23,9	8

TABLE A.4 – Rythme respiratoire des testeurs par phase, en nombre de respirations/min.



Fiches de lecture

B.1 *Virtual reality for enhancing the cognitive behavioral treatment of obesity with binge eating disorder : Randomized controlled study with one-year follow-up*

Auteurs : Cesa, Gian Luca ; Manzoni, Gian Mauro ; Bacchetta, Monica ; Castelnovo, Gianluca ; Conti, Sara ; Gaggioli, Andrea ; Mantovani, Fabrizia ; Molinari, Enrico ; Cárdenas-López, Georgina ; Riva, Giuseppe

Journal : Journal of Medical Internet Research, Volume 15, Issue 6, Pages 1-13

Année de publication : 2013 [[CMB+13](#)]

B.1.1 Résumé

Le but de cet article est de comparer différentes méthodes de traitement pour les personnes atteintes d'obésité et de "binge eating" ou hyperphagie compulsive (consistant à manger en grande quantité sur une courte

période de temps, sans rien effectuer pour compenser).

Lors des 3 traitements, les patients sont admis dans un hôpital pendant 6 semaines, où ils suivaient un régime spécial, avec des soins médicaux et psychologiques. Les 3 traitements proposés sont les suivants :

- Une thérapie cognitivo-comportementale classique sur 5 semaines, avec 5 sessions de groupe et 10 sessions individuelles.
- Une thérapie cognitivo-comportementale en utilisant la réalité virtuelle. Cette thérapie consiste en 15 sessions de 60 minutes où le patient est plongé dans un environnement virtuel, comportant diverses situations présentant un risque de "binge eating" pour ce dernier. Il doit apprendre à maîtriser son comportement dans ces situations et le psychologue les aide à développer des stratégies pour cela. Deux sessions sont consacrées à l'image que le patient se fait de son corps, en recréant des situations où cette image a été créée/renforcée.
- Le dernier "traitement" consiste simplement à être

à l'hôpital durant 6 semaines, sans avoir de thérapie supplémentaire.

Le déroulement de l'expérience s'est organisé comme suit :

- 90 femmes ont été sélectionnées par des entretiens.
- Elles ont ensuite été aléatoirement assignées à l'un des 3 traitements (30 patientes par traitement).
- Les traitements sont réalisés sur les 6 semaines.
- Des évaluations sont réalisées : lors de la première semaine de traitement, lors de la dernière semaine et un an après le traitement, afin de connaître l'évolution du syndrome des patients.

Résultats : le traitement à l'aide de la réalité virtuelle est le plus efficace de tous, étant le seul ayant permis d'améliorer la perte de poids des patients 1 an après la thérapie. En ce qui concerne les épisodes d'hyperphagie compulsive, la thérapie de réalité virtuelle et la thérapie cognitivo-comportementale ont toutes les deux permis de maintenir un faible taux de crises mensuelles.

B.1.2 Lien avec notre projet

Cet article nous permet d'avoir un autre champ d'application de la réalité virtuelle, qui paraissait pourtant compliquée à utiliser dans ce cas précis. De plus, on a une information sur l'environnement de réalité virtuelle utilisé : NeuroVR. On a aussi la durée d'exposition du patient à cet environnement, qui est assez longue, c'est donc un bon point. Cependant, nous n'avons pas d'indication sur le matériel utilisé pour réaliser la thérapie.

B.2 Using Virtual Reality to Provide a Naturalistic Setting for the Treatment of Pathological Gambling

Auteurs : Bouchard, Stéphane ; Loranger, Claudie ; Giroux, Isabelle ; Jacques, Christian ; Robillard, Geneviève

Journal : The thousand faces of Virtual Reality, Pages 3-21

Année de publication : 2014 [BLG⁺14]

B.2.1 Résumé

La psychothérapie est efficace pour traiter les addictions au jeu, cependant cela n'empêche pas les patients d'avoir une envie irrépressible de jouer de temps en temps. Cette étude a donc pour but d'utiliser la réalité virtuelle (RV) pour exposer les patients à des situations provoquant un besoin de jouer afin de mieux maîtriser cette envie et plus efficacement qu'en discutant simplement dans le bureau d'un thérapeute.

Pour commencer, les chercheurs ont essayé de savoir si jouer dans un environnement virtuel provoquait la même envie chez les joueurs, que de jouer sur des vraies machines à sous. Ils ont donc proposé à des personnes (joueurs fréquents mais sans avoir de réelle addiction) de jouer alternativement sur une vraie machine à sous et sur une machine à sous virtuelle, puis ont évalué leur envie de jouer après ces expériences. Les résultats ont montré que le jeu en environnement virtuel provoquait la même envie que le jeu en environnement réel.

Les auteurs ont donc réalisé un essai clinique, avec 4 sessions d'exposition en réalité virtuelle, utilisant deux environnements : un bar et un casino. Les équipements utilisés sont les suivants : un casque de RV iWear VR920 Vuzix, un système de détection de mouvements de tête Cube2 Intersence, des haut-parleurs, une souris sans-fil pour se déplacer et une boîte avec des boutons permettant de simuler l'interface d'un terminal de loterie vidéo. Des sons peuvent être joués automatiquement en fonction de l'endroit où se trouve le patient, ou déclenchés par le thérapeute (par exemple pour faire parler le barman).

Le patient est guidé et exposé à des situations pouvant provoquer des envies de jouer de manière progressive, jusqu'à la dernière étape où il se retrouve devant une machine avec la possibilité de jouer. De plus, avant d'être exposé à l'environnement virtuel, les thérapeutes évaluent sa capacité à supporter l'environnement virtuel pour qu'il n'ait pas de nausées ou autres durant les séances.

La première session permet d'identifier les situations à risque en voyant les réactions du patient face à l'environnement virtuel. Les séances 2 et 3 permettent au thérapeute de mieux comprendre pourquoi une telle envie se présente chez le patient, et de voir à quel point il peut combattre cette envie de jouer, ainsi que de trouver des techniques pour la combattre. Enfin, la dernière séance est utilisée pour apprendre au patient à prévenir de nouvelles rechutes.

Cette étude montre donc que la RV est un bon moyen pour réussir à provoquer des envies chez des patients atteints d'addiction au jeu et que cela peut significativement améliorer les traitements associés, malgré le fait

qu'il faille conduire des études plus approfondies sur le sujet.

B.2.2 Lien avec notre projet

Cet article a permis de montrer l'efficacité de la RV pour traiter les addictions au jeu et permet aussi d'avoir un exemple d'environnement détaillé pour réaliser une telle exposition. Nous avons également des informations sur le matériel utilisé, bien que nous ne sachions pas d'où vient l'environnement virtuel. Cet article nous offre également une idée assez précise des interactions possibles dans l'environnement, ce qui pourra nous donner des idées si nous sommes amenés à créer un environnement virtuel pour des thérapies d'exposition. Il est cependant dommage que nous n'ayons pas plus d'informations sur l'efficacité des sessions de thérapie réalisées ainsi qu'un suivi plus poussé sur les patients comme pour la plupart des articles sur les thérapies d'expositions.

B.3 Efficacy of Virtual Reality Exposure Therapy in the Treatment of PTSD : A Systematic Review

Auteurs : Gonçalves, Raquel ; Pedrozo, Ana Lúcia ; Coutinho, Evandro Silva Freire ; Figueira, Ivan ; Ventura, Paula

Journal : PLoS ONE, Volume 7, pages 1-7

Année de publication : 2012 [GPC⁺12]

B.3.1 Résumé

Cet article a pour but de faire une revue de différentes expérimentations d'utilisation de la réalité virtuelle pour le traitement de troubles de stress post-traumatique, en thérapie d'exposition prolongée. Les articles utilisés ont été sélectionnés grâce à des critères d'inclusion et d'exclusion précis : 10 articles ont été retenus. Chaque expérimentation est ensuite globalement décrite, explicitant : la sélection des patients, le nombre et la durée des sessions de thérapie, la méthode d'évaluation de la "sévérité" du trouble expérimenté par les patients et enfin les résultats des thérapies (s'il y a eu une régression du trouble ou non). Les différents résultats évoqués montrent que l'utilisation de la réalité virtuelle pour ce type de traitement est aussi efficace qu'un traitement traditionnel. Une particularité de l'exposition par réalité virtuelle est que cela peut fonctionner pour les patients qui ne répondent pas à une thérapie par exposition classique.

B.3.2 Lien avec notre projet

Cet article nous montre que la thérapie par exposition en utilisant la réalité virtuelle est applicable à tous types de troubles post-traumatiques et également que cette méthode est aussi efficace que l'exposition classique. On a également une vue d'ensemble, qui permet de trouver pas mal d'exemples précis de déroulement d'une telle thérapie pour le traitement de stress post-traumatique. Un point négatif est cependant que les environnements utilisés ne sont pas très bien décrits, ainsi que les interactions que ceux-ci implémentent.

B.4 *NeuroVR 2 - A free virtual reality platform for the assessment and treatment in behavioral health care*

Auteurs : Riva, Giuseppe ; Gaggioli, Andrea ; Grassi, Alessandra ; Raspelli, Simona ; Cipresso, Pietro ; Pallavicini, Federica ; Vigna, Cinzia ; Gagliati, Andrea ; Gasco, Stefano ; Donvito, Giuseppe

Journal : Studies in Health Technology and Informatics, Volume 163, Issue October, Pages 493-495

Année de publication : 2011 [RGG⁺11]

B.4.1 Résumé

Cet article parle de NeuroVR, une plate-forme de réalité virtuelle conçue spécifiquement pour être utilisée par des psychothérapeutes. En effet, il n'existait pas de normes et d'environnements virtuels personnalisables pour les psychothérapies, les applications de réalité virtuelles coûtaient cher et n'étaient pas forcément faciles d'utilisation. Les auteurs de l'article ont donc développé NeuroVR, une plateforme permettant d'éditer des scènes correspondant aux cas de troubles psychologiques les plus étudiés (phobies, troubles anxieux, troubles alimentaires etc.). Il est possible de rendre les situations interactives, en permettant de déclencher des événements en fonction du comportement et des actions des patients. Quelques exemples d'utilisation de cette plate-forme sont donnés en référence.

B.4.2 Lien avec notre projet

Cet article présente un environnement complètement utilisable et gratuit, pouvant être très utile pour les cas de psychopathologies les plus classiques. Il peut à priori être utilisé tel quel : nous devrions donc probablement partir sur une approche différente si nous voulons créer quelque chose de nouveau. Cependant, après recherche sur le site de NeuroVR, cette plateforme ne serait compatible qu'avec un casque de réalité virtuelle "Wrap 1200VR" qui n'est plus disponible à la vente. Si cette plateforme s'avère obsolète, il pourrait être utile d'en développer une autre si nous n'en trouvons pas de plus récente. Peut-être pourrions-nous aussi nous servir des environnements virtuels présents dans ce logiciel sur Unity3D pour ce que nous développerons plus tard, une fois que nous l'aurons déterminé.

B.5 *Single-session gamified virtual reality exposure therapy for spider phobia vs. traditional exposure therapy : study protocol for a randomized controlled non-inferiority trial*

Auteurs : Miloff, Alexander ; Lindner, Philip ; Hamilton, William ; Reuterskiöld, Lena ; Andersson, Gerhard ; Carlbring, Per

Journal : Trials, Volume 17

Année de publication : 2016 [[MLH⁺16](#)]

B.5.1 Résumé

Le but de cet article est de proposer un protocole expérimental permettant de comparer l'efficacité des thérapies d'exposition en une session pour traiter l'arachnophobie, avec ou sans utilisation de la réalité virtuelle. Tout d'abord, des candidats souffrant de cette phobie sont recrutés via un test sur internet, puis on leur fait passer une série de tests préliminaires pour savoir s'ils peuvent participer à l'étude. Ces tests incluent notamment un test d'approche comportementale, mesurant la réaction des patients lorsqu'ils sont mis en contact avec une araignée. Ils doivent aussi répondre à un certain nombre de questionnaires pour aider à mesurer leur peur des araignées. Une fois ces tests préliminaires passés, 100 personnes sont choisies pour passer la thérapie (50 avec réalité virtuelle et 50 en situation réelle). Les 2 thérapies sont réalisées en une session de 3h maximum. La session en situation réelle consiste en une série d'exercices de plus en plus stressants, dont le but est de confronter les croyances du patient à propos des araignées avec ce qui arrive réellement et ainsi faire diminuer peu à peu sa peur. Ces exercices sont effectués d'abord avec un petit spécimen, puis un moyen et enfin un gros. Pour la session en réalité virtuelle, cela consiste en une série d'exercices consistant à interagir avec des araignées virtuelles. Ces exercices sont réalisés dans deux environnements différents (un salon et un environnement extérieur) et au fur et à mesure de la progression du patient, l'araignée devient de plus en plus réaliste. Pendant cette session, il n'y a pas d'interaction avec le psychologue, contrairement à la session avec des vraies araignées.

Après la session de thérapie, les patients sont de nouveau soumis à un test d'approche comportementale et doivent répondre à de nouveaux questionnaires. Ils sont ensuite suivis 12 semaines et 52 semaines après la thérapie, pour savoir si cette dernière a été efficace sur le long terme.

B.5.2 Lien avec notre projet

Cet article nous permet d'avoir des informations quand au fonctionnement classique d'une thérapie d'exposition en une session, notamment quels sont les phases de pré-traitement et de post-traitement, qui sont importantes pour mesurer la progression des patients. Cela nous donne également un bon aperçu du déroulement de la session de thérapie, que ce soit la thérapie classique ou avec l'utilisation de la réalité virtuelle.

Malheureusement, cet article ne traite pas des résultats obtenus et nous ne pouvons par conséquent pas savoir si l'utilisation de la réalité virtuelle à un impact plus fort sur le traitement des patients, comparé à une thérapie traditionnelle.

B.6 *Virtual Reality Therapy Versus Cognitive Behavior Therapy for Social Phobia : A Preliminary Controlled Study*

Auteurs : Klinger, Bouchard, Legeron, Roy, Laurer, Chemin, Nuges

Journal : CYBERPSYCHOLOGY BEHAVIOR, Vo-

lume 8, Issue 1, Pages 76-88

Année de publication : 2005 [Kli05]

B.6.1 Résumé

Cet article a pour but de comparer la thérapie cognitivo-comportementale classique et la thérapie d'exposition à l'aide de la réalité virtuelle pour le traitement de phobies sociales.

Pour cette étude, 36 patients ont été sélectionnés et divisés en 2 groupes pour les 2 thérapies. La thérapie à base de réalité virtuelle se compose de 12 séances individuelles de 45 minutes, avec un thérapeute et avec 20 minutes ou moins d'exposition du patient à l'environnement virtuel. 5 Environnements virtuels ont été utilisés pour cette expérience :

- Un environnement neutre, sans personnes virtuelles, pour que le patient s'entraîne dans l'environnement.
- Un environnement pour la peur de parler en public. Le patient se retrouve dans une salle de réunion en face de 7 personnes et doit leur présenter quelque chose.
- Un environnement pour l'anxiété lors de contacts avec des voisins, amis, ou simplement des petites conversations. Le patient se retrouve à un dîner avec un ami et d'autres personnes, et doit se présenter, répondre aux autres invités etc.
- Un environnement pour la peur d'être observé. Le patient doit effectuer toutes sortes de tâches dans un endroit public, tout en étant observé par pas mal

de personnes.

- Un environnement pour s'entraîner à s'affirmer. 3 situations différentes sont présentées au patient et il doit défendre son point de vue ou ses intérêts face à d'autres personnes.

Les personnes virtuelles sont des sprites 3D, et l'environnement est affiché sur un grand écran.

Les sessions consistent à évaluer le patient dans chaque environnement, puis de l'aider à se sentir mieux dans chaque situation, en mettant l'accent sur les situation les plus anxiogènes pour lui.

Quant à la thérapie cognitivo-comportementale classique, elle consiste en 12 sessions de 2h, par groupes de 8, dirigées par un thérapeute sur 3-4 mois. Ces sessions permettent de recréer des situations anxiogènes et de travailler dessus pour éliminer la peur des patients. Résultats : l'échantillon de patients utilisé pour l'expérience n'était pas assez gros pour tirer de réelles conclusions, mais si les résultats étaient les mêmes pour un échantillon de 200 personnes, cela suggérerait que l'utilisation de la réalité virtuelle donne de meilleurs résultats

B.6.2 Lien avec notre projet

Cet article donne un exemple plutôt détaillé des différentes situations utilisées pour traiter la phobie sociale, ce qui peut nous donner des idées si jamais nous devons développer des situations. Un autre point très intéressant est la non-nécessité d'avoir des objets très réalistes dans l'environnement virtuel. En effet, les autres humains étant des sprites 3D, ils sont loin de paraître réalistes. Pourtant

cela permet tout de même d'avoir une thérapie efficace pour les patients. On remarque aussi que l'environnement étant affiché sur un "simple" grand écran, l'immersion devait être moindre que si le patient était équipé d'un casque de réalité virtuelle. On peut donc en conclure que le réalisme n'est pas la caractéristique la plus importante dans un tel cas de figure. Cependant, on pourrait se demander si l'utilisation d'un environnement encore plus immersif n'augmenterait pas l'efficacité de la thérapie, il pourrait être intéressant de creuser ce point.

B.7 Virtual reality and mobile phones in the treatment of generalized anxiety disorders : A phase-2 clinical trial

Auteurs : Repetto, Claudia ; Gaggioli, Andrea ; Pallavicini, Federica ; Cipresso, Pietro ; Raspelli, Simona ; Riva, Giuseppe

Journal : Personal and Ubiquitous Computing, Volume 17, Issue 2, Pages 253-260

Année de publication : 2013 [\[RGP+13\]](#)

B.7.1 Résumé

Cet article présente deux utilisations de la réalité virtuelle pour le traitement du syndrome d'anxiété généralisée. Ce syndrome consiste à être dans un état d'anxiété excessive pendant au moins 6 mois, à propos de diverses situations.

25 patients ont été choisis, 9 ont été assignés à une thé-

rapie consistant à utiliser la réalité virtuelle avec de la rétroaction biologique, le même type de traitement sans rétroaction biologique et enfin une partie des patients étant sur liste d'attente, représentant le groupe contrôle.

Lors de cette thérapie, les patients se promènent sur une île tropicale en réalité virtuelle comportant différents lieux relaxants. Le but est de leur faire faire des exercices de relaxation dans chacun de ces lieux. Ils sont guidés par une bande audio narrative.

Ils ont également accès à cet environnement en dehors des sessions de thérapie, sur un téléphone portable. Ils ne peuvent pas se déplacer dans cet environnement, mais cela leur permet de se relaxer lorsqu'ils sont confrontés à des événements stressants dans la vie de tous les jours.

Lors de la thérapie avec rétroaction biologique, des capteurs mesurent la fréquence cardiaque du patient et l'environnement s'adapte à son état. Par exemple, lorsqu'il est sur la plage : plus son rythme cardiaque est élevé, plus les vagues seront fortes. Au contraire, lorsqu'il sera relaxé, la mer sera totalement calme.

Les thérapies sont composées de 8 sessions, et le matériel utilisé est un casque Vuzix iWear VR920, avec une manette Xbox pour les déplacements dans l'environnement.

Résultats : les scores d'anxiété des patients sont réduits après le traitement, cependant ils sont moins anxieux après avoir subi la thérapie incluant la rétroaction biologique.

B.7.2 Lien avec notre projet

Cet article nous permet de voir un autre aspect de la réalité virtuelle : son utilisation pour de la relaxation, en exposant le patient non pas à un environnement stressant mais plutôt apaisant, pour qu'il puisse se rappeler de cet environnement lorsqu'il se sent stressé. Cet article met également en avant une fonctionnalité nouvelle : la rétroaction biologique, qui présente un nouveau niveau d'interaction entre le patient et l'environnement virtuel en fonction de son niveau de stress. Nous pourrions peut être utiliser cette interaction de la même manière, en modifiant la quantité mesurée et/ou en inventant des événements pouvant être déclenchés en fonction de l'état du patient.

B.8 *Virtual Reality as Treatment for Fear of Flying : A Review of Recent Research*

Auteurs : Price, Matthew ; Anderson, Page ; O. Rothbaum, Barbara

Journal : International Journal of Behavioral Consultation and Therapy, Volume 4, Issue 4

Année de publication : 2008 [PAR08]

B.8.1 Résumé

Depuis déjà plus d'une dizaine d'années, la Réalité Virtuelle (RV) est un excellent moyen pour faire de la thérapie d'exposition. Dans cet article, il s'agira de

se concentrer sur la phobie de l'avion. Phobie qui est définie comme étant le ressenti d'une anxiété intense lorsque l'on vole et qui toucherait potentiellement entre 10% et 40% de la population. L'exposition par Réalité Virtuelle (ERV) a ici sa place car il est de plus en plus difficile de procéder à de l'exposition in vivo (exposition réelle) avec l'augmentation de la sécurité et des prix des vols. En plus d'être économiquement plus accessible, l'ERV à l'avantage d'offrir au thérapeute un plus grand contrôle sur l'expérience vécue par le patient. En effet, il peut rallonger les phases de vol les plus éprouvantes (notamment les décollages) afin que le patient s'y habitue, chose qui ne serait pas possible en exposition in vivo.

L'article fait ensuite état de deux études cliniques pour démontrer l'efficacité de l'ERV. Dans la première étude, 45 patients atteints de phobie de l'avion ont été répartis dans trois groupes pour recevoir des traitements différents : l'exposition standard (ES), l'ERV et aucun traitement. Les quatre premières séances des groupes ES et ERV consistaient à des exercices de relaxation, alors que les quatre dernières consistaient à de l'exposition in vivo pour le groupe ES et à de l'exposition par Réalité Virtuelle pour le second groupe. Les résultats de l'étude ont montré une diminution significative de la phobie des patients des groupes ES et ERV alors qu'aucun changement n'a été noté pour le groupe qui n'a pas reçu de traitement. L'étude met aussi en avant le caractère persistant des traitements ES et ERV car après 12 mois, respectivement 91% et 92% des patients avaient repris l'avion. La seconde étude, du même type que la première, ra-

joute une étape au protocole en procédant à un vol de post-traitement afin de s'assurer de la guérison du patient. Ainsi, c'est 76% des patients des groupes ES et ERV qui n'ont plus de peurs particulières en avion (contre 20% pour le groupe qui n'a pas subi de traitement).

D'autres études ont montré l'efficacité d'une unique séance d'ERV ainsi que la nécessité de cet outil pour un traitement réussi. Il a aussi été démontré que le fait de reproduire les mouvements de l'avion pendant l'ERV n'avait pas d'impact sur le résultat du traitement.

La conclusion de cet article nous apprend que l'on obtient les meilleurs résultats en combinant l'ERV avec d'autres méthodes telle que les thérapies cognitives. Enfin, à l'époque à laquelle l'article a été écrit (2008), la RV était une technologie récente et donc onéreuse. De plus, un des freins évoqués par les thérapeutes était l'impossibilité de faire évoluer les applications d'exposition pour leurs besoins sans l'intervention d'une équipe technique (programmeurs).

B.8.2 Lien avec notre projet

Cet article, en décrivant diverses études, permet de nous conforter dans l'idée que l'ERV est un des outils les plus efficaces pour traiter les phobies par exposition. Les casques de Réalité Virtuelle qui étaient il y a encore quelques années peu accessibles d'un point de vue financier et technologique sont désormais à la portée de tous. Cependant, il semble encore manquer d'outils adéquats pour que les thérapeutes créent par eux-mêmes de nouvelles situations d'exposition.

B.9 *Virtual reality treatment of claustrophobia : a case report*

Auteurs : C. Botella, R. M. Banos, C. Perpina, H. Villa, M. Alcaniz, A. Rey

Journal : Behaviour Research and Therapy 36 (1998) 239-246

Année de publication : 1998 [BBP⁺98]

B.9.1 Résumé

En 1997, alors que la Réalité Virtuelle (RV) en était encore à ses balbutiements, des chercheurs espagnols ont tenté de soigner une patiente atteinte de claustrophobie à l'aide seule d'une thérapie d'Exposition par Réalité Virtuelle (ERV). L'ERV, comparable à la thérapie d'exposition in vivo, a l'avantage de laisser au thérapeute ainsi qu'au patient un contrôle complet sur l'environnement (virtuel). De plus, l'ERV permet de traiter les patients qui ne seraient normalement pas éligibles à la thérapie d'exposition, étant trop phobique pour faire face à un environnement d'exposition réel. Un autre avantage de l'Exposition par Réalité Virtuelle, c'est le fait que le patient en sécurité dans un environnement qu'il connaît (le cabinet du thérapeute), il peut alors se confronter à son rythme à la situation d'exposition.

L'article inclut ensuite un protocole de thérapie d'ERV sur une patiente claustrophobe. Pour cette patiente, il y avait un enjeu psychologique et médical, car sa phobie l'empêchait de se soumettre à des examens mettant

en jeu des scanners tomographiques. Le traitement était composé de 8 séances de 35 à 45 minutes d'Exposition par Réalité Virtuelle pendant lesquelles la patiente auto-notait (selon diverses échelles de mesure) son anxiété. À l'issue du traitement, la patiente n'était presque plus claustrophobe et a donc pu passer ses examens médicaux.

B.9.2 Lien avec notre projet

Cet article, précurseur en matière de thérapie par ERV, nous montre qu'il y a déjà 20 ans de cela, les chercheurs avaient compris l'efficacité de la Réalité Virtuelle pour le traitement des troubles psychopathologiques. Ce qui est intéressant ici, c'est d'avoir : un protocole assez détaillé pour le traitement de la claustrophobie, les échelles de mesure utilisées pour décrire l'anxiété ainsi que les résultats de l'étude (même si celle-ci ne porte que sur une seule personne).

B.10 *A virtual reality-integrated program for improving social skills in patients with schizophrenia : A pilot study*

Auteurs : Rus-Calafell, Mar ; Gutiérrez-Maldonado, José ; Ribas-Sabaté, Joan

Journal : Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry 45 (Issue 1) 81-89

Année de publication : 2014 [RCGMRS14]

B.10.1 Résumé

Cet article traite de l'amélioration de déficiences sociales chez des patients atteints de schizophrénie. Ce dysfonctionnement social est divisé en principalement deux composantes : une déficience en cognition sociale (capacités qui sont à la base des interactions sociales) et une déficience en compétence sociale (communication verbale et non verbale). Actuellement, la thérapie d'Entraînement des Compétences Sociales (ECS) (qui se concentre sur les deux composantes décrites ci-dessus) a pour but d'améliorer le fonctionnement social des patients atteints de schizophrénie. Malheureusement, la mise en pratique de compétences apprises par les patients dans un environnement contrôlé et non naturel (la clinique) semble assez difficile. D'où l'intérêt de la Réalité Virtuelle (RV) pour dépasser cette limitation. La RV est donc ici utilisée pour recréer des environnements précis, contrôlés et dynamiques afin de faire ressentir au patient une large gamme de stimuli perceptuels.

Une application RV a ainsi été créée afin de :

- proposer une thérapie aux patients ne se sentant pas capables de faire des thérapies de groupes.
- proposer un outil pour entraîner, améliorer et généraliser (à la vie de tous les jours) des compétences sociales.

L'article décrit ensuite une étude menée sur 12 patients atteints de schizophrénie et ne suivant pas de thérapie. Le traitement thérapeutique était composé des étapes suivantes : quatre sessions de 30 minutes afin d'apprendre à

maîtriser la RV, 16 sessions de traitement thérapeutique, un contrôle à l'issue du traitement et un autre contrôle 4 mois après pour vérifier si les compétences acquises ont été maintenues. Les sessions de traitement thérapeutique duraient 1 heure et 30 minutes pour expliquer le contenu de la session (théorie) et le reste du temps pour s'entraîner à reconnaître des émotions et entretenir une discussion avec des avatars virtuels.

Les résultats de l'étude montrent une amélioration significative et pérenne des compétences sociales développées lors de la thérapie. Bien que les résultats soient globalement encourageants, l'étude souffre de quelques limitations : les résultats sont basés sur une étude pilote non contrôlée, 3 patients ont abandonné l'étude (15 patients initialement) et enfin, il n'y avait qu'un thérapeute pour effectuer les sessions thérapeutiques et procéder aux contrôles.

B.10.2 Lien avec notre projet

Cette étude récente (2014) est intéressante pour notre projet car elle inclut le protocole utilisé pour traiter les troubles sociaux des personnes schizophréniques. De plus, l'article met en avant un nombre important de notations afin d'évaluer les progrès des patients dans divers domaines d'interactions sociales. Enfin, les résultats pré-traitement, post-traitement et 4 mois après le traitement sont fournis dans l'article.

En revanche, l'étude s'éloigne un peu de notre projet de par la technologie de Réalité Virtuelle utilisée. En effet, dans l'étude, il est fait état de l'utilisation d'un écran sté-

réoscopique et de lunettes alors que nous nous concentrons plus sur les casques de Réalité Virtuelle (offrant une meilleure immersion).

B.11 *Auditory-visual virtual reality as a diagnostic and therapeutic tool for cynophobia*

Auteurs : Suied, Clara ; Drettakis, George ; Warusfel, Olivier ; Viaud-Delmon, Isabelle

Journal : Cyberpsychology, behavior and social networking 16 (Issue 2) 145-152

Année de publication : 2013 [[SDWVD13](#)]

B.11.1 Résumé

Cette étude a pour but de savoir si les thérapies d'exposition par Réalité Virtuelle (ERV) fonctionneraient pour le traitement de la cynophobie (peur des chiens). D'autre part, l'article met en avant l'aspect acoustique de la simulation. En effet, les chercheurs ont exploité au maximum le potentiel des sons 3D pour d'une part, augmenter le réalisme et l'immersion de la simulation mais aussi pour comprendre comment les différents sens (vision, ouïe) peuvent déclencher une réaction de peur. Le but final étant d'améliorer les thérapies d'ERV.

L'article décrit ensuite l'étude menée sur des patients afin de quantifier leur anxiété en fonction de divers stimuli liés aux chiens (visuel et sonore, juste sonore, juste visuel). La première étape était de trouver des patients cy-

nophobiques. Pour cela, les chercheurs ont fait passer des questionnaires à une cinquantaine de personnes afin de ne garder que les plus phobiques. Les 10 patients sélectionnés ont par la suite été confrontés à un Environnement Virtuel (EV) représentant le jardin d'une maison. La mission donnée à ces patients était de retrouver une grenouille qui se cachait dans le jardin tout en sachant que cette grenouille se trouvait près d'un chien. Pendant que le patient explore l'environnement, le thérapeute change alors certaines caractéristiques (comportement, position et couleur du chien, activer ou non les aboiements, activer ou non le brouillard) afin de faire appel aux différents sens du patient.

Les résultats de l'étude montrent au travers de deux indicateurs (le premier étant renseigné par le patient lui-même et le second par le thérapeute) le niveau d'anxiété des patients tout au long de l'exposition. L'analyse des résultats a notamment permis de faire un lien entre présence (sentiment d'immersion dans la simulation) et émotions. En effet, les patients avec un score de présence bas étaient aussi ceux ayant des scores d'anxiété (indicateur subjectif) bas. En revanche, aucun lien n'a pu être établi entre présence et anxiété observée par le thérapeute. En effet, certains patients ne ressentant aucun sentiment de présence montraient quand même des signes d'émotions (anxiété, peur, surprise) à la vue des canidés.

B.11.2 Lien avec notre projet

Cette étude a permis de mettre en valeur le fait qu'il est possible de provoquer des émotions même chez les

personnes qui n'arrivent pas à s'immerger dans un environnement virtuel. D'autre part, l'article met en avant l'importance de l'environnement sonore virtuel qui serait tout aussi influant que l'environnement visuel. On notera aussi qu'il est primordial d'avoir une cohérence entre le réalisme visuel et le réalisme sonore d'une simulation, au risque de diminuer le sentiment de présence des patients si tel n'est pas le cas.

Cet article est intéressant pour notre projet car il détaille l'environnement virtuel mis en place pour les tests. Ainsi, cela donne une idée des moyens utilisés pour inhiber ou favoriser les sens humains (absence de son pour favoriser la vision, brouillard pour favoriser l'ouïe).

B.12 *Experimental Application of Virtual Reality for Nicotine Craving through Cue Exposure*

Auteurs : Jang Han Lee, Jeonghun Ku, Kwanguk Kim, Byoungnyun Kim, Brenda K. Wiederhold, Mark D. Wiederhold, Dong-Woo Park, Youngsik Lim, Sun I. Kim

Journal : Cyberpsychology and behavior 6 (Issue 3) 275-280

Année de publication : 2003 [LKK+03]

B.12.1 Résumé

Cette étude a pour but de savoir si la Réalité Virtuelle (RV) est un meilleur médium pour déclencher une envie de fumer que d'autres médias tels que l'image ou la vi-

déo.

Dans cet article, il est fait état de deux types d'envie de fumer : l'envie non symbolique (liée au manque physiologique en nicotine) et l'envie symbolique (désir pathologique de fumer). En effet, l'envie symbolique correspond au fait que le cerveau associe automatiquement des situations (lieux, objets) à une prise de cigarette. C'est pourquoi l'exposition répétée à ces situations est un traitement efficace pour diminuer l'envie symbolique de fumer. Dans cette étude, il est donc question d'utiliser la RV comme déclencheur d'envies symboliques de fumer afin de progressivement casser le lien entre situations et prise de cigarette.

L'étape préliminaire de l'étude consistait à faire remplir un questionnaire à des fumeurs afin de savoir quelles situations/lieux/objets déclenchaient chez eux une envie de fumer. Les réponses aux questionnaires ont ensuite été analysées afin de créer un Environnement Virtuel (EV) correspondant aux situations/lieux/objets les plus cités (un bar, des gens en train de fumer, des bouteilles d'alcool, des briquets...).

Vingt-deux fumeurs hommes ont été sélectionnés pour participer à l'étude. Les participants ont ensuite été divisés en deux groupes égaux : le premier groupe utilisant des médias classiques pour déclencher une envie symbolique de fumer (images, vidéos) et le second groupe utilisant la Réalité Virtuelle. Après avoir été exposé à l'environnement créé (par le biais de simples images pour le premier groupe et par RV pour le second), les participants ont indiqué leur envie de fumer : avant et après le test.

Résultats : Les participants ayant été exposé à l'environ-

nement par le biais de la RV ont une envie de fumer significativement plus importante que ceux ayant seulement été exposés à des images. On peut donc conclure que la RV serait un meilleur moyen pour déclencher une envie symbolique de fumer. Ainsi, les traitements d'exposition répétée auraient tout intérêt à utiliser ce nouveau médium.

B.12.2 Lien avec notre projet

Cette étude a permis de montrer que la Réalité Virtuelle est l'un des meilleurs médias pour déclencher une envie. Ainsi on comprend que la RV pourrait être utilisée pour traiter diverses addictions : alcoolisme, dépendance aux drogues... Cet article est intéressant pour notre projet car il inclut le protocole de l'expérimentation, les indicateurs pour mesurer l'envie de fumer, les résultats de l'étude, ainsi que des images de l'environnement virtuel utilisé.

B.13 *Virtual Reality as communicative medium between patient and therapist*

Auteurs : Riva, Giuseppe ; Molinari, Enrico ; Vincelli, Francesco ;

Journal : Communication Through Virtual Technology : Identity, Community and Technology in the Internet Age. Amsterdam : IOS 87-100

Année de publication : 2001 [RMV01]

B.13.1 Résumé

Cette étude traite de l'utilisation de la Réalité Virtuelle (RV) comme un système avancé d'imagination. En effet, la RV permettrait de réduire le fossé existant entre imagination et réalité, fossé qui n'est finalement qu'une limite du cerveau humain.

Dans un premier temps, l'article nous apprend l'importance des "images mentales" et de leurs modifications dans le traitement des troubles psychopathologiques. En effet, de nombreux troubles anxieux sont le résultat de la visualisation d'images oppressantes liées à la source du trouble. Et c'est précisément la présence de telles images qui favorise la persistance du comportement émotionnel même en l'absence du stimulus provoquant l'anxiété. Dans un second temps, l'étude explicite le rôle de l'imagination dans les thérapies cognitives. En effet, un certain nombre de thérapies utilisent le pouvoir de l'imagination humaine. Par exemple, pour les troubles phobiques, une technique consiste à identifier les images associées avec l'élément générant la phobie puis modifier ces images grâce à un procédé de dédramatisation. Une autre méthode (nommée "image modeling and substitution") consiste à remplacer mentalement les images associées au trouble par des images d'un environnement plaisant et relaxant. Ces techniques, bien que relativement efficaces et peu onéreuses sont limitées par la capacité d'imagination du patient. Ainsi, ces thérapies échouent dès lors que le patient n'a pas ou peu d'imagination car il aura de ce fait du mal à recréer les images mentales nécessaires au traitement.

Les limites décrites précédemment pourraient être dépassées.

sées en utilisant la Réalité Virtuelle comme un système avancé d'imagination qui remplacerait alors notre propre imagination. L'article s'attache ensuite à décrire les caractéristiques d'un Environnement Virtuel (EV) qui donnerait l'illusion de non-médiation (c'est-à-dire ne plus percevoir l'existence d'un médium dans notre environnement de communication et donc de se comporter comme si le médium n'était pas là). Une des caractéristiques de l'EV est qu'il doit permettre au patient de se sentir présent dans la simulation. On apprend ensuite que le sentiment de présence est plus augmenté par les différentes interactions que l'on peut avoir avec un EV que par le réalisme visuel de ce dernier.

En conclusion, on peut dire que la Réalité Virtuelle permettrait de dépasser les limites de l'imagination humaine. En effet, un sentiment de présence poussé dans un EV ferait disparaître la différence entre traitement utilisant l'imagination et traitement "in vivo". Ainsi, on comprend le potentiel et l'avenir de cette technologie dans le traitement des troubles psychopathologiques.

B.13.2 Lien avec notre projet

Cette étude nous aide à comprendre pourquoi la Réalité Virtuelle est si efficace dans le traitement de troubles psychopathologiques. Par la disparition de la perception du médium, la RV permet de s'approcher des thérapies "in vivo". L'article nous donne aussi des pistes sur les caractéristiques d'un Environnement Virtuel (EV) permettant une immersion totale. Ainsi, c'est donc l'interactivité avec un EV plus que son côté graphique réaliste qui va

produire un sentiment de présence chez le patient. Cette étude est donc intéressante par les conseils qu'elle prodigue en matière d'EV convaincants.

B.14 *Communication Within Virtual Reality : Creating a Space for Research*

Auteur : Biocca, Frank

Journal : Journal of Communication Vol.42 (Issue 4) 5-22

Année de publication : 1992 [Bio92]

B.14.1 Résumé

Cet article, écrit il y a plus de 20 ans par Frank Biocca, traite de l'avenir de la Réalité Virtuelle (RV) en tant que nouveau médium de communication. Dans un premier temps, l'auteur nous parle de l'ordinateur, au départ réservé seulement à une élite (scientifiques, programmeurs, hackers) et qui est devenu au fil des années un médium de communication. Par analogie, l'auteur pense que la RV suivra ce même chemin : de l'outil technique réservé aux scientifiques au médium de communication accessible à tous. Cependant, certains facteurs pourraient ralentir la démocratisation de la RV, notamment la "motion sickness" (due à la contradiction entre ce que l'on voit dans la RV et ce que nous dit notre oreille interne) ou la vitesse à laquelle les différentes industries vont accepter le nouveau médium.

La suite de l'article est consacrée à comprendre comment concevoir un médium de communication (ici la RV) en prenant en compte le cerveau humain et son fonctionnement. On apprend que les médias les plus interactifs sont ceux qui proposent une communication interpersonnelle. La communication interpersonnelle en RV est divisée en deux parties :

- Concevoir des Environnements Virtuels (EV) et interactions réalistes dans le but de faire disparaître le médium aux yeux de ceux qui l'expérimentent.
- Concevoir des EV et interactions dans le but d'améliorer et d'étendre par des moyens artificiels l'éventail des communications interpersonnelles.

B.14.2 Lien avec notre projet

Cet article nous propose une vision optimiste du futur de la Réalité Virtuelle en tant que médium de communication. On y apprend par exemple des principes généraux sur la communication interpersonnelle en RV. Malheureusement, l'article à visée philosophique reste très général et ne propose aucune solution technologique ou pratique pour communiquer au sein d'un environnement virtuel.

B.15 *Virtual Reality as Communication Tool : A Sociocognitive Analysis*

Auteur : Riva, Giuseppe

Journal : Presence : Teleoperators and Virtual Environments Vol.8 (Issue 4) 462-468

Année de publication : 1999 [Riv99]

B.15.1 Résumé

Cet article nous donne des pistes pour comprendre la Réalité Virtuelle (RV) multi-utilisateurs en tant que forme particulière de communication par ordinateur. On apprend dans un premier temps que toute communication interpersonnelle est un processus de négociation. Ceci amène deux implications suivantes :

- le seul moyen de comprendre le processus de négociation est d'analyser les sujets impliqués dans l'Environnement Virtuel (EV). Ainsi le contexte social joue un rôle crucial ;
- les activités qui se développent pendant l'interaction vont modifier les relations entre sujet et contexte ;

L'article propose ensuite d'analyser le contexte social de la RV multi-utilisateur grâce à deux théories :

- la théorie d'actions localisées ("Situating Action Theory" - SAT) : au lieu de séparer action et circonstance, la SAT tente d'étudier comment les gens s'adaptent aux circonstances pour développer un plan d'action intelligent ;
- la théorie de positionnement ("Positioning Theory") : processus dynamique où chaque utilisateur a un rôle et une catégorie qui peut évoluer dans le temps en fonction de ses échanges avec les autres utilisateurs ;

D'autre part, on apprend que l'utilisation d'expressions faciales en RV est plus efficace que l'utilisation d'expressions verbales pour améliorer la compréhension du contexte. D'autre part, l'auteur explique que dans un EV, le recours à l'utilisation d'attitudes et comportement stéréotypés peut être nécessaire pour faciliter la compréhension de la situation.

B.15.2 Lien avec notre projet

Cet article est malheureusement trop théorique pour nos besoins. De plus, la seconde partie de l'article est consacrée à la RV avec un unique utilisateur, donc hors sujet avec le thème de la médiation dans un EV. Cependant, on peut noter que le visage est la partie la plus importante d'un avatar en RV. En effet, un visage expressif va permettre de faciliter la compréhension du contexte et donc la communication entre deux individus.

B.16 *Occupational stress, relaxation therapies, exercise and biofeedback*

Auteur : Stein, Franklin

Journal : Work (Reading, Mass.), Volume 17, Pages 235-245

Année de publication : 2001 [Ste01]

B.16.1 Résumé

Dans cet article, nous nous concentrons sur la partie 5.8 *Biofeedback modalities*. Cette partie nous montre quels sont les signaux physiologiques les plus utilisés pour faire de la rétroaction biologique ainsi que leurs cas d'utilisation les plus fréquents. Il y en a un certain nombre :

- L'électromyogramme, qui mesure l'activité musculaire du patient à l'aide d'électrodes. Cela permet au patient d'apprendre à contracter ou relaxer les muscles sur lesquels la mesure est prise. Cela peut donc servir pour de la ré-éducation ou la gestion du stress.
- La température de la peau : la température est mesurée au bout de l'un des doigts du patient. Étant liée à l'afflux de sang dans le doigt, ce système permet au patient de contrôler consciemment la chaleur de son doigt.
- L'électro-encéphalogramme : des électrodes mesurent l'activité électrique dans le cerveau du patient. Cela peut être utilisé en relaxation pour aider le patient à générer des ondes alpha, liées à un état relaxé.
- La réponse galvanique de la peau : un capteur mesure la conductance ou la résistance de la peau, qui est liée au niveau d'anxiété. Plus la réponse est basse, plus le patient est dans un état de relaxation.
- D'autres éléments sont mentionnés, comme l'électrocardiogramme, la pression sanguine, le rythme cardiaque ou le rythme respiratoire, qui peuvent aussi être utilisés pour mesurer le niveau de stress des patients.

B.16.2 Lien avec notre projet

Cet article nous permet de savoir quels indices physiologiques peuvent être utilisés pour mesurer le niveau de stress d'une personne, ce qui va nous être très utile pour l'environnement virtuel de méditation que nous souhaitons développer, afin de pouvoir déterminer à partir de quel moment il sera le plus propice de passer de la phase "relaxation" à la phase "Ganzfeld" (au moment où le patient sera bien détendu).

B.17 *Positive technology : A free mobile platform for the self-management of psychological stress*

Auteurs : Gaggioli, Andrea ; Cipresso, Pietro ; Serino, Silvia ; Campanaro, Danilo Marco ; Pallavicini, Federica ; Wiederhold, Brenda K. ; Riva, Giuseppe

Journal : Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2014 : Positive Change : Connecting the Virtual and the Real, Volume 99, Pages 25-29

Année de publication : 2014 [GCS+14]

B.17.1 Résumé

Cet article présente une application mobile gratuite et disponible sur l'App Store dédiée spécialement à la relaxation et supportant une fonction de rétroaction biologique avec un capteur de rythme cardiaque. Cette application possède 3 principales caractéristiques : la relaxation

guidée, le mode rétroaction biologique et la restitution du niveau de stress.

Lors de la relaxation guidée, l'utilisateur peut se balader sur une île tropicale pour y trouver différents lieux relaxants : un feu de camp, une cascade, une plage etc. avec des exercices de relaxation expliqués par une voix-off, ou encore simplement une musique relaxante.

Le mode rétroaction biologique peut être utilisé avec n'importe quel capteur de rythme cardiaque utilisant le protocole Bluetooth Smart. L'environnement à explorer est le même que dans la relaxation guidée, avec une différence cependant : le rythme cardiaque de l'utilisateur influe directement sur certains éléments. Par exemple, le feu de camp grossit et diminue en fonction de la valeur du rythme cardiaque. Il en va de même pour la cascade.

Enfin, le niveau de stress est évalué au début et à la fin de chaque session, afin de mesurer l'efficacité de l'application. Il est mesuré via le rythme cardiaque si l'utilisateur possède un capteur, sinon il est mesuré par ce dernier avec 3 critères : le niveau de stress sur une échelle de 1 à 10, l'excitation sur une échelle de 1 à 5 et la valence (content/mécontent) sur la même échelle.

B.17.2 Lien avec notre projet

Cet article donne un bon aperçu de ce à quoi peut ressembler un environnement virtuel de relaxation et surtout des modifications pouvant occurrer sur l'environnement selon le niveau de stress du patient mesuré avec des capteurs. Ainsi, dans les environnements de méditation que nous créerons, nous pourrions imaginer différentes mo-

difications que pourra effectuer le patient en contrôlant son niveau de stress. De plus, l'immersion apportée par la réalité virtuelle pourra donner une réelle plus-value, le patient se sentant plus présent dans l'environnement.



Planification

C.1 Phase I

La figure C.1 présente notre planning prévisionnel pour la première phase. Nous allons nous concentrer en premier lieu sur la recherche d'articles sur les différentes utilisations de la réalité virtuelle en psychothérapie, puis commencerons la rédaction de l'état de l'art une fois que nous aurons suffisamment d'informations. Toujours en parallèle, nous continuerons d'effectuer des recherches. Enfin, nous nous réunirons début décembre avec tous les encadrants du projet afin de déterminer quelle expérimentation et quels développements nous allons effectuer lors de la deuxième phase du projet, en fonction de nos recherches bibliographiques.

La figure C.2 présente le planning que nous avons réalisé sur la phase I. Comme nous pouvons le constater, nous avons terminé notre première phase bibliographique plus tôt que prévu, nous étant rendus compte que nous n'avions pas beaucoup d'articles traitant de la médiation thérapeutique en réalité virtuelle. Nous avons également effectué la réunion de décision pour la suite du projet, une

semaine plus tôt que prévu. Nous avons donc décidé de partir sur la réalisation d'un Ganzfeld en RV avec une partie méditation et de la rétroaction biologique. Nous avons pu profiter de la semaine suivante pour faire des recherches plus spécifiques en rapport avec notre proposition et ainsi gagner un peu de temps sur la phase II. En effet, cette phase étant relativement courte, nous n'aurons pas beaucoup de temps pour développer notre environnement virtuel et devons donc profiter du fait que nous pouvons nous avancer.

C.2 Phase II

Pour ce qui est de la phase II, la figure C.3 présente le planning que nous avons prévu. Nous comptons d'abord réaliser un peu de bibliographie spécifique à notre proposition, pour étoffer ce que l'on a déjà trouvé (notamment pour ce qui est des environnements relaxants et des bruits blancs). Dans un même temps, nous nous lancerons dans la maîtrise de Unity3D pour comprendre son fonctionne-

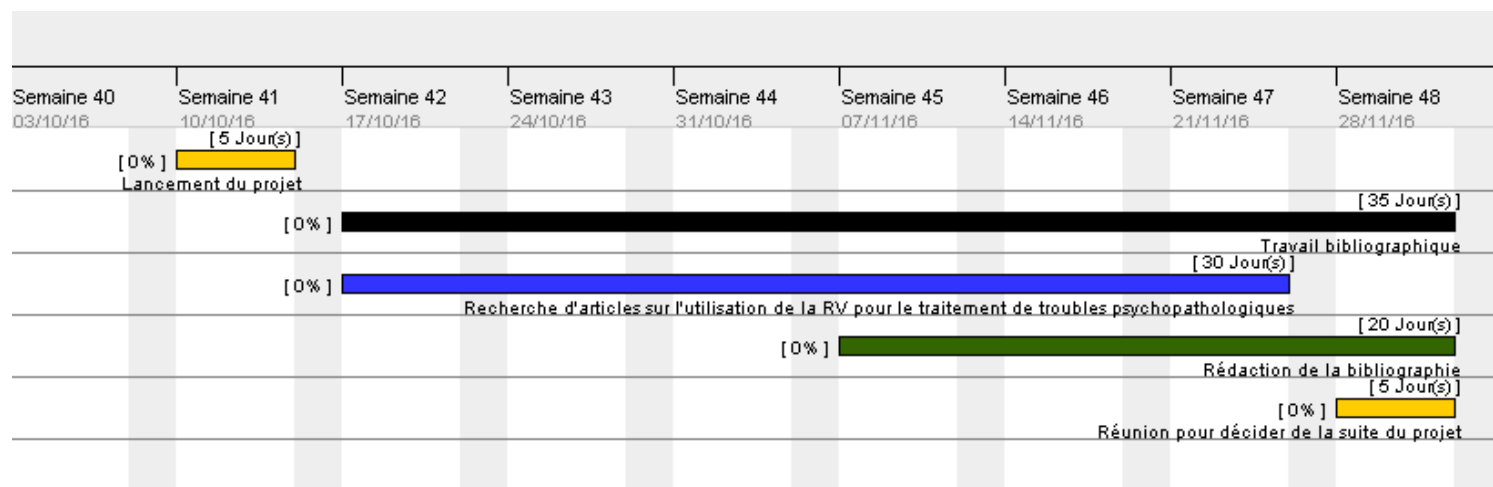


FIGURE C.1 – Planification prévisionnelle de la phase I

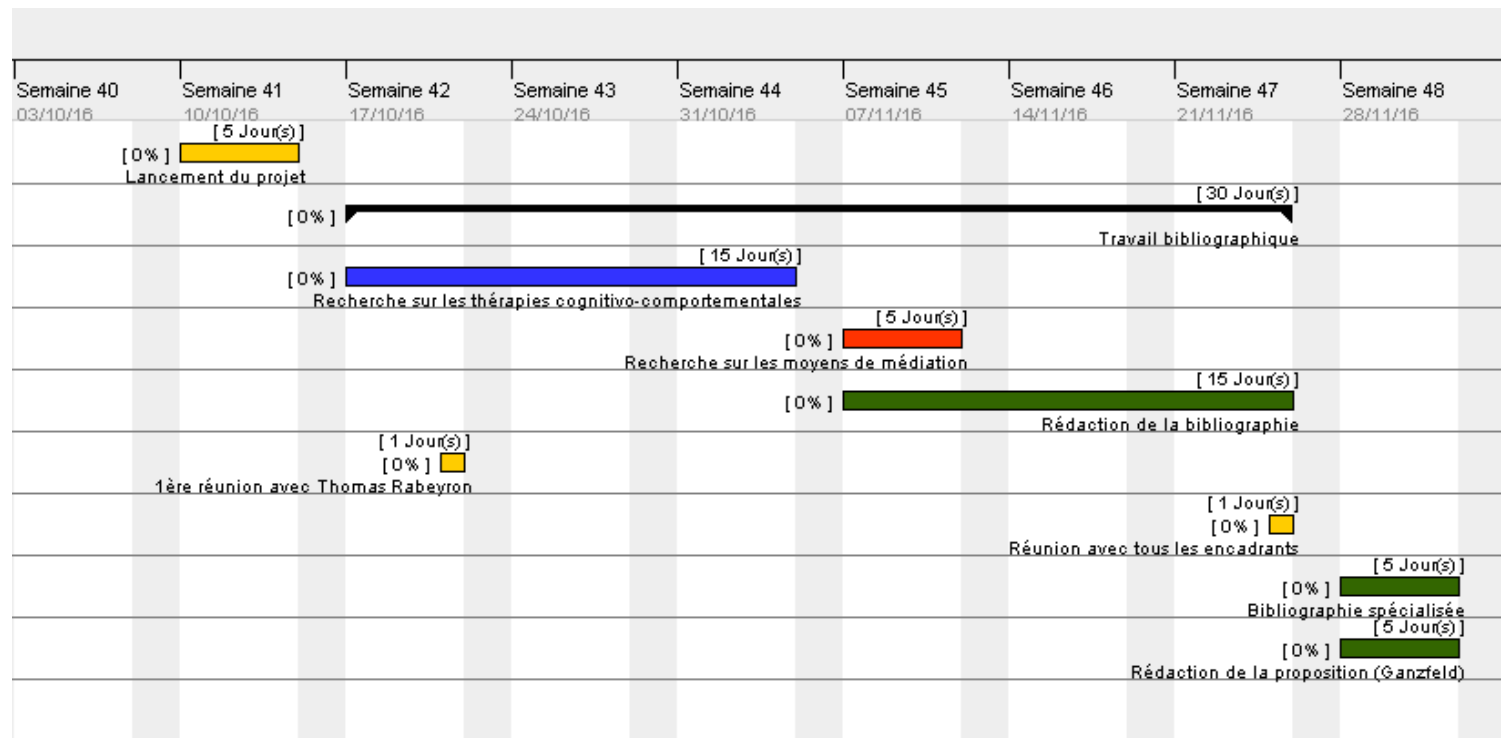


FIGURE C.2 – Planning effectif de la phase I

ment et pouvoir développer plus facilement notre solution. Nous commencerons ensuite à rechercher et créer la partie graphique de nos environnements, tout en effectuant des recherches sur les moyens d'intégrer les signaux physiologiques nécessaires à la rétroaction biologique à Unity3D. En parallèle, nous développerons l'environnement dédié spécifiquement au Ganzfeld, qui ne devrait pas être compliqué à créer, étant simplement un champ visuel uniforme sur lequel nous diffusons un bruit blanc. Nous nous attaquerons ensuite à la partie client/serveur et à l'interface pour le thérapeute (le thérapeute et le patient seront dans des scènes différentes, mais seront connectés). Cette partie devrait prendre un certain temps, constituant le coeur de l'interaction entre le thérapeute et le patient. Enfin, nous effectuerons une réunion pour présenter notre prototype, pouvoir commencer les expérimentations et améliorer l'application grâce au retour de Thomas Rabeyron et Olivier Charlet. Après cette phase, nous nous chargerons de traiter les résultats des expériences qui auront été conduites.

Les figures C.4, C.5 et C.6 présentent le planning que nous avons réalisé sur la phase II. Une première différence que l'on peut constater entre le planning prévisionnel et le planning réalisé est la durée d'apprentissage d'Unity. En effet, nous avons un peu sous-estimé cette durée car il nous a fallu environ 15 jours pour apprendre Unity, au lieu des 10 jours prévus. En revanche, nous avons tenu les délais pour la création de la première version de notre application. On peut en effet constater sur le planning prévisionnel et le planning réalisé que le développement du coeur de l'application devait s'étendre sur

les semaines 50, 51, 52 et une (figure C.4). Ensuite, on peut voir que le temps d'amélioration de l'application a été plus long que prévu (deux semaines sur le planning prévisionnel contre trois sur le planning réalisé). Cela est sans doute dû au fait que nous ayons choisi d'adopter un développement en mode agile pour améliorer l'application (figures C.5 et C.6). Les trois semaines d'amélioration ont donc été rythmées par des réunions avec nos encadrants et Thomas Rabeyron pour apporter au fur et à mesure des correctifs à notre application. Le processus d'amélioration de notre application ayant pris plus de temps que prévu, il ne nous restait plus qu'une semaine pour mettre en place notre expérimentation. Avec un peu de recul, nous pensons qu'il aurait été judicieux de procéder à l'expérimentation plus tôt (au moins d'une semaine) pour avoir le temps d'apporter les correctifs aux problèmes alors détectés. Enfin, nous avons pris une semaine pour finir la rédaction du rapport, tâche que nous avions oublié d'inclure dans le planning prévisionnel (figure C.6).

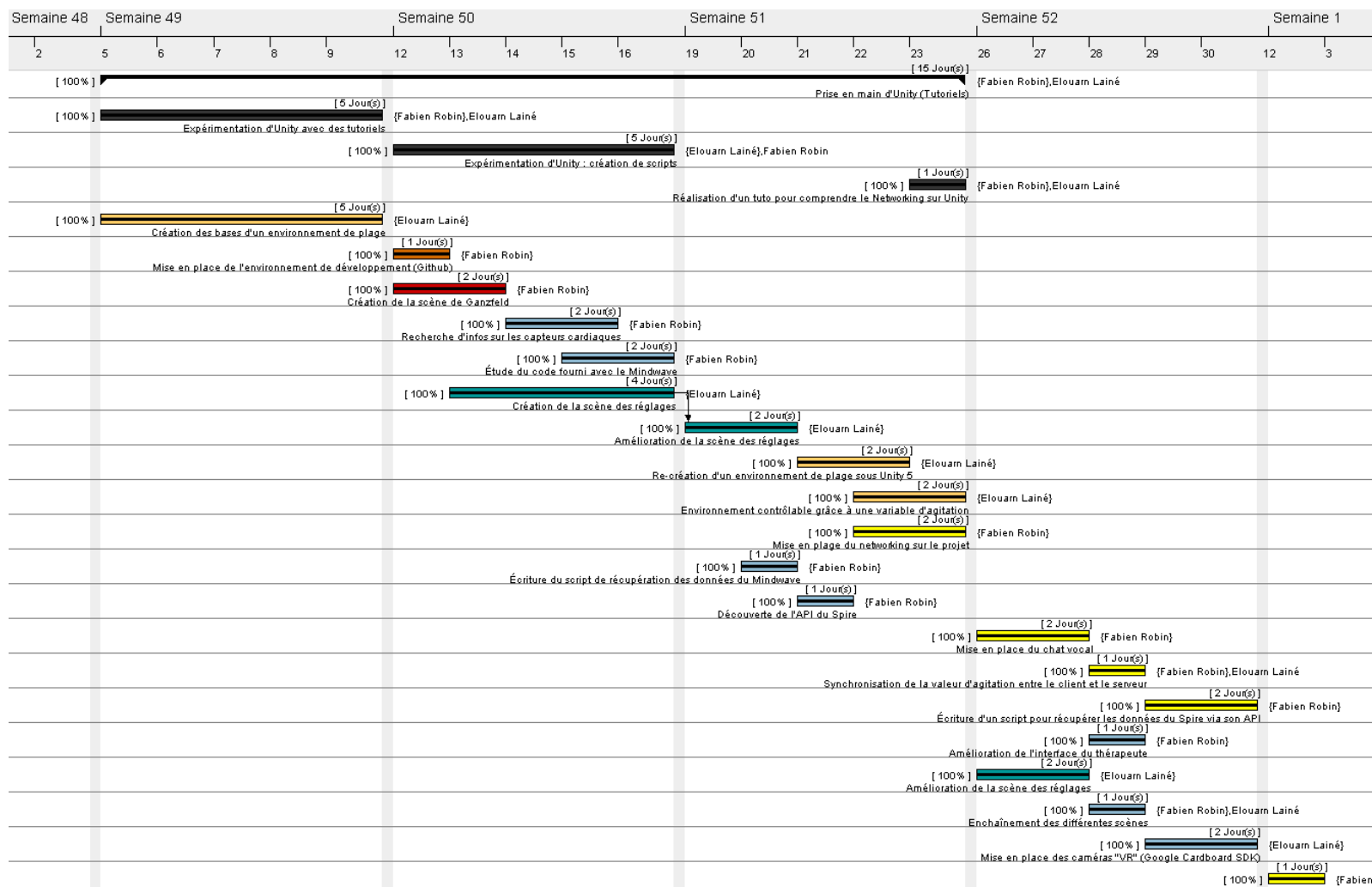


FIGURE C.4 – Planning effectif de la phase II (1/3)

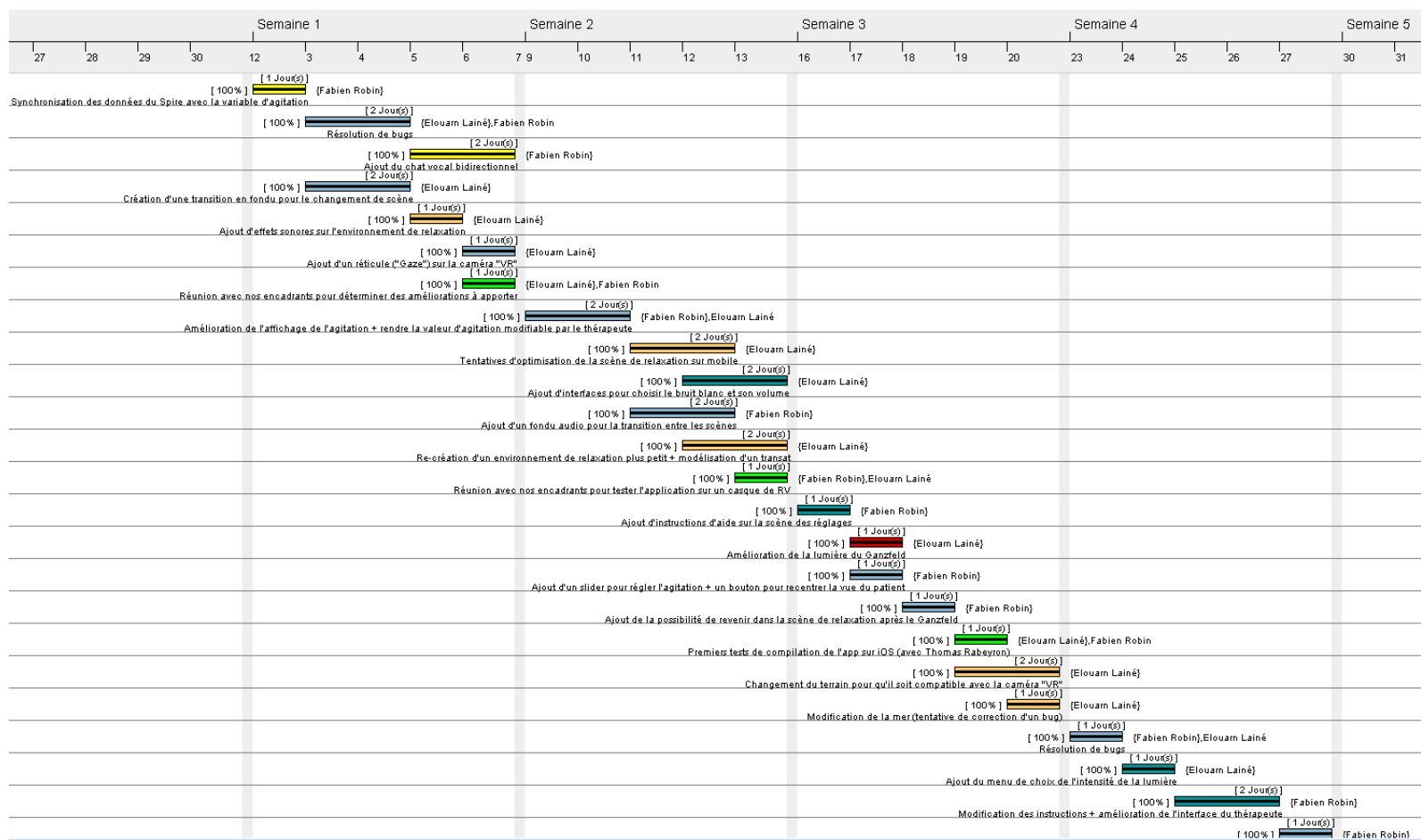


FIGURE C.5 – Planning effectif de la phase II (2/3)

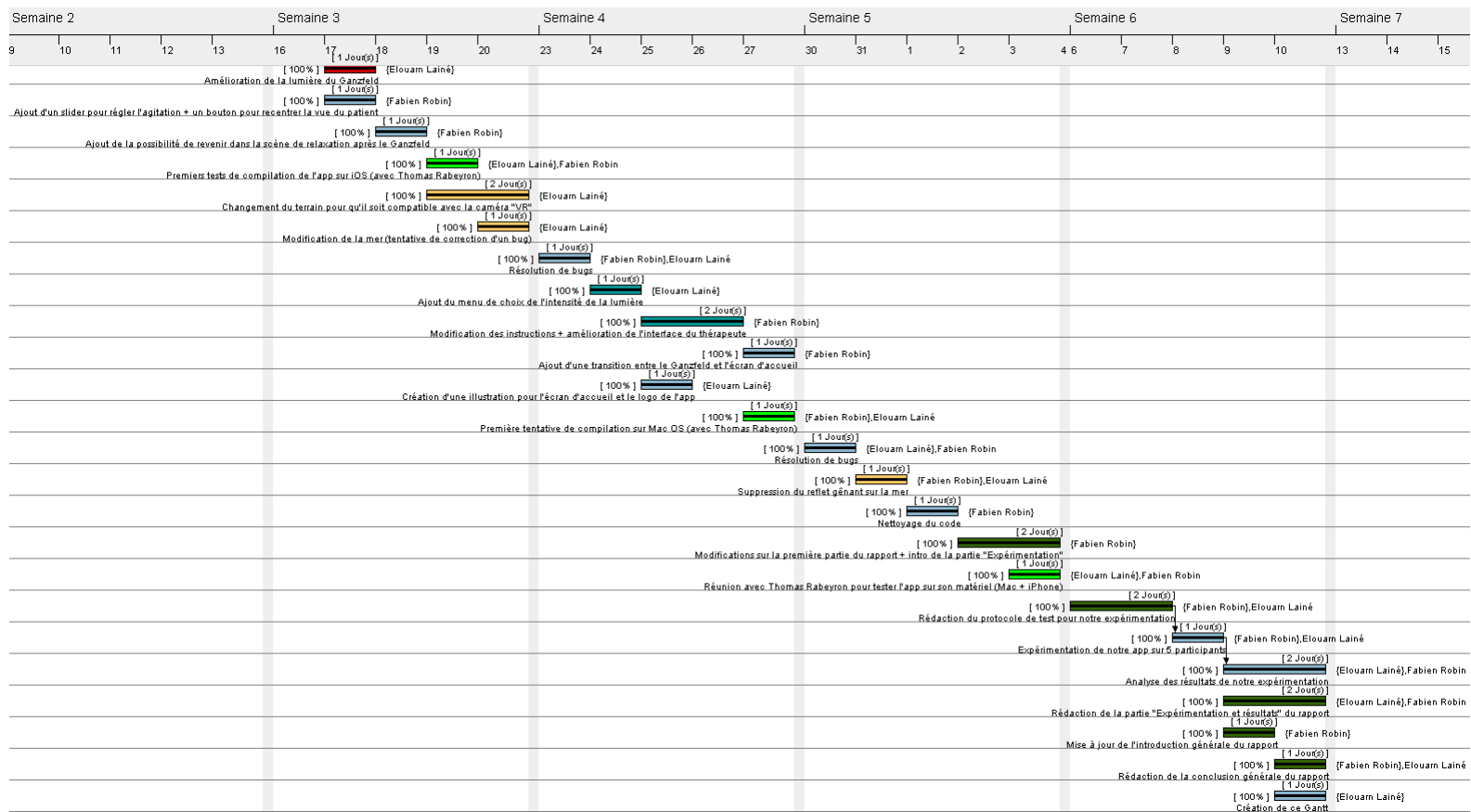


FIGURE C.6 – Planning effectif de la phase II (3/3)



Fiches de suivi

Fiche de suivi de la semaine 1 du 10 octobre 2016 au 16 octobre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 2 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 2 h 15 m

Travail effectué.

- Rédaction du compte-rendu de la réunion de lancement ;
- Lecture et recherche d'articles scientifiques traitant de l'utilisation de la réalité virtuelle pour le traitement de différents troubles cognitifs (troubles anxieux, phobies, stress post-traumatique). Cela va nous permettre d'étudier la méthodologie utilisée pour le traitement de ces troubles. (une dizaine d'articles trouvés).

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion de lancement ;
- Demande de rendez-vous avec Thomas RABEYRON afin de discuter du type de psychopathologies pour lesquelles il souhaite utiliser le traitement via

réalité virtuelle et pour mieux préciser ce qu'il attend de nous.

Planification pour la semaine prochaine.

- Lecture des articles trouvés cette semaine afin de commencer l'étude bibliographique ;
- Trouver de nouveaux articles, peut-être sur des études françaises ;
- Installation des différents outils pour nous aider dans la lecture d'articles.

Fiche de suivi de la semaine 2 du 17 octobre 2016 au 23 octobre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 6 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 6 h 00 m

Travail effectué.

Cette semaine, nous avons commencé la lecture des articles sélectionnés la semaine passée. Nous avons pour le moment lu 4 articles et fait les fiches de lecture correspondantes. Les articles lus cette semaine étaient tous en rapport avec le traitement de troubles psychopathologiques grâce à l'Exposition par Réalité Virtuelle (trouble post traumatique, arachnophobie, claustrophobie, peur de l'avion). Les résultats des études de traitement grâce à l'Exposition par Réalité Virtuelle (ERV) sont très encourageants. En effet, dans la plupart des cas les thérapies d'ERV sont toutes aussi efficaces que les thérapies par exposition in vivo (exposition réelle). Enfin, nous en avons appris davantage sur les différents champs d'application de la RV pour traiter les psychopathologies lors de notre réunion avec Thomas Rabeyron.

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec Thomas Rabeyron ;
- Clarification du sujet avec M.Rabeyron : champs d'application de la RV pour le traitement des psychopathologies (exposition, médiation...) ;
- Prise de contact avec les deux étudiants en psychologie (Fernanda Jardon et Olivier Charlet).

Planification pour la semaine prochaine.

- Poursuivre la bibliographie en lisant d'autres articles ;
- Rechercher d'autres articles en lien avec notre projet ;
- Commencer à rédiger le rapport.

Fiche de suivi de la semaine 3 **du 31 octobre 2016 au 6 novembre 2016**

Temps de travail de Fabien ROBIN: 9 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 7 h 30 m

Travail effectué.

- Lecture d'articles sur l'utilisation de la VR pour le traitement de différents troubles et addictions ;
- Rédaction de 7 fiches de lecture associées à ces articles ;
- Rédaction de l'introduction du rapport (Contexte, Problématique, Objectifs).

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec Toinon VIGIER pour effectuer un compte-rendu de la réunion avec Thomas RABEYRON

Planification pour la semaine prochaine.

- Début de la rédaction de l'état de l'art ;
- Lecture de nouveaux articles, notamment sur l'utilisation de la VR comme moyen de médiation entre les patients et le thérapeute.

Fiche de suivi de la semaine 4 **du 7 novembre 2016 au 11 novembre 2016**

Temps de travail de Fabien ROBIN: 6 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 3 h 45 m

Travail effectué.

- Début de la rédaction de l'état de l'art (traitement des phobies et des troubles anxieux par la Réalité Virtuelle) ;
- Recherche et lecture d'articles sur les thérapies de médiation par la RV ;
- Mise en place de l'environnement (sharelatex.com) pour un travail collaboratif sur le rapport ;

Échanges avec le commanditaire.

—

Planification pour la semaine prochaine.

- Poursuivre la rédaction de l'état de l'art : traitement des addictions par la RV, médiation par la RV ;
- Lecture de nouveaux articles, notamment sur l'utilisation de la RV comme moyen de médiation ;

- Recherche d'articles sur la communication au sein d'un environnement virtuel ;
- Rédaction de l'état de l'art : fin de la partie sur l'utilisation de la RV comme moyen de traitement des psychopathologies ;
- Recherche d'environnements virtuels libres et utilisables, dans les articles déjà traités et plus généralement dans d'autres articles : tous les environnements semblent développés en interne et non disponibles au public.

Travail non effectué.

- Rédaction de la partie "la RV comme moyen de médiation" : difficulté à trouver des articles sur ce sujet peu abordé + peu de temps cette semaine avec le forum Atlantique et la simulation de gestion d'entreprise qui a demandé beaucoup de ressources.

Échanges avec le commanditaire.

—

Planification pour la semaine prochaine.

- Recherche et étude d'articles sur l'immersion en RV, la comparaison des casques fonctionnant avec un smartphone et des casques plus classique ;
- Rédaction de l'état de l'art : partie "La RV comme moyen de médiation", création d'un tableau indiquant les différents casques utilisés sur les articles étudiés.

Fiche de suivi de la semaine 5

du 14 novembre 2016 au 18 novembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 6 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 4 h 45 m

Travail effectué.

- Rédaction de 3 fiches de lecture (la RV pour l'addiction au jeu, la RV comme moyen de médiation) ;

Fiche de suivi de la semaine 6
du 21 novembre 2016 au 26 novembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 6 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 5 h 45 m

Travail effectué.

- Recherche d'articles sur les médiations thérapeutiques en RV ;
- Rédaction de la partie "La réalité virtuelle : un outil de communication" portant sur les thérapies de médiation en RV ;
- Recherche d'articles sur les logiciels existants pour les thérapies cognitives en RV ;
- Rédaction de la partie "Logiciels existants pour le traitement de pathologies en réalité virtuelle" ;
- Rédaction d'une fiche de lecture sur les environnements RV déjà disponibles ;

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec les encadrants, Thomas et Olivier : Définition du scénario que l'on va mettre en place. Notre but est donc de créer un "Ganzfeld" en RV s'appuyant sur les biofeedbacks du patient et étant contrôlable à distance par le thérapeute.

Planification pour la semaine prochaine.

- Poursuivre la rédaction de l'état de l'art : rétroaction biologique pour détecter le stress/relaxation, environnements RV disponibles, stimulus pour relaxer
- Lecture de nouveaux articles, notamment sur l'utilisation de la RV comme moyen de médiation ;

Fiche de suivi de la semaine 7
du 28 novembre 2016 au 2 décembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 12 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 10 h 00 m

Travail effectué.

- Recherche d'articles ;
- Rédaction de 2 fiches de lectures sur la rétroaction biologique et les applications de relaxation implémentant ce type de rétroaction ;
- Rédaction de la partie Proposition portant sur le Ganzfeld en RV ;
- Rédaction de la bibliographie spécifique à la proposition ;
- Finitions sur le rapport ;

Échanges avec le commanditaire.

—

Planification pour la semaine prochaine.

- Poursuivre la rédaction de la bibliographie spécifique à la proposition ;
- Prise en main d'Unity3D ;
- Création d'un premier environnement pour la relaxation ;

Fiche de suivi de la semaine 8
du 5 décembre 2016 au 9 décembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 8 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 7 h 45 m

Travail effectué.

- Préparation de la soutenance ;
- Prise en main d'Unity (expérimentation avec des tutoriels) ;
- Création des bases d'un environnement plage avec le moteur Unity ;

Échanges avec le commanditaire.

- Première soutenance du projet ;
- RDV pour discuter des capteurs de biofeedback et d'un plan plus approprié pour le rapport ;

Planification pour la semaine prochaine.

- Poursuivre la rédaction de la bibliographie spécifique à la proposition (capteurs de biofeedback) ;
- Prise en main d'Unity3D ;
- Recherche de capteurs sur lesquels on pourrait récupérer les données en temps réel ;

Fiche de suivi de la semaine 9
du 12 décembre 2016 au 16 décembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 8 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 8 h 30 m

Travail effectué.

- Mise en place de l'environnement de développement (git, Unity) ;
- Création de la phase de Ganzfeld sous Unity ;
- Recherche d'informations sur la possibilité d'utiliser des capteurs cardiaques présents sur le marché (bracelets connectés notamment) ;
- Étude du code fourni avec le Mindwave pour récupérer l'état de relaxation du patient ;
- Prise en main d'Unity (Création de scripts...) ;
- Création de la salle d'accueil (Choix couleur / Environnement relaxant) ;

Échanges avec le commanditaire.

- Récupération du Mindwave et de Spire + accès à l'API ;

Planification pour la semaine prochaine.

- Écriture de scripts pour récupérer les données du Mindwave et de Spire sous Unity ;
- Création de l'architecture client/serveur sous Unity ;
- Re-création d'un environnement relaxant sous Unity5 ;

Fiche de suivi de la semaine 10
du 19 décembre 2016 au 23 décembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 13 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 10 h 30 m

Travail effectué.

- Amélioration de l'environnement d'accueil (choix couleurs prédéfinies);
- Re-création d'un environnement plage sous Unity5;
- Agitation de l'environnement contrôlable par le biais d'une variable (mouvement de la mer et des arbres, éclairage de la scène, vitesse des nuages);
- Réalisation d'un tuto pour comprendre le networking sur Unity;
- Mise en place du networking sur le projet;
- Écriture d'un script sur Unity pour récupérer les valeurs de méditation du Mindwave (non testé);
- Découverte de l'API du Spire;

Échanges avec le commanditaire.

—

Planification pour la semaine prochaine.

- Travail sur le networking du projet (patient/thérapeute);
- Ajout d'effets sonores (vent, mer) sur l'environnement de relaxation;

Fiche de suivi de la semaine 11
du 26 décembre 2016 au 30 décembre 2016

Temps de travail de Fabien ROBIN: 15 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 14 h 00 m

Travail effectué.

- Mise en place d'un chat vocal pour que le thérapeute puisse parler au patient;
- Synchronisation de la valeur d'agitation de l'environnement entre le client et le serveur;
- Écriture d'un script pour récupérer le rythme respiratoire du patient via l'API Spire;
- Amélioration de l'interface du thérapeute (choix des bruits blancs, bouton pour passer de la phase de relaxation à la phase de Ganzfeld);
- Finalisation de la scène d'accueil (choix des couleurs);
- Enchaînement des différentes scènes;
- Mise en place des caméras "VR" (utilisation du SDK Google Cardboard);

Planification pour la semaine prochaine.

- Liaison du rythme respiratoire avec la variable d'agitation;
- Test du script pour récupérer les valeurs de méditation du Mindwave;
- Ajout d'effets sonores (vent, mer) sur l'environnement de relaxation;
- Optimisation de l'application sur Android;
- Création d'une transition entre l'environnement de relaxation et la phase de Ganzfeld;

Fiche de suivi de la semaine 12
du 02 janvier 2017 au 06 janvier 2017

Temps de travail de Fabien ROBIN: 20 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 16 h 00 m

Travail effectué.

- Synchronisation de la valeur respiratoire du Spire avec la variable d'agitation de l'environnement ;
- Résolution de divers gros bugs (Blocage de la caméra du thérapeute, déconnexions, Manifest Android, etc.) ;
- Ajout du chat vocal bidirectionnel pour que le patient puisse également parler au thérapeute ;
- Ajout du chargement des bruits blancs à la connexion du patient pour éviter un freeze au milieu de l'application et une désynchronisation de la réception des voix sur le chat vocal ;
- Création d'une transition (fondu) entre l'environnement de relaxation et la phase de Ganzfeld ;
- Ajout d'effets sonores (vent, mer) sur l'environnement de relaxation ;
- Ajout d'un réticule sur la caméra VR ;

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec nos encadrants, Thomas Rabeyron et Fernanda Jardon pour déterminer les améliorations à effectuer sur notre application.

Planification pour la semaine prochaine.

- Ajout de la fonctionnalité d'enregistrement de la voix du patient ;

- Ajout des menus de sélection du bruit blanc et du volume ;
- Amélioration de la clarté des menus (instructions, taille des boutons etc.) ;
- Possibilité d'ajuster l'agitation manuellement (pour le thérapeute) ;

Fiche de suivi de la semaine 13
du 09 janvier 2017 au 13 janvier 2017

Temps de travail de Fabien ROBIN: 13 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 13 h 00 m

Travail effectué.

- Amélioration de l'affichage de l'agitation + possibilité de rendre la valeur modifiable par le thérapeute ;
- Tentatives d'optimisation de la scène de relaxation sur mobile ;
- Ajout du menu de choix du bruit blanc + volume pour le patient ;
- Ajout d'un fading audio pour les transitions entre les scènes ;
- Re-crédation d'une île plus petite (pour des meilleures performances) + ajout d'un transat ;

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec nos encadrants pour tester l'applica-

tion avec un casque de RV ;

Planification pour la semaine prochaine.

- Ajout des instructions dans les menus ;
- Compilation sur iOS ;
- Point d'accroche visuel dans la scène de relaxation (bateau) ;
- Couleurs plus intenses dans la scène de choix des couleurs ;
- Ajouter des détails sur la plage (scène relaxation) ;

Fiche de suivi de la semaine 14 du 16 janvier 2017 au 20 janvier 2017

Temps de travail de Fabien ROBIN: 11 h 45 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 15 h 30 m

Travail effectué.

- Ajout d'instructions pour le patient sur les menus ;
- Ajout d'un slider pour modifier la valeur d'agitation et d'un bouton pour recentrer la caméra, sur l'interface du thérapeute ;
- Ajout d'une transition pour passer de la phase de Ganzfeld à la phase de relaxation ;
- Compilation de l'application sur l'Iphone de Thomas Rabeyron ;
- Changement du terrain pour qu'il soit compatible avec la direction initiale de la caméra ;

- Changement du préfab "eau" pour simuler la mer ;

Échanges avec le commanditaire.

- Compilation de l'application sur l'Iphone de Thomas Rabeyron ;

Planification pour la semaine prochaine.

- Ajout de la possibilité de choisir l'intensité de la lumière du Ganzfeld ;
- Proposer des rendus de sphère différents pour le Ganzfeld (wireframe, couleur uniforme, lumière ponctuelle) ;
- Augmenter le volume du chat par rapport au volume du son "bruit blanc" ;
- Enlever l'UI du lecteur Google VR (si possible) ;

Fiche de suivi de la semaine 15 du 23 janvier 2017 au 27 janvier 2017

Temps de travail de Fabien ROBIN: 7 h 30 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 9 h 00 m

Travail effectué.

- Résolution de bugs (modification du volume) ;
- Ajout d'un menu de choix de l'intensité de la lumière du Ganzfeld ;
- Ajout d'une transition pour passer de la phase de Relaxation au menu de départ, à la fin de la séance de Ganzfeld ;

- Modifications sur l'interface du thérapeute, notamment les valeurs d'agitation et du rythme respiratoire qui sortaient du cadre en basse résolution + suppression de la barre d'agitation côté patient ;
- Modification des instructions dans les menus et remplacement de certains bruits blancs trop agressifs ;
- Désactivation de l'interface du player Google VR (barre blanche + icône des réglages) ;
- Création d'une illustration pour l'écran d'accueil de l'application ;

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec Thomas Rabeyron pour tenter de lancer l'application sur Mac et pour contrôler l'application : nous devons y retourner la semaine prochaine, car il faut qu'Unity soit installé sur sa machine ;

Planification pour la semaine prochaine.

- Reflet gênant sur la mer à supprimer ;
- Créer un bouton pour passer de la phase de Ganzfeld à la phase d'accueil ;

Fiche de suivi de la semaine 16
du 30 janvier 2017 au 03 février 2017

Temps de travail de Fabien ROBIN: 10 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 5 h 00 m

Travail effectué.

- Résolution de bugs ;
- Suppression du reflet gênant sur la mer (solution temporaire) ;
- Création d'un bouton pour passer de la scène de Ganzfeld à la scène d'accueil ;
- Nettoyage du code ;
- Modifications apportées sur la première partie du rapport et rédaction de l'introduction de la partie "Expérimentations" sur le rapport ;

Échanges avec le commanditaire.

- Réunion avec Thomas Rabeyron pour compiler l'application sur Mac grâce à Unity et tests de l'application sur son matériel (Mac + iPhone 6) ;

Planification pour la semaine prochaine.

- Mener une expérimentation sur 4/5 personnes afin d'avoir un retour sur l'expérience utilisateur de l'application ;
- Rédaction de la fin du rapport ;

Fiche de suivi de la semaine 17
du 06 février 2017 au 10 février 2017

Temps de travail de Fabien ROBIN: 25 h 00 m

Temps de travail de Elouarn LAINÉ: 20 h 00 m

Travail effectué.

- Rédaction d'un protocole de test pour notre expérimentation ;
- Expérimentation de notre application sur 5 participants ;
- Analyse des résultats de notre expérimentation ;
- Rédaction de la partie "Expérimentation et résultats" du rapport ;
- Mise à jour de l'introduction générale du rapport ;
- Rédaction de la conclusion générale du rapport ;
- Création du Gantt réalisé de la phase II ;

Échanges avec le commanditaire.

—

Planification pour la semaine prochaine.

- Nettoyage du code ;
- Finir de rédiger la partie sur "l'architecture de notre application" ;
- Rédiger un manuel utilisateur pour le thérapeute ;

Le tableau [D.1](#) récapitule le taux d'avancement du projet. Rappelons que le temps de travail théorique *minimal* correspond au temps indiqué sur la maquette pédagogique auquel on ajoute un strict minimum de 20 % correspondant au travail personnel hors emploi du temps. La partie « haute » de la fourchette correspond à 50 % de temps supplémentaire au titre du travail personnel.

Semaine	Temps prévu		Fabien ROBIN			Elouarn LAINÉ		
	bas	haut	hebdo.	Σ	%	hebdo.	Σ	%
	h : m	h : m	h : m	h : m		h : m	h : m	
1	10 : 00	12 : 30	2 : 30	2 : 30	25 (20)	2 : 15	2 : 15	22 (18)
2	20 : 00	25 : 00	6 : 00	8 : 30	42 (34)	6 : 00	8 : 15	41 (33)
3	30 : 00	37 : 30	9 : 30	18 : 00	60 (48)	7 : 30	15 : 45	52 (42)
4	40 : 00	50 : 00	6 : 00	24 : 00	60 (48)	3 : 45	19 : 30	48 (39)
5	50 : 00	62 : 30	6 : 30	30 : 30	61 (48)	4 : 45	24 : 15	48 (38)
6	60 : 00	75 : 00	6 : 00	36 : 30	60 (48)	5 : 45	30 : 00	50 (40)
7	70 : 00	87 : 30	12 : 30	49 : 00	70 (56)	10 : 00	40 : 00	57 (45)
8	80 : 00	100 : 00	8 : 30	57 : 30	71 (57)	7 : 45	47 : 45	59 (47)
9	90 : 00	112 : 30	8 : 30	66 : 00	73 (58)	8 : 30	56 : 15	62 (50)
10	100 : 00	125 : 00	13 : 00	79 : 00	79 (63)	10 : 30	66 : 45	66 (53)
11	110 : 00	137 : 30	15 : 00	94 : 00	85 (68)	14 : 00	80 : 45	73 (58)
12	120 : 00	150 : 00	20 : 00	114 : 00	95 (76)	16 : 00	96 : 45	80 (64)
13	130 : 00	162 : 30	13 : 30	127 : 30	98 (78)	13 : 00	109 : 45	84 (67)
14	140 : 00	175 : 00	11 : 45	139 : 15	99 (79)	15 : 30	125 : 15	89 (71)
15	150 : 00	187 : 30	7 : 30	146 : 45	97 (78)	9 : 00	134 : 15	89 (71)
16	160 : 00	200 : 00	10 : 00	156 : 45	97 (78)	5 : 00	139 : 15	87 (69)
17	170 : 00	212 : 30	25 : 00	181 : 45	106 (85)	20 : 00	159 : 15	93 (74)

TABLE D.1 – Avancement du projet par rapport au temps de travail théorique minimal (respectivement haut)



Auto-contrôle et auto-évaluation

PRD	Prénom	Nom
Binôme 1	Elouarn	Lainé
Binôme 2	Fabien	Robin

PROPOSITION DE NOTE (I)		#DIV/0 !
PROPOSITION DE NOTE (II)		#DIV/0 !
NOTE PROJET		#NOM ?

Phase I : Etude préalable, étude bibliographique et conception générale

Notation			
A Maîtrise dans l'application du savoir-faire requis			
B Application du savoir-faire requis			
C Insuffisances, lacunes à corriger dans l'application du savoir-faire requis <i>a minima</i>			
D Insuffisances flagrantes, inacceptables, voire travail absent			
A	B	C	D

Remarque / Note / Commentaire			

Rapport	Organisation	Plan	Equilibre

Proposition de note haute		17,34
Proposition de note basse		12,34
Proposition de note du jury		

Projection	Organisation	Plan	

Proposition de note haute		0,00
Proposition de note basse		0,00
Proposition de note du jury		

Travail	Etude	Bibliographie	Adéquate

Proposition note haute		12,42
Proposition note basse		7,88
Proposition de note du jury		

FIGURE E.1 – Auto-évaluation pour la phase I

[illegible]

111



Annexes

Lien github de notre projet :
https://github.com/fabienrob44/Pred_unity

F.1 Architecture de notre application

Nous allons ici parler de l'architecture de notre application, quels éléments la composent, comment ils s'articulent et nous détaillerons certains composants un peu complexes.

F.1.1 Synchronisation réseau

La synchronisation réseau est l'un des points clé de notre application. Nous avons placé un Network Manager dans la toute première scène (la scène "Menu"), qui s'occupe de gérer le réseau. Nous avons créé une interface pour gérer la connexion (un bouton pour l'hôte, un pour le client et un champ pour l'adresse IP) : chaque bouton est relié à la fonction correspondante dans le script NetworkManagerCustom.

L'un des points particuliers est que nous avons 2 prefabs "Player" différents : un pour le thérapeute et l'autre pour le patient (la patient pouvant bouger la tête comme il le souhaite et la caméra du thérapeute suivant la caméra du patient). Nous avons donc eu besoin d'implémenter les événements *OnClientConnect* et *OnServerAddPlayer*. Lors de la connexion d'une application au réseau, ces deux événements sont appelés et la variable *chosenCharacter* est lue : elle permet de faire apparaître le GameObject Player correspondant dans la liste des prefabs du Network Manager, selon la qualité de la personne se connectant (thérapeute ou patient).

Nous avons ainsi un prefab *Patient* et un prefab *Therapist*, sur lesquels sont respectivement implémentés un script *PatientController* et *TherapistController*. La gestion de la caméra se fait dans le script *CameraFollow* dont l'attribut *playerTransform* est la caméra du côté client (la caméra du patient suit le GameObject du patient) et le transform du thérapeute du côté hôte (de manière à ce que la caméra de l'hôte suive la caméra du client).

Un certain nombre de paramètres sont initialisés dans les événements *OnStartLocalPlayer* des scripts attachés aux prefabs du patient et du thérapeute, comme le paramétrage des fondus ou la gestion de la caméra et l'activation ou non de certains composants spécifiques à certaines scènes.

F.1.2 Chat vocal

Le chat vocal est géré par un plugin que nous avons intégré à l'application. Il est lancé à la création du client et de l'hôte dans les fonctions *OnStartClient* et *OnStartServer* du script *NetworkManagerCustom*. Les interfaces liées à ce chat vocal sont les suivantes :

- Le script *VoiceChatUiClient* pour le patient : il n'y a pas d'interface affichée à proprement parler, mais c'est dans ce script qu'est choisi le microphone à utiliser (celui par défaut) et que l'enregistrement est lancé.
- Le script *VoiceChatUi* pour le thérapeute : c'est dans ce script qu'est géré l'interface de choix du microphone à utiliser et le lancement ou l'arrêt de l'enregistrement. C'est également ici qu'est géré le mode de communication : détection automatique de la parole, laisser une touche enfoncée pour parler, où activer/désactiver la transmission à l'aide d'une touche.

F.1.3 Scène "HomeRoom"

La scène "HomeRoom" correspond à la scène de choix des réglages pour le Ganzfeld. Tous les GameObjects

représentant les boutons présents dans la scène sont des enfants du GameObject *home*. Pour que tout n'apparaisse pas en même temps, nous désactivons les objets ne devant pas apparaître, puis nous les réactivons lorsqu'ils doivent apparaître.

Par exemple, au démarrage de la scène nous désactivons tout sauf *Instructions depart* et *button_OK*. Ensuite, une fois que le bouton OK est activé, nous désactivons les instructions et activons les boutons de choix des couleurs. Cette gestion des objets à afficher est effectuée dans le script attaché au bouton OK *HandleOK*.

Les autres boutons (choix du bruit blanc, volume, couleur, intensité) possèdent tous un script attaché permettant de gérer leur animation (lorsque le réticule passe dessus). Lorsqu'ils sont activés, ces boutons vont stocker la variable associée dans des attributs du script *PatientController* (par exemple la couleur, le volume etc.). Ainsi, comme le GameObject du patient n'est pas détruit entre chaque scène, ces valeurs sont conservées jusqu'à la phase de Ganzfeld où elles seront utilisées.

F.1.4 Scène "RelaxingEnv1"

La création de la scène de relaxation a été un peu spéciale. En effet, il a fallu prendre en considération l'orientation initiale non modifiable de la caméra "VR" (soit 0° sur les 3 axes) pour construire le *Terrain* (GameObject *Terrain2*, enfant du GameObject *map*). Pour notre environnement de plage, le but était que le patient fasse face à

la mer. Nous avons donc construit cet environnement de telle sorte à ce que, dans son état initial, la caméra "VR" soit face à la mer.

Pour faire de la rétroaction biologique, nous avons besoin de créer un environnement réagissant à l'état émotionnel du patient. Le script *MapBehaviour* créé à cet effet est contenu dans le prefab du *Patient*. Ce script, propre au patient, possède une variable *agitation* synchronisée sur le réseau. Cette variable, représentative du niveau de stress du patient, est comprise entre 0 et 1 (0 étant l'état calme et 1 l'état d'agitation maximale). La fonction *setAgitation()* du script *MapBehaviour*, gérant l'agitation du décor, permet : de faire varier la vitesse d'animation du balancement des arbres et de la mer ainsi que la luminosité du soleil.

F.1.5 Interface du thérapeute

L'interface du thérapeute (affichage des valeurs d'agitation/rythme respiratoire, gestion de l'agitation, boutons pour changer de phase et pour recentrer la caméra) est gérée dans le script *TherapistUI*, qui est ajouté au Network Manager à la connexion de l'hôte.

La fonction *BiofeedbackWindow* affiche les valeurs d'agitation et du rythme respiratoire ainsi que l'interface de contrôle de l'agitation lorsque la scène courante est l'environnement relaxant.

La fonction *GanzfeldWindow* gère le bouton de retour dans la phase de relaxation lorsque l'on est dans le *Ganzfeld*, et *GanzfeldWindow2* gère le bouton de retour à l'ac-

cueil, dans cette même scène.

Dans la scène de relaxation, c'est la fonction *Window* qui gère l'affichage du bouton de passage à la scène suivante.

F.1.6 Récupération des valeurs du Spire

Comme expliqué en 4.1.3, nous récupérons les valeurs de respiration via l'API publique de *spire.io*. L'URL de récupération des données est de type `https://app.spire.io/api/v2/streaks?access_token=41d2f-adfdc8bf540f4dfe16f1c15e1ddc8db91b2469aaee5cd95fa-550c6e4e5e`, *access_token* étant un identifiant lié au compte créé sur l'application Spire. Pour obtenir cet identifiant, il faut entrer ses identifiants Spire [ici](#).

L'accès aux données de respiration par notre application est gérée dans le script *ReceiveSpire*. Il est possible de modifier le jeton d'accès en modifiant la valeur de l'attribut *accessToken*. Dans ce script, l'URL est appelée toutes les 15 secondes via la fonction *InvokeRepeating*. On récupère un tableau d'objets JSON. La valeur que l'on souhaite récupérer est la dernière valeur de respiration connue, à savoir l'attribut *sub_value* du premier objet du tableau étant de type *calm*, *sedentary* ou *focus*. Plus d'informations sur l'API publique et ce que contiennent les objet JSON sont disponibles sur [cette page](#).

On ne récupère la valeur de respiration que sur le serveur : l'accès à l'URL étant une opération synchrone, elle bloquerait l'écran du patient le temps de récupérer la valeur. Une fois obtenue, nous la normalisons entre 0 et 1,

ce qui nous donne la variable d'agitation de l'environnement de relaxation. Nous synchronisons enfin cette variable ainsi que le rythme respiratoire avec le client en utilisant l'attribut `SyncVar` sur ces valeurs et nous les affichons sur l'interface du thérapeute.

F.1.7 Scène "Ganzfeld"

La scène de Ganzfeld est simplement composée d'une grande sphère au centre de laquelle le patient est placé, avec une lumière ponctuelle. Comme expliqué en F.1.3, la couleur et l'intensité de la lumière sont récupérées à partir du script *PatientController*, tout comme le bruit blanc choisi et son volume.

Ce bruit blanc est joué à partir d'une source audio placée sur le patient. Le script *AudioController* qui y est attaché permet d'initialiser le clip audio avec celui choisi par le patient au départ. Le volume quand à lui, est géré directement dans le script *Fading*, qui effectue les fondus (audio et visuel) durant les transitions entre les scènes.

F.1.8 Fondu entre scènes

Afin d'avoir des transitions fluides et agréables, nous avons créé un système de fondu entre les scènes. Le script *Fading*, se chargeant des fondus, est situé sur la caméra principale des scènes *HomeRoom*, *RelaxingEnvl* et *Ganzfeld*. Ce script gère à la fois les fondus vidéos et les fondus audio grâce respectivement aux variables *alpha* et *volume*. Le fondu vidéo est réalisé dans la fonction

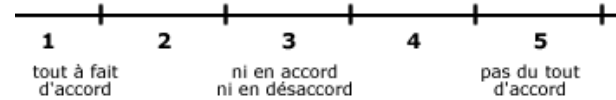


FIGURE F.1 – Échelle de Likert utilisée pour le questionnaire.

OnGUI() et consiste à dessiner une texture (*currentFadingTex*) par dessus l'interface graphique au moyen de la fonction *DrawTexture()*.

F.2 Questionnaire de l'expérimentation

Voici le questionnaire que nous avons utilisé pour faire évaluer notre application par les testeurs. Les questions marquées *Échelle de Likert* ont été répondues en utilisant l'échelle de la figure F.1.

F.2.1 Usabilité de l'interface de réglages

Voici les questions sur la partie facilité d'utilisation de l'interface de réglages :

1. L'activation des boutons est intuitive ("OK", boutons choix couleurs/sons). (*Échelle de Likert*)
2. Le choix des couleurs est facile. (*Échelle de Likert*)
3. Le réglage de l'intensité de l'éclairage est facile. (*Échelle de Likert*)

4. Le réglage de l'intensité de l'éclairage est précis.
(*Échelle de Likert*)
5. Le choix du son est intuitif. (*Échelle de Likert*)
6. Remédier à d'éventuelles erreurs n'est pas difficile.
(*Échelle de Likert*)
7. J'ai procédé aux réglages sans lire les instructions.
(*Échelle de Likert*)
8. Le réglage du volume est facile. (*Échelle de Likert*)

F.2.2 Évaluation de l'environnement de préparation au Ganzfeld

Voici les questions sur la partie d'évaluation de la capacité de l'environnement de préparation au Ganzfeld à apaiser les gens :

1. L'environnement de préparation au Ganzfeld est agréable à regarder. (*Échelle de Likert*)
2. Choisir l'adjectif qui permet de décrire le mieux votre état subjectif pendant cette étape :
 - relaxé
 - stressé
 - joyeux
 - calme
 - pensif
3. L'environnement de préparation est apaisant.
(*Échelle de Likert*)
4. Vous préférez un environnement :
 - Ensoleillé
 - Nuageux

- Nocturne
- Crépusculaire

F.2.3 Évaluation de l'environnement de Ganzfeld

Voici les questions sur la partie d'évaluation de la capacité de l'environnement de Ganzfeld à apaiser les gens :

1. Choisir l'adjectif qui permet de décrire le mieux votre état pendant cette étape :
 - relaxé
 - joyeux
 - calme
 - stressé
 - pensif
2. L'environnement Ganzfeld est apaisant. (*Échelle de Likert*)
3. Le bruit blanc joué pendant le Ganzfeld est :
 - agaçant
 - stressant
 - relaxant
 - endormant
 - stimulant
4. La lumière du Ganzfeld est :
 - stimulante
 - endormante
 - apaisante
 - gênante
 - stressante
5. Le retour vers l'environnement de préparation n'est pas brutal. (*Échelle de Likert*)

Nous avons terminé ce questionnaire par une discussion libre : "Décrivez-nous votre ressenti, vos pensées, comment vous avez agi pendant l'expérimentation au cours des différentes phases de l'application".