

Rapport de stage

Mélia Geoffrey

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DE JEUX VIDÉO SÉRIEUX À BUT THÉRAPEUTIQUE

ET ADAPTATION DE LA DIFFICULTÉ

TUTEUR UNIVERSITAIRE : VINCENT BOUDET

EFFECTUÉ CHEZ LA SOCIÉTÉ NATURALPAD
SOUS LA DIRECTION DE ANTOINE SEILLES



1



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Antoine Seilles pour avoir conçu et proposé un sujet de stage en accord à la fois avec les besoins de l'entreprise et mes affections, pour son aide avisée tout au long de ce stage ainsi que pour la confiance qu'il a mise en moi et en mon travail.

Je remercie aussi Inès Di Loretto qui, malgré la distance, m'a apporté de manière régulière et amicale son aide, son expérience de chercheuse, ses idées et son regard critique sur mon travail, et a su me guider et me faire poser les bonnes questions.

Merci à Sébastien Andary et Anthony Barreau pour avoir partagé leurs connaissances techniques et technologiques et contribué à améliorer mon travail. Merci aussi pour m'avoir soutenu et contribué au bon déroulement de mon stage.

Je remercie Nancy Rodriguez pour son suivi et conseils sur mon travail, dont l'oeil critique était le bienvenu.

Un grand merci à Didier Costeau¹, Karima Bahkti², Julien Métro³, Arnaud Dupeyron⁴ et Anaïs Ivorra⁵ pour m'avoir accordé leur temps et partagé leur expérience et connaissances médicales, sans lesquelles aucun travail n'aurait été possible, et de manière générale à tous les professionnels de la santé impliqués dans ce projet.

Merci enfin à toute l'équipe de NaturalPad et à Fabien Dutartre pour l'expérience humaine à laquelle ils m'ont fait participer durant ces six mois, quand travail et plaisir ne font plus qu'un.

1. Kinésithérapeute, en libéral à Montpellier

2. Kinésithérapeute au centre hospitalier de Lapeyronie, Montpellier

3. PhD student au laboratoire d'EUROMOV - Movement 2 Health

4. Docteur en médecine spécialisé dans la lombalgie, EUROMOV, Movement 2 Health

5. Ergothérapeute

Table des matières

Remerciements	2
I Rapport de stage	8
1 Introduction	8
1.1 Généralité	8
1.2 L'entreprise	8
1.2.1 Naturalpad	8
1.2.2 L'équipe	9
1.3 Hammer & Planks	13
2 Problématique	15
2.1 Sujet et objectifs initiaux	15
2.2 Contexte et besoins	15
2.3 Outils et méthodologie	16
2.3.1 Méthodologie	16
2.3.2 Outils	18
2.3.3 Veille	20
2.3.4 État de l'art et recherche documentaire	21
3 Backgroud	23
3.1 Jeux Vidéo	23
3.1.1 Définition d'un Jeu	23
3.1.2 Jeux vidéo et schémas comportementaux	25
3.1.3 L'état de flux ou expérience optimale	30
3.2 Jeux sérieux	32
3.2.1 Serious games et théories comportementales	32
3.2.2 Jeux sérieux thérapeutiques	33
3.3 Difficulté	33
3.3.1 Définition et propriétés	34
3.3.2 Types de difficulté	35
3.3.3 Pourquoi aime-t'on la difficulté ?	37
3.3.4 Difficulté dans les Serious Games	39
3.3.5 <i>Encart proposition</i>	
Proposition d'une nouvelle composante : la difficulté émotionnelle	40
3.4 Réhabilitation	42
3.4.1 Contexte socio-médical : connaître l'AVC	42

3.4.2	Enjeux et objectifs thérapeutiques de la réhabilitation	45
3.4.3	Cas de l'hémiplégie	46
3.4.4	La réhabilitation au quotidien	48
3.5	Système de recommandation	53
3.6	Méthodologies de conception	56
4	État de l'art	59
4.1	Théories psychologiques et comportementales dans les Serious Games	59
4.1.1	Théories comportementales dans un serious game éducatif .	59
4.1.2	Apprentissage et propriétés des jeux vidéo	60
4.2	Réhabilitation et serious games pour la santé	64
4.2.1	De nouvelles modalités pour la thérapie	64
4.2.2	Proposer des jeux adaptés	66
4.3	Ajustement de la difficulté	69
4.3.1	Objectifs et paramètres d'ajustement	69
4.3.2	Techniques d'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux .	71
4.4	Rééducation bimanuelle	76
4.5	Méthodes de conception	79
4.5.1	Innovation games	79
4.5.2	Impact mapping	79
5	Proposition	81
6	Réalisation	83
6.1	Interface thérapeutique pour l'ajustement de la difficulté de serious games	83
6.2	Conception	90
6.2.1	Ensemble d'outils d'aide à la conception de SG	90
6.2.2	Méthodologie de conception de SG	94
6.2.3	Différences et complémentarité des solutions	100
7	Perspectives	101
7.1	<i>Hammer & Planks</i> , un serious game modulable	101
7.2	Proposer un système de paramètres prédéfinis	102
7.3	Proposer un système de recommandation	102
7.4	Étendre et éprouver méthodologie et outils de conception	103
8	Conclusion	105
	Références	108

II Annexes	110
A Les différents types 'classiques' de Jeux Vidéo	110
B Esquisse d'énumération des éléments d'un jeu et association avec les théories cognitives et comportementales	114
C Proposition de contrôles naturels pour des jeux existants	118

Table des figures

1	Une partie de l'équipe de NaturalPad à Prades le Lez	9
2	Gagnants des e-virtuoses 2013 dans les différentes catégories.	14
3	Article de doctissimo sur les Serious game thérapeutiques.	14
4	Impression d'écran du jeu Hammer & Planks	14
5	Les méthodes agiles : un cycle semi-itératif	17
6	Logos de Redmine et Trello	18
7	Logo d'Unity3d	19
8	Logo de Play ! Framework	19
9	Logo de Git	20
10	Logos de BitBucket et Github	20
11	Utilisation d'un Leap Motion	21
12	Propriétés des jeux vidéo et leur définition. (1/2) [28]	26
13	Propriétés des jeux vidéo et leur définition. (2/2) [28]	27
14	Positionnement entre les humeurs et l'état de flux [Csikszentmihalyi, 1997][10]	31
15	Evolution de la difficulté d'un jeu au cours du temps	35
16	Dimensions de difficulté	36
17	Relation entre les principaux ressorts psychologiques d'un jeu vidéo	43
18	Techniques de recommandations [R. Burke, 2002] [?]	55
19	Allégorie d'un projet informatique	58
20	Lois de l'apprentissage dans les jeux vidéo, [Murphy, 2011][23]	62
21	Évolution idéale de la difficulté dans un SG [Rabin, 2005]	65
22	Gants multiarticulés P5 Gloves	66
23	Volant haptique pour xBox 360	66
24	Critères à remplir pour proposer un serious game adapté aux personnes âgées et aux personnes hémiplégiques[Flores et al, 2008][12]	67
25	Sous ensemble de la taxonomie proposée par Goude et al[16] sur les troubles moteurs	68
26	Axe scénaristique d'un jeu vidéo	70
27	Critères d'analyse des techniques d'adaptation [Hocine et al, 2011][18]	73
28	Carte d'impact	80
29	Interface thérapeutique au lancement d'une partie de H&P	83
30	Modifications de valeurs des paramètres du jeu H&P	83
31	Récapitulatif d'une session de jeu H&P	84
32	Visualisation des groupes de paramètres dans l'interface web	85
33	Interface thérapeutique et écran du jeu hammer & Planks	86
34	Séance de test du jeu Hammer & Planks au centre hospitalier de Lapeyronie	87
35	Listing et hiérarchisation des objectifs thérapeutiques moteurs	92

36	Ébauche de classification de différentes types d'objectifs thérapeutiques	92
37	Liste des objectifs issus de la séance de conception sur la verticalisation	95

Première partie

Rapport de stage

1 Introduction

1.1 Généralité

Ce stage réalisé dans le cadre de ma 2^e année de Master Informatique fut l'occasion de poursuivre mon travail dans le domaine de la santé débuté durant mon TER. Succinctement, ce travail consistait en l'expérimentation de l'utilisation de technologies informatiques pour l'évaluation des capacités motrices de patients hémiplégiques. Ce projet de TER a été réalisé avec William DYCE, par ailleurs stagiaire avec moi chez NaturalPad. Nous avons conçu un prototype d'application permettant, grâce à la Kinect, de juger de la réussite ou non de plusieurs des exercices d'évaluation du test de par un patient en réhabilitation suite à un AVC. J'ai par ailleurs déjà réalisé un stage de deux mois chez NaturalPad durant l'été 2012, à la fin de ma première année de Master.

Fort de cette expérience et vivement motivé par le fait de travailler dans un contexte médical, ce stage constituait une excellente opportunité d'orienter ma formation vers le développement d'applications et de jeux pour la santé. L'objectif de ce stage était de proposer un moyen ou des outils pour adapter la difficulté de jeux sérieux pour la santé dans le domaine de la rééducation motrice. Nous verrons que différentes approches sont possibles et quelle fut démarche lors de ce stage. Par ailleurs, ce fut pour moi l'occasion de m'insérer dans le projet de grande envergure, Hammer & Planks, et de participer à mes deux premières GameJam. Vous pouvez retrouver un résumé de ces expériences et de mon ressenti sur le blog de [NaturalPad](#).

1.2 L'entreprise

1.2.1 Naturalpad

NaturalPad est une jeune startup innovante basée dans la région de Montpellier. Elle est spécialisée dans les technologies appliquées à la santé et développe notamment des jeux vidéos à but thérapeutique pour la rééducation fonctionnelle. Ces jeux utilisent des technologies de capture du mouvement grand public comme le Kinect de Microsoft ou la Wii Board de Nintendo. L'idée de Naturalpad est née lors du projet MoJOS (Moteur de Jeux Orienté Santé), pionnier en matière de projet de recherche serious game, sur lequel plusieurs membres de l'équipe ont

travaillé. En effet, prenant conscience du marché porteur des serious games et plus largement de celui de la santé, Antoine Seilles et les 4 autres fondateurs ont créé le projet NaturalPad en se démarquant des concurrents par une volonté de faire avant tout du jeu, bien qu'il soit sérieux, et d'y apporter une dimension sociale. L'idée au delà du développement de jeux est de proposer un système sous forme de plateforme intégrant plusieurs jeux thérapeutiques. Ceux-ci permettant au patient de suivre sa thérapie à domicile tout en jouant avec ses proches (ils sont considérés dans la conception du gameplay) et donnant la possibilité au thérapeute de suivre la progression du patient. NaturalPad a par ailleurs signé un partenariat avec le Centre Hospitalier Alès Cévennes (CHAC) dans le but de développer des services web innovants pour les équipes de pédiatrie, néonatalogie et gériatrie du CHAC. Le CHAC peut être considéré comme le site pilote des produits NaturalPad. Un partenariat de recherche a été mis en place avec deux laboratoires de recherche de Montpellier que sont le LIRMM (Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier) et le M2H - EUROMOV(Movement 2 Health : Laboratoire en Sciences du Mouvement)et l'entreprise de NaturalPad.

1.2.2 L'équipe



FIGURE 1: Une partie de l'équipe de NaturalPad à Prades le Lez

Antoine SEILLES - Fondateur, CEO

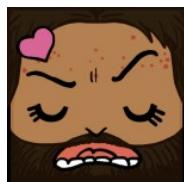


Antoine Seilles est docteur en informatique. Sa thèse, soutenue en avril 2012 porte sur les usages du Web 3.0 (ou web socio-sémantique) dans le contexte de la démocratie électronique. Les domaines de recherche d'Antoine portent essentiellement sur l'aspect social du Web, thème sur lequel il a participé à plusieurs conférences grand public, et sur le Web sémantique, thème sur lequel il a publié à plusieurs reprises et traduit le livre de Tom Heath et Christian Bizer «Linked Data».

Au sein de NaturalPad

Chez NaturalPad, la recherche d'Antoine porte sur les solutions Web 2.0 autour du Dossier Médical Personnel et sur les formats de données utilisant les technologies du Web sémantique (RDF notamment) pour la télémédecine.

Sébastien ANDARY - Fondateur



Il a reçu le diplôme de Master d'Informatique à l'Université de Montpellier et termine actuellement un Doctorat de Robotique au LIRMM. Sa thèse porte sur la commande des systèmes mécaniques sous-actionnés dans le cadre de la robotique humanoïde.

Au sein de NaturalPad

Sébastien travaille au développement de technologies et outils innovants pour la captation de mouvements.

Inès DI LORETO - Fondatrice



Elle est diplômée en philosophie et a obtenu un doctorat en informatique à l'Università degli Studi di Milano (Italie). Fin 2009, elle rejoint en postdoc le projet MoJOS. Dans ce projet de recherche sur les jeux thérapeutiques elle a mené des activités scientifiques pour relever les défis de l'acceptation des patients et des thérapeutes du jeu comme moyen de rééducation.

Au sein de NaturalPad

Inès travaille sur la transformation des objectifs thérapeutiques en objectifs de jeu en collaboration directe avec les professionnels de la santé.

Tristan LE GRANCHE - Fondateur



Travaillant dans le monde du cinéma d'animation depuis plus de 4 ans, il a travaillé sur plus d'une dizaine de projets de séries télévisées, et de longs et courts métrages. Aujourd'hui il s'est spécialisé dans les Effets Spéciaux Numériques et travaille à l'international en tant que Directeur Technique.

Au sein de NaturalPad

Tristan occupe le poste de Directeur Artistique.

Benoit LANGE - Fondateur



Il est diplômé d'un master informatique spécialisé en Web et Intelligence Artificielle. Il a ensuite obtenu son diplôme de docteur en informatique à l'université Montpellier 2 en Novembre 2012. Ce doctorat avait pour sujet de réaliser une méthode de visualisation de données afin de permettre l'optimisation énergétique pour le bâtiment.

Au sein de NaturalPad

Benoit propose, étudie et met en oeuvre des prototypes d'interactions adaptés à des thérapies.

Anthony BARREAU - Employé

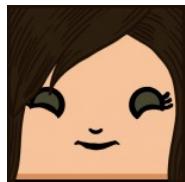


Il est diplômé d'une licence professionnelle en informatique spécialité web et gestion. Il a ensuite débuté son expérience professionnelle au sein de l'équipe SMILE du LIRMM. Il a rejoint l'équipe pour participer au développement du projet MoJOS. Dans ce projet de recherche sur les jeux thérapeutiques, il a participé au développement de prototypes de jeux et d'agents intelligents servant à adapter la difficulté.

Au sein de NaturalPad

Anthony participe au prototypage et au développement des outils innovants de l'entreprise.

Marion FLORIS - Employée



Titulaire d'un D.U.T. Information-Communication et d'une Licence Professionnelle Management des Ressources Numériques, Marion est issue d'une formation littéraire. Après avoir été librairie spécialisée en bande dessinée pendant deux ans, elle a développé son expertise en Community Management par une formation de 6 mois chez Objectif3D.

Au sein de NaturalPad

Marion est Community Manager et est chargée de la communication.

William DYCE - Stagiaire



William effectue son stage de Master 2 IMAGINA en même temps que moi chez NaturalPad. L'objectif de son stage était de permettre une reconnaissance des joueurs et de leurs mouvements plus fine avec la Kinect. L'utilisation du Kinect dans un contexte thérapeutique exige en effet une reconnaissance avec des contraintes plus poussées que pour une utilisation purement ludique. Grâce à cela, il sera possible d'imaginer de nouveaux gameplay de jeux basés sur le mouvement.

Andy CAMICCI - Stagiaire



Étudiant en licence professionnelle Activité et Techniques de Communication à Arles, Andy a effectué un stage de trois mois de Avril à Juin durant lesquels il a participé au développement de l'interface web thérapeutique et aux modules de visualisation des données de jeux. Nous avons travaillé conjointement afin de fournir un outil ergonomique et efficace pour la paramétrisation des parties des jeux thérapeutiques présents sur la plateforme.

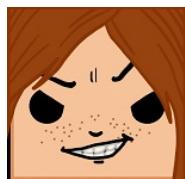
Kevin BRADSHAW- Stagiaire

Actuellement en stage, Kevin est en licence Informatique et souhaite devenir développeur de jeux vidéo. Durant son stage, il conçoit et développe son propre jeu de manière indépendante : Zether. Pour cela, il crée les assets graphiques, le son et les diverses fonctionnalités du jeu.



Ce jeu a pour dessein de venir se greffer sur la plateforme web de NaturalPad. Kevin a en effet imaginé un gameplay jouable à la fois avec souris+clavier et par les mouvements du corps avec une caméra Kinect. Utilisant une approche différente de la mienne, l'objectif thérapeutique n'est pas clairement défini bien que pris en compte. La plateforme de NaturalPad veut aussi pouvoir accueillir des jeux qui ne sont initialement pas développés dans une optique de rééducation mais dont une telle utilisation est possible.

Célia GIRONNET - Stagiaire



Stagiaire infographiste, cette étudiante de SupInfoGame contribue à enrichir le monde de Hammer & Planks en réalisant les modèles 2D et 3D des personnages, monstres et autres décors de cet univers de pirates !

1.3 Hammer & Planks

Hammer & Planks est le premier jeu sérieux pour la santé de NaturalPad. Il a été conçu en collaboration avec une ergothérapeute, Anaïs Ivorra, dans le but de permettre aux personnes hémiplégiques de retrouver leur faculté d'équilibre. Il a été présenté à diverses occasions lors de salons, qu'ils soient grand public comme le MIG ou spécialisés ([TEDx Montpellier / e-virtuoses](#)). Il a par ailleurs été primé aux e-virtuoses 2013 de Valenciennes dans la catégorie "Serious Game Healthcare" et est largement cité dans un article composé d'une vidéo sur les Serious Game thérapeutiques sur le [site de doctissimo](#).

Hammer & Planks est constitué d'un environnement 3D vu de dessus. Le joueur contrôle un bateau qu'il peut déplacer de gauche à droite et de haut en bas, et peut éliminer les ennemis grâce à ses canons. Enfin, il doit éviter des obstacles et peut récupérer des bonus. Pour contrôler le bateau, il existe plusieurs solutions : on peut utiliser la Kinect, la Wii Board, une manette ou bien le clavier et la souris. Le jeu a initialement été conçu pour une utilisation avec la Wii Board afin de travailler les facultés d'équilibre, que ce soit assis ou debout. Le jeu possède par ailleurs un ensemble de paramètres qui peuvent être paramétrés ou changés en cours de



FIGURE 2: Gagnants des e-virtuoses 2013 dans les différentes catégories.

FIGURE 3: Article de doctissimo sur les Serious game thérapeutiques.



FIGURE 4: Impression d'écran du jeu Hammer & Planks
A droite, le bateau contrôlé par le joueur.

partie, rendant ainsi le jeu devient ajustable selon les besoins thérapeutiques. On notera qu'il existe une version grand public du jeu, où la paramétrisation avancée est remplacée par un enrichissement du gameplay et du scénario notamment.

2 Problématique

2.1 Sujet et objectifs initiaux

Dans ce stage, nous allons nous intéresser à l'adaptation de la difficulté dans un jeu à but thérapeutique sous contrôle d'un médecin. Les variables permettant d'ajuster la difficulté d'un jeu sont nombreuses et variées. Elles peuvent être facilement modifiées et combinées pour créer des objectifs de jeu. Cependant, ces objectifs de jeu n'ont pas nécessairement un sens pour le médecin. Il s'agira dans ce stage de définir avec un thérapeute les variables ou paramètres adaptées à l'adaptation de la difficulté pour le soignant.

Dans le cadre de ce stage, le stagiaire aura pour mission de :

- récupérer auprès d'un soignant une liste exhaustive d'objectifs de jeu thérapeutique
- traduire ces objectifs en paramètres dans le jeu Hammer & Planks
- proposer une solution pour suivre et analyser visuellement les progrès du patient relativement aux objectifs fixés par le soignant

Le stagiaire devra participer à des séances de coconception avec un thérapeute et sera amené à se déplacer pour suivre des séances de tests auprès de patients.

2.2 Contexte et besoins

Lors de mon arrivée au sein de NaturalPad, il existait déjà une version du jeu Hammer & Planks, outil dans lequel devait s'insérer mon travail. Présenté lors du MIG 2012, le jeu était encore surtout orienté grand public. Ma première mission fut donc de m'approprier l'application et de l'adapter pour une utilisation paramétrable dans un contexte thérapeutique. En effet, une utilisation thérapeutique implique d'ajuster les différents paramètres en fonction des capacités et des besoins du patient.

Les échanges avec les professionnels de la santé ont été au cœur de mon stage. La compréhension des besoins et des contraintes médicales étant primordiales pour proposer un produit adapté, je me suis naturellement tourné vers les thérapeutes et soignants pour acquérir les connaissances et le background qu'il me manquait. Il m'est par ailleurs rapidement apparu qu'on ne pouvait répondre aux différents besoins thérapeutiques explicités par les soignants avec un seul jeu vidéo, même paramétrable. C'est pourquoi je me suis aussi concentré sur l'aspect de conception avec les thérapeutes.

Orientation du travail de stage

Rappelons que la société NaturalPad propose comme outil une plateforme web permettant d'accéder à des jeux sérieux, et de les paramétrier directement depuis celle-ci. Hammer & Planks constitue ainsi le premier jeu accessible depuis cette plateforme et, bien que servant d'exemple des possibilités d'un jeu vidéo pour la santé, il est amené à être rejoint par d'autres serious games. C'est dans cette optique que mon travail durant ce stage s'est progressivement orienté vers une méthode de conception de serious games pour la santé. Cela a pour objectif de proposer une solution appropriée aux différents besoins et contraintes de chaque situation. Ces derniers peuvent correspondre aux objectifs thérapeutiques, à la pathologie du patient, ses capacités, son âge, sa maîtrise des nouvelles technologies ou son aisance avec les jeux vidéo par exemple. Ce travail s'inscrit donc toujours dans le but d'adapter le jeu vidéo aux besoins thérapeutiques, et est complémentaire à une adaptation des paramètres de jeux, qu'elle soit manuelle ou automatique.

Pour cela, je redéfinirais le sujet de ce stage comme suit :

Proposition d'une méthodologie de conception de jeux vidéo sérieux à but thérapeutique, et adaptation de la difficulté.

2.3 Outils et méthodologie

2.3.1 Méthodologie

Afin de mener à bien ses projets, l'équipe de NaturalPad emploie une méthode Agile de gestion de projet : SCRUM.

Méthodes AGILES

Les méthodes Agiles sont des groupes de pratiques, réunies dans l'*Agile Manifesto*[17], s'appliquant dans la gestion de projets, généralement informatiques. Ces méthodes se veulent plus pragmatiques que les méthodes traditionnelles et diffèrent de celles-ci en se concentrant sur des valeurs humaines plutôt que sur les processus. Ce sont des méthodes itératives (ou plutôt semi-itératives), incrémentales et adaptatives.

Les méthodes agiles prônent 4 valeurs fondamentales :

1. l'équipe : « Les individus et leurs interactions, plus que les processus et les outils. »
2. L'application : « Des logiciels opérationnels, plus qu'une documentation exhaustive. »

L'aboutissement : un cycle adopté par l'ensembles des méthodes Agiles actuelles

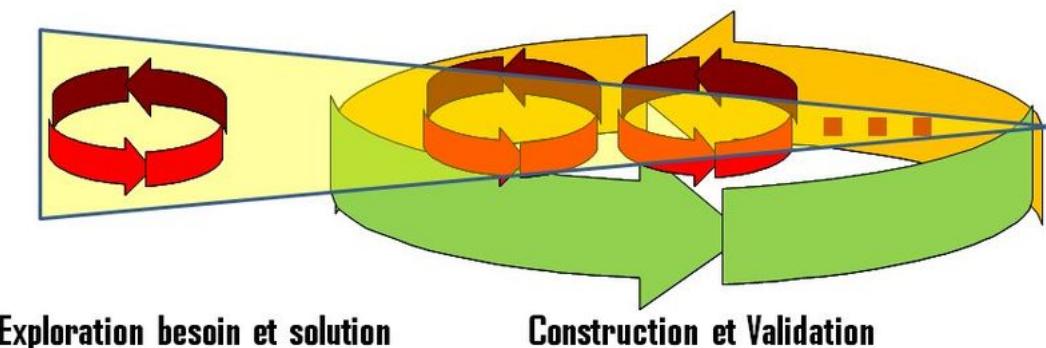


FIGURE 5: Les méthodes agiles : un cycle semi-itératif

3. La collaboration : « La collaboration avec les clients, plus que la négociation contractuelle. »
4. L'acceptation du changement : « L'adaptation au changement, plus que le suivi d'un plan. »

La méthode Scrum

- Celle-ci définit 3 rôles :
- Le Product Owner
 - Le Scrum Master
 - Le Développeur

Le Product Owner est le représentant des clients et des utilisateurs. Son objectif est de maximiser la valeur du produit développé. Il a pour rôle de rédiger des User Stories (comparables à des cas d'utilisation) et de valider le travail des développeurs.

Le ScrumMaster est le responsable de la méthode. Il doit s'assurer qu'elle est correctement mise en application et comprise par les développeurs. Il organise le «Daily Scrum» (voir définition plus bas).

Enfin, le Développeur, représente en fait une équipe pluridisciplinaire et auto-organisée : toutes les décisions sont prises ensemble, sans hiérarchie externe ni interne.

Daily Scrum : Il s'agit d'une réunion quotidienne ayant pour but de faire un point sur la coordination entre les tâches et les difficultés rencontrées. Trois questions sont posées aux développeurs :

- Qu'as-tu fait hier ?

- Qu'est-ce que tu vas faire aujourd'hui ?
- Est-ce que tu as rencontré des difficultés ?

Le travail est organisé sous forme de sprint. Il s'agit d'une courte période (au maximum un mois) au bout de laquelle l'équipe doit fournir une version améliorée du produit. Chaque sprint possède un but (ex : «on doit pouvoir envoyer des paramètres au jeu») et une liste de tâches (ex : «déterminer la méthode de communication, etc...»). Dès la fin d'un sprint, un nouveau est lancé.

Enfin, une réunion a lieu en fin de sprint pour faire le point sur le travail accompli, les erreurs rencontrées et comment ne pas les éviter à l'avenir, ainsi que lancer le sprint suivant. Cette méthode est très intéressante car elle permet vraiment de garder une cohésion dans l'équipe de développement et d'avancer de manière visible.

2.3.2 Outils

Gestion de projet

Lors de mon arrivée dans l'entreprise, l'équipe utilisait Redmine, une application web de gestion de projets. Nous avons cependant changé deux fois d'outils de gestion de projet pendant la période de ce stage. Le premier est intervenu car les mises à jour des tâches dans Redmine étaient longues et l'outil finalement peu approprié à une méthodologie AGILE, ce qui freinait son utilisation. Nous avons donc mis en place une méthode Kanban qui consiste à écrire chaque tâche sur un post-it, et de déplacer ce post-it dans des colonnes «A faire», «En cours», «Terminé» ou «Validé» selon son avancement par exemple. De cette manière, l'avancement global était bien plus visible mais cette solution était finalement gourmande en post-it et en place. C'est pourquoi, nous utilisons désormais [Trello](#), un outil de gestion de projet en ligne, se basant sur la méthode Kanban. Il s'agit d'un tableau virtuel dans lequel nous pouvons facilement déplacer les tâches, ajouter des commentaires ou des contraintes de temps notamment.



FIGURE 6: Logos de Redmine et Trello

Développement

Unity3D

La majeure partie technique de mon travail a été réalisée pour Hammer & Planks, qui est développé avec le moteur de jeu Unity3D. Au fil de mon stage, nous sommes passés de la version 3.9 à la version 4.1. Unity permet de facilement intégrer les modèles 3D des objets réalisés dans les logiciels de modélisation 3D tels que Photoshop, Gimp ou Maya. Il propose aussi des options permettant d'utiliser un gestionnaire de versions pour les fichiers du projet.



FIGURE 7: Logo d'Unity3d

Play ! Framework

Play ! Framework est un framework open source web qui permet d'écrire rapidement des applications web en Java ou en Scala. Il vise à apporter un outil simple et productif sur la machine virtuelle Java. Play Framework a pour particularité de ne pas être basé sur le moteur Java de Servlet. Il propose par ailleurs un moteur de template basé sur Scala.



FIGURE 8: Logo de Play ! Framework

Git

Que ce soit pour Hammer & Planks ou nos autres projets en cours, l'utilisation d'un gestionnaire de versions se révèle vite indispensable. Travaillant en équipe allant jusqu'à cinq développeurs et une graphiste, il est nécessaire de pouvoir mutualiser le travail. De plus, l'expérimentation et le développement de nouveaux éléments se prêtent très bien à l'utilisation de plusieurs branches de développement, chose que Git permet de gérer facilement.



FIGURE 9: Logo de Git

BitBucket et GitHub Pour héberger ses projets, NaturalPad avait l'habitude d'utiliser GitHub. Avec l'arrivée de nouveaux stagiaires, il nous a fallu trouver une solution permettant un accès privé au dépôt pour un plus grand nombre de personnes, ce que permet BitBucket.



FIGURE 10: Logos de BitBucket et Github

2.3.3 Veille

Le Jeu Vidéo et plus généralement l'Informatique est un domaine en constante évolution dans lequel il est nécessaire de se tenir à jour pour connaître les dernières technologies et actualités. Pour cela, j'ai observé durant l'intégralité de ma période de stage une veille technologique et stratégique. Nouveautés technologiques, logiques ou matérielles, communications d'entreprises ou de salons nationaux et internationaux ou bien encore annonces de sociétés dont le secteur d'activité est compatible avec NaturalPad ont donc été au cœur de mon étude quotidienne.

Pour faciliter ce travail de veille, par ailleurs inclus dans mon planning, j'utilise un agrégateur de flux RSS, outil indispensable pour gérer aisément un contenu important sur un grand nombre de sources différentes. Il s'agit ensuite de mettre à jour et d'étendre régulièrement les sources en fonction de l'utilité observée de chacune d'entre elles ou des manques ressentis.

Jeux Vidéo

Étant étudiant en Informatique, option Image Game and Intelligent Agents, et ayant orienté ma formation vers une spécialité Jeux Vidéo, il m'a semblé important de me tenir à jour en terme d'actualité vidéoludique. J'ai pour cela étendu ma veille aux domaines des jeux vidéo, indépendants ou blockbusters, afin d'en étudier différents aspects tels le business model, le gameplay, les technologies employées ou

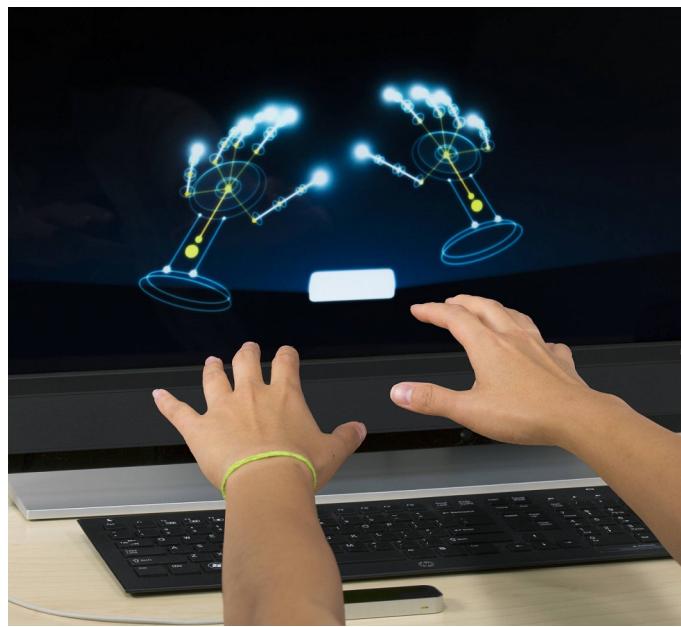


FIGURE 11: Utilisation d'un Leap Motion
Une application retranscrit à l'écran la "vision" qu'elle a des mains de l'utilisateur.

les mécanismes de jeu innovants par exemple. J'ai ainsi pu testé des technologies récentes comme la console Ouya ou le système de contrôle Leap Motion, qui permet d'interagir en utilisant ses mains et ses doigts. Pour plus d'informations sur le Leap Motion, vous pouvez retrouver mon billet sur le blog de [NaturalPad](#).

2.3.4 État de l'art et recherche documentaire

Étendue sur plusieurs semaines, la réalisation de l'état de l'art était pour moi quelque chose de nouveau qui a nécessité une certaine organisation. Deux moments ont été importants : la phase de démarrage et l'arrêt des recherches. Commencer ces recherches alors que les sujets que je devais ou voulais couvrir étaient vastes et non clairement définis fut à la fois plaisant et compliqué. Bien que beaucoup de choses me semblaient intéressantes, la question était de savoir par où commencer. De la même manière, au fil de mes lectures, je découvrais de nouveaux liens et références présentant de nouveaux aspects qui eux-même renvoyaient vers d'autres solutions et articles. La difficulté était donc de juger quand mes connaissances sur un thème donné étaient suffisantes pour éviter de poursuivre d'interminables recherches, aussi intéressantes puissent elles être, le temps étant limité dans le cadre d'un stage de Master.

Au niveau des lectures abordées, ma source principale fut des articles scientifiques, suivie par des articles de magazines spécialisés et articles web notamment. Pour les thèmes médicaux, un certain nombre d'articles m'a été directement conseillé par des professionnels de la santé, articles à partir desquels j'ai ensuite pu compléter mon état de l'art en suivant les références. Par ailleurs, il est fréquent que certains auteurs ressortent régulièrement lorsqu'on effectue des recherches sur un thème donné, ce qui permet, en plus du nombre de citations des articles, de rapidement cerner quels sont les articles et chercheurs de référence dans le domaine.

Bien entendu, afin de rendre mes lectures efficaces, je me constituais pour chacune d'elle une fiche de lecture où noter les points importants :

- Titre ou source
- Auteur(s)
- Mots clefs
- Synthèse
- Jugement personnel ou remarques
- Références importantes

3 Background

NaturalPad est une société innovante dont le domaine d'activité est encore à ses débuts. Si les jeux vidéo sérieux commencent à être connus du grand public et leur impact reconnu, ceux pour la santé ne sont pas encore assez nombreux ni assez largement acceptés. Mon travail de stage s'inscrit en réponse à cette constatation : il s'agit de proposer une méthode de conception de jeux vidéo pour la santé qui permettrait une simplification ou une amélioration de la conception de tels jeux. Proposer plus de jeux thérapeutiques et/ou des jeux avec un impact santé de plus grande qualité contribuerait à améliorer leur diffusion et leur reconnaissance. Pour ces raisons, il était ainsi primordial de parfaire ma connaissance des différents domaines concernés.

Cette partie présente le résultat de mes recherches, des techniques et outils existants et comporte des notions importantes à connaître pour la conception de serious games pour la santé.

3.1 Jeux Vidéo

Durant mon stage, j'ai ainsi voulu comprendre pourquoi et comment un jeu vidéo est bon, quels en sont les mécanismes ou bien encore quels facteurs vont retenir le joueur.

3.1.1 Définition d'un Jeu

Le jeu vidéo est un média participatif en pleine extension et de plus en plus largement accepté et plébiscité par la population.

Dans sa définition, un jeu vidéo est une extension du jeu au monde numérique en utilisant les technologies informatiques. Il s'agit donc en amont de bien comprendre ce qu'est un jeu.

Dans son travail d'analyse, Juul[20] donne une synthèse qui regroupe les points partagés par toutes les définitions existantes :

A game is a rule-based formal system with a variable and quantifiable outcome, where different outcomes are assigned different values, the player exerts effort in order to influence the outcome, the player feels attached to the outcome, and the consequences of the activity are optional and negotiable.

Points clefs

Les 6 points clefs identifiés par Juul sont :

- les règles
- le résultat quantifiable variable

- la valorisation du résultat
- l'effort du joueur
- l'attachement du joueur au résultat (identifié par Gendler comme Alief, 2009)
- des conséquences négociables.

Pratique et consommation des jeux vidéo

Le jeu vidéo est un média récent qui trouve ses origines dans le début de la seconde moitié du XX^e siècle. D'abord majoritairement accessibles sur des bornes d'arcade, les jeux vidéo se sont progressivement répandus avec la commercialisation de consoles de salon. Selon une étude commandée par le Centre National du Cinéma et de l'image animée(CNC), c'est près de 60% de la population française qui jouaient à des jeux vidéo au cours de l'année 2011[15]. L'âge moyen des joueurs était alors de 34,7 ans et cette population constituée de 54,1% d'hommes fin 2011[15]. L'arrivée de la console Wii et de jeux orientés plus casuals⁶ a permis en France une meilleure diffusion du média au sein de la population, qui accepte de plus en plus de se livrer à cette activité. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, notamment à cause de leur méconnaissance des nouvelles technologies et du jeu vidéo plus spécifiquement, les seniors se prêtent aussi volontier à la pratique de ce loisir numérique. C'est une constatation que nous avons pu vérifier par nous-même lors de nos différentes sessions de tests au centre hospitalier de Lapeyronie et dans une maison de retraite à Lille, mais aussi dans différentes lectures qui seront détaillées ci-après.

Propriétés des jeux vidéo

En 1984, [Driskell and Dwyer][11] réalisent un premier état de l'art et trouvent que plusieurs caractéristiques des jeux vidéo peuvent influer sur les propriétés d'apprentissage et de motivation : des objectifs spécifiques, un challenge, de la fantaisie et du mystère. Ils théorisent qu'une augmentation de la motivation produit une augmentation de l'attention et mène à une meilleure mémorisation des acquis (connaissance déclarative) et une focalisation de l'attention (stratégie cognitive).

[Malone et Lepper, 1987] mentionnent le challenge, la curiosité, le contrôle et la fantaisie comme caractéristiques intégrantes des jeux vidéo. Selon [de Felix et Johnson , 1993], les jeux sont composés d'éléments visuels dynamiques, d'interactions, de règles et d'objectifs. Puis [Thiagarajan, 1999] affirme que le conflit, le contrôle, la terminalité et l'artifice sont les quatre éléments nécessaires d'un jeu. En 2001, [Garis and Ahlers, 01] donnent 39 descripteurs qui seront réduits à 12 pour ne

6. Se dit d'une personne ne jouant à des jeux vidéo que de manière occasionnelle. Peut aussi se dire d'un jeu dont la cible sont des joueurs occasionnels.

garder que les paramètres statistiquement les plus significatifs pour renforcer la sensation de "game-like".

Finalement en 2002, [Garris et al] proposent un sous-ensemble de tous ces attributs qui seront considérés comme les paramètres de jeu clefs de l'apprentissage :

- la fantaisie
- les règles
- la stimulation sensorielle
- le challenge
- le mystère
- le contrôle

En 2009, [Wilson et al][28] partent de l'ensemble de paramètres de [Garris et al] pour enrichir le modèle avec de nouveaux paramètres qui leur semblent avoir un impact sur l'apprentissage. Les tableaux 12 et 13 indiquent et décrivent ces douze attributs.

3.1.2 Jeux vidéo et schémas comportementaux

Pour expliquer l'attrait croissant de la population envers les jeux vidéo, il peut être intéressant de se tourner du côté des théories comportementales. Carl Rocray [24] explique qu'en dépit de ses origines technologiques récentes, le jeu vidéo entretient d'anciens schémas de comportements, et cette influence est subtile. C'est le propre du jeu de nous divertir, non seulement de nos tracas réels, mais aussi de son influence sur nous pendant que nous jouons. Cette influence est évidente à travers le lien entre plaisir et apprentissage : l'effort diminue si on a du plaisir à le faire, et on peut même en oublier que nous apprenons.

On se rend compte que la plupart des jeux vidéo peuvent être classés selon leur gameplay en ce que l'on appelle des types de jeux. Parmi les grands types connus, on retrouve par exemple les jeux d'action, les jeux de stratégie ou encore les jeux de simulation sportive. On trouvera en [annexe](#) une liste plus complète de ces types de jeux vidéo classés en fonction de leur gameplay.

Il est intéressant de constater le lien entre les différents schémas comportementaux basiques et les types de jeux mettant en place des mécaniques stimulant nos instincts primaires [Rocray, 09][24].

Attribute	Definition	Source
Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> • Level of difficulty adjusts to the skill level of the player by matching challenges and possible solutions. 	• Prensky, 2001
Assessment	<ul style="list-style-type: none"> • The measurement of achievement within game (e.g., scoring). Tutorials teach users how to play game and what aspects are important to achieving the goals. Scoring compares performance among players. Feedback provides a tool for users to learn from previous actions and adjust accordingly. 	• Chen & Michael, 2005
Challenge	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal amount of difficulty and improbability of obtaining goals. A challenging game possesses multiple clearly specified goals, progressive difficulty, and informational ambiguity. Challenge also adds fun and competition by creating barriers between current state and goal state. 	• Garris, Ahlers, & Driskell, 2002
Conflict	<ul style="list-style-type: none"> • The presentation of solvable problems within the game and usually drives the game's plot or in-game action by providing interaction. There are four types of conflict: (1) direct, (2) indirect, (3) violent, and (4) nonviolent. 	<ul style="list-style-type: none"> • Owen, 2004 • Crawford, 1984
Control	<ul style="list-style-type: none"> • The player's capacity for power or influence over elements of the game. Learner control occurs when the learner has control over some aspects of the game. Instructional program control determines all elements of the game. 	• Garris et al., 2002
Fantasy	<ul style="list-style-type: none"> • Make-believe environment, scenarios or characters. It involves the user in mental imagery and imagination for unusual locations, social situations, and analogies for real-world processes. The user is also required to take on various roles in which they are expected to identify. <p>The user is also required to take on various roles in which they are expected to identify. Exogenous fantasy is a direct overlay on learning content. It is dependent upon the skill, but the skill does not depend on the fantasy. Endogenous fantasy is related to learning content. It is an essential relationship between the learned skill and the fantasy context (engaging and educational).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Garris et al., 2002 • Owen, 2004 • Habgood, Ainsworth, & Benford, 2005
Interaction (equipment)	<ul style="list-style-type: none"> • The adaptability and manipulability of a game. The game changes in response to player's actions. 	• Prensky, 2001
Interaction (Interpersonal)	<ul style="list-style-type: none"> • Face-to-face interaction, relationships between players in real space and time. It provides an opportunity for achievements to be acknowledged by others, and challenges become meaningful, which induces involvement. 	• Crawford, 1984
Interaction (Social)	<ul style="list-style-type: none"> • Interpersonal activity that is mediated by technology, which encourages entertaining communal gatherings by producing a sense of belonging. 	• Prensky, 2001
Language/ Communication	<ul style="list-style-type: none"> • Specific communication rules of the game, and may be a significant part of the game. The two types of communication are verbal and text. 	<ul style="list-style-type: none"> • Owen, 2004

FIGURE 12: Propriétés des jeux vidéo et leur définition. (1/2) [28]
26

Attribute	Definition	Source
Location	<ul style="list-style-type: none"> The physical or virtual world that the game takes place in. It influences rules, expectations, and solution parameters. The location may be real or fantasy, and the space may be bound, unbound, or augmented. 	• Owen, 2004
Mystery	<ul style="list-style-type: none"> Gap between existing information and unknown information. It is a product of discrepancies or inconsistencies in knowledge. This attribute is enhanced by: information incongruity, complexity, novelty, surprise and expectation violation, idea incompatibility, and inability to make predictions, incomplete or inconsistent information. Sensory curiosity is the interest evoked by novel sensations, and cognitive curiosity is the desire for knowledge related with curiosity (inverse quadratic). 	• Garris et al., 2002
Pieces or players	<ul style="list-style-type: none"> Objects or people (e.g., proxy items, avatars, or human participants) being included in the game narrative or scenario. 	• Owen, 2004
Progress and surprise	<ul style="list-style-type: none"> Progress and surprise is how the player progresses toward the goals of the game. It is also considered the random elements of the game. 	• Owen, 2004
Representation	<ul style="list-style-type: none"> The player's perceptions of the game's reality. It is a subjective feature that makes the game appear psychologically real. Narrowing the scope of representation provides focus for the player. 	• Crawford, 1984
Rules/goals (also referred to as game aims or objectives)	<p>Rules are the goal makeup of game and established criteria for how to win. Specific, well-defined rules and guidelines are a necessary component for an effective educational game, as well as feedback on progression toward achieving the goals. There are three types of rules: (1) system rules, (i.e., functional parameters inherent in the game), (2) procedural rules (i.e., actions in game to regulate behavior), and (3) imported rules (i.e., rules originating from real world).</p> <ul style="list-style-type: none"> Blunt, 2007 Garris et al., 2002 Owen, 2004 	• Blunt, 2007 • Garris et al., 2002 • Owen, 2004
Safety	<ul style="list-style-type: none"> Disassociation of actions and consequences (i.e., safe way to experience reality). The only consequence is loss of dignity when losing. The results are less harsh than modeled scenarios. 	• Crawford, 1984
Sensory stimuli	<ul style="list-style-type: none"> Visual or auditory stimulations, which distort perception and imply temporary acceptance of an alternate reality. 	• Garris et al., 2002

FIGURE 13: Propriétés des jeux vidéo et leur définition. (2/2) [28]
27

Survie

«Éliminer ou être éliminé». C'est la base de la majorité des jeux vidéo et probablement aussi le comportement le plus simple. Même les jeux de sports ou de cartes entretiennent cet instinct primaire, bien qu'il soit surtout manifeste dans les jeux de tir (*Doom*, *Gears of War*), les jeux de combats (*Tekken*, *Street Fighter*) et les «platformers» (*Mario Bros*, *Assassin's Creed*).

Gestion

Il s'agit surtout de gestion de ressources, mais aussi d'équipement quand celui-ci est limité. Une bonne gestion permet habituellement de mieux survivre (meilleures ressources, équipement adéquat), ce qui nécessite une planification et une organisation stratégiques. On retrouve ce comportement dans les jeux de simulation (*SimCity*, *Civilization*), de «Real Time Strategy» (*Warcraft*, *StarCraft*) et ceux qui visent un certain réalisme (*Arma*, équipement limité dans *Resident Evil*).

Responsabilisation d'autrui

Ce comportement fait appel à une sorte d'instinct parental où nous devons assurer la survie d'un autre joueur ou le bien-être d'un avatar virtuel qui nous ramène en fait à nous-même. Il est d'abord présent dans les jeux de simulation (*The Sims*, *Tamagotchi*) et ceux de coopération (*Army of Two*, *Left 4 Dead*).

Résolution de puzzles

Mystères à résoudre (*Myst*), problèmes de logique faisant appel à nos capacités cognitives (*Brain Challenge*), voire comment empiler des formes (*Tetris*) ou aligner des couleurs (*Bejeweled*), il s'agit toujours de trouver la solution la plus efficace à un problème donné.

Réflexes et dextérité

La plupart des jeux font appel à cet instinct également lié à la survie. Surtout lié à la coordination «oeil-main» et à la précision d'actions souvent rapides (voir entre autres les «Quick-Time Events»), il est aussi lié à la maîtrise d'un outil, c'est-à-dire la manette de jeu. On le retrouve dans les jeux de rythme (*Guitar Hero*, *Rock Band*), mais aussi dans les jeux de Survie cités plus haut et tous les jeux de sports.

Système de récompenses

La grande majorité des jeux vidéo utilise ce système de la carotte au bout du bâton pour diriger les actions du joueur. Il est donc étroitement lié à la motivation et à la gratification de comportements donnés. Voir entre autres *Little Big*

Planet et *Diablo*, ainsi que la mode assez récente des Trophées, Succès et autres «Achievements».

Système d'améliorations

Une autre mécanique liée à la Survie et à la courbe de difficulté des jeux. En bref, il s'agit de devenir plus fort pour défaire des adversaires toujours plus forts. C'est la base des «Role-Playing Games» (*World of Warcraft*, *The Elder Scrolls*) et de certains jeux de «Shooter» (pour améliorer ses armes).

Il est probable que d'autres comportements soient ainsi entretenus par le médium vidéo-ludique. Les sept types de mécaniques décrites ci-haut montrent néanmoins comment les jeux vidéo nous font répéter d'anciens schémas de comportement.

Autres aspects du comportement pour la motivation du joueur

Conditionnement

Un autre aspect du jeu vidéo est sa capacité à encadrer, voir conditionner, le joueur pour lui donner envie de continuer à jouer (Voir la théorie du conditionnement par Pavlov). Bien sur, en règle générale, on cherche à ce que le joueur joue pour le plaisir, et non dans un quelconque but de conditionnement. Pour cela, le jeu va soumettre le joueur à un ensemble de stimuli de récompenses (incrémation du score, gain d'un bonus, débloquer un niveau, feedback, etc.) lorsqu'il réalise une action positive, ou de punition (baisse du score, perte du niveau, de points de vie, etc.) lors d'erreurs. En choisissant ces ensembles de stimuli positifs et négatifs, on réussit à faire accomplir intuitivement aux joueurs ce que l'on espère qu'ils fassent.

Ces ensembles de stimuli constituent une sorte de récompenses à l'accomplissement des différentes actions du joueur. Les règles du Game Design nous enseignent qu'un jeu vidéo est constitué d'un ensemble de boucles de jeu situées à trois niveaux : micro (scène), moyen (scène et level) et macro (jeu). Ce sont les boucles OCR+M : Objective, Challenge, Reward et Means.

- Objectif : état qui décide si la boucle est terminée ou non
- Challenge : pourquoi le joueur ne peut pas atteindre directement l'objectif
- Reward : récompense donnée au joueur une fois l'objectif atteint
- Means : moyens mis à disposition pour atteindre l'objectif

La mise en place d'objectifs a donc lieu à trois niveaux afin de toujours garder la motivation du joueur.

Plutôt que de parler de conditionnement, on peut plutôt d'association d'idées, concept sur lequel se base le conditionnement simple. Le jeu ne cherche en effet

qu'à guider le joueur dans le but de le rendre autonome en lui apprenant les règles qui régissent son gameplay. Plutôt que de dire explicitement l'impact de chaque action, le jeu va souvent faire sentir au joueur ou lui faire comprendre l'impact de celle-ci, notamment par le biais des feedbacks. Libre au joueur de s'adapter ou non, sa marge de liberté étant différente d'un jeu à l'autre.

Un jeu comme Pong associe directement le fait de rater une balle avec celui de donner un point à l'adversaire (et donc de rapprocher le joueur de la défaite) alors que renvoyer la balle et passer l'adversaire sera clairement montré comme une action positive. Bien qu'il reste libre de ne pas chercher à renvoyer les balles et tromper l'adversaire, sa marge de liberté reste cependant limitée par le potentiel d'action et les règles du jeu : il pourra par exemple essayer de faire durer l'échange le plus longtemps possible ou chercher à ne gagner qu'avec un seul point d'avance, mais n'obtiendra aucune récompense pour cela de la part du jeu, qui n'a pas pensé à cette association d'idées. A l'inverse un jeu plus riche comme Fable ou Minecraft sera beaucoup moins binaire qu'un simple "bien / pas bien".

3.1.3 L'état de flux ou expérience optimale

Le state of flow ou état de flux, fut originellement décrit par Csikszentmihalyi[9] dans les années 80 bien qu'il utilisa déjà ce terme dans ses recherches précédentes[8]. C'est l'état dans lequel une personne peut se trouver, proche de l'extase (dans le sens "se trouver à coté de") complètement immergée dans ce qu'elle fait, dans un état maximal de concentration. Cette personne éprouve alors un sentiment d'engagement total et de réussite. Dans cet état, on est alors hyper compétent, naturellement, inconsciemment dans ce qu'on est en train de faire : musique, sport, travail, jeux, lecture, etc. Cet état est commun chez les personnes exerçant une activité répétitive et/ou demandant de gros efforts physiques ou psychiques. On est comme détaché de son corps, que l'on voit agir tout seul. On est alors capable d'accomplir des choses qu'on serait incapable de réaliser consciemment de manière contrôlée. S'il n'est pas interrompu, cet état d'expérience optimale peut durer une dizaine ou une vingtaine de minutes.

L'état de flux est l'une des raisons pour lesquelles on joue aux vidéo [Murphy, 2011][23]. Leur but est de divertir en jouant sur la motivation du joueur, ce qui est lié au flow state. Le jeu, au moyen d'une balance entre compétences et challenge, maintient la vivacité d'esprit du joueur, avec une motivation importante et une attention forte[Rutledge, 2012][26]. Être dans cet état de flux permet donc au joueur une meilleure expérience de jeu augmentant son ressenti et son souhait de continuer à jouer[Chen, 07][6]. Pour rentrer dans cet état de grâce, les deux états d'esprit les plus proches sont l'excitation et le contrôle, le flow state se trouvant à

l'intersection de ces deux noeuds. On peut donc essayer de mettre le joueur dans ces états là si on cherche à stimuler ce flow state.

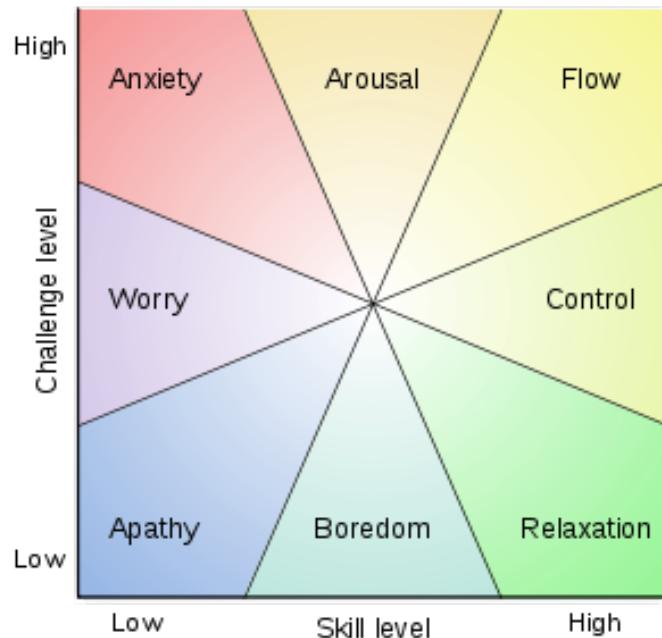


FIGURE 14: Positionnement entre les humeurs et l'état de flux [Csikszentmihalyi, 1997][10]

Csikszentmihalyi identifie les caractéristiques de l'état de flux :

1. prédispositions ou caractéristiques propices pour atteindre cet état :
 - des objectifs clairs et précis
 - équilibre entre difficulté de la tâche et compétences de l'acteur (joueur)
 - l'activité est en soi une source de satisfaction (amusante ou pour laquelle le joueur est impliquée)
2. conséquences et caractéristiques :
 - hyperfocus, concentration exacerbée sur une action précise
 - perte de la conscience de soi
 - perception du temps modifiée
 - rétroaction immédiate : prise de conscience de l'action effectuée, pour ajuster les suivantes
 - sentiment de contrôle de la situation

3.2 Jeux sérieux

Les jeux vidéo se révèlent être un outil dont l'impact peut dépasser la simple portée ludique. Les serious games se proposent de profiter du ressort ludique du jeu vidéo pour servir volontairement un objectif sérieux distinct. Jeux éducationnels, commerciaux, idéologiques ou d'entraînement font partie de cette famille des jeux sérieux. D'un point de vue thérapeutique, il est possible de les utiliser afin de rendre le travail de réhabilitation ou de remise en forme plus motivant pour le patient en combinant les aspects ludique et thérapeutique.

3.2.1 Serious games et théories comportementales

Les jeux vidéo sérieux se présentent comme un potentiel médiateur dans la modification des habitudes comportementales en permettant d'inclure des connaissances pratiques dans un modèle ludique apprécié. Il est possible d'y mettre en place des procédures de changement comme l'établissement d'objectifs ou la modélisation et le développement de compétences dans un environnement attrayant, significatif et immersif [Baranowski et al, 2008][3].

Les jeux vidéo promeuvent les interactions sociales et d'apprentissage [Wideman et all, 2008], créent un environnement où les actions du joueur ont un effet [Gee, 2004][13] , encouragent la résolution de problèmes [Gee, 2004][13] et renforcent la compréhension en créant des situations de réflexion ou en aidant le joueur dans ses objectifs [Gee, 2004][13]. Enfin, les jeux sérieux pour la santé sont fait pour distraire le joueur tout en l'éduquant, en l'entraînant ou en changeant ses comportements [Stokes, 2005][2].

Théories comportementales

Le comportement est la résultante d'influences multiples, rendant ainsi souvent les personnes réfractaires au changement [Baranowski, Lin & al, 1997][4]. Le comportement doit alors être considéré comme un mécanisme complexe découlant de l'enchaînement de plusieurs étapes. Ainsi, plutôt que de chercher à impacter directement le comportement, les experts comportementaux valorisent une action sur ces facteurs intermédiaires, appelés médiateurs. Changer ces médiateurs permet de changer le comportement [Baranowski, Lin & al 1997][4].

Plusieurs grandes théories comportementales existent :

- la théorie d'inoculation comportementale [McGuire, 1961]
- la théorie socio-cognitive [Bandura, 1986]
- la théorie de l'auto-détermination [Ryan & Deci, 2000]
- la théorie de l'immersion [Green & Brock, 2000]

De ces théories, l'on peut alors identifier un certains nombre de ces facteurs médiateurs tels que : l'immersion, l'attention, l'auto-régulation, le développement de compétences, la motivation interne et externe, l'autonomie ou encore le sentiment de compétence. La science du comportement fournit aussi des techniques qui facilitent le changement comportemental, et propose d'utiliser ces facteurs dans les média de divertissement tel que le jeu vidéo.

Le modèle : "Elaboration Likelihood Model" [Petty & Cacioppo, 1986] soutient ainsi que des personnages crédibles, attrayants et sympathiques sont plus susceptibles d'être persuasifs que les autres et peuvent donc servir d'intermédiaires pour véhiculer un message.

La théorie d'inoculation comportementale [McGuire, 1961] met en garde contre une possible contre-productivité en identifiant et en réfutant les menaces potentielles à l'accomplissement des objectifs du changement désiré.

La théorie socio-cognitive [Bandura, 1986] préconise l'établissement d'objectifs et le développement de compétences comme paramètres importants dans le changement comportemental.

Enfin, les théories socio-cognitive [Bandura, 1986] et d'auto-détermination [Ryan & Deci, 2000] mettent toutes deux l'accent sur l'importance du feedback pour guider et mettre en forme le comportement durant le processus de changement.

3.2.2 Jeux sérieux thérapeutiques

Dans notre contexte, l'aspect sérieux recherché du jeu est la réhabilitation motrice ou la rééducation physique du joueur. Ces objectifs sont indiqués par des thérapeutes, médecins ou kinés, notamment dans le cadre de réhabilitation de personnes hémiplégiques ou souffrant de douleurs lombaires. L'intérêt du jeu vidéo est alors de proposer un environnement de réhabilitation plus agréable et de faciliter l'acceptation des travaux de rééducation par le patient grâce aux éléments de gameplay. Le jeu peut permettre un plus grand volume de travail de la part du patient car celui-ci sera plus enclin à les réaliser dans le cadre du jeu sérieux. Surtout, le jeu sérieux augmente la répétition de mouvements, ce qui améliore l'état physique du joueur-patient. L'objectif à terme est donc d'améliorer les résultats de l'objectif thérapeutique.

3.3 Difficulté

Dans son livre *La cigale : jeux, vie et utopie*, le philosophe Bernard SUITS indiquait :

"Jouer consiste à tenter volontairement de surmonter des obstacles inutiles".

3.3.1 Définition et propriétés

La difficulté s'inscrit comme l'un des principes de base dans la création d'un jeu vidéo, et l'un des mécanismes pourvoyeurs de plaisir principaux de celui-ci. Il n'y en a en effet pour un joueur rien de plus frustrant qu'un jeu à la difficulté inexistante ou à l'inverse tout bonnement injouable de part sa difficulté excessive.

Dans sa thèse, Guillaume Levieux [Levieux, 2011][21] propose de définir la difficulté d'un jeu vidéo comme l'effort fourni par le joueur pour atteindre ses objectifs. La difficulté d'un jeu n'est pas une donnée stable et suit un processus qui doit être en constante évolution. Le niveau du joueur varie en effet au fil du jeu, du fait de son expérience et de son apprentissage, et la difficulté doit donc s'adapter. La difficulté n'est donc en fait pas une propriété du jeu mais la valeur de la relation entre le jeu et le joueur. Or en jouant, le joueur progresse, découvre l'univers du jeu et parfait sa connaissance de la mécanique du jeu, devient capable d'heuristiques pour prévoir les conséquences de ses actions, augmente ses capacités de coordination oculo-manielle et sa vitesse de réalisation des actions. La difficulté est donc variable, et tend à diminuer au cours du temps. La figure 15 illustre l'évolution de la difficulté d'un jeu au cours du temps.

Notons que le niveau du joueur peut aussi varier à la baisse, si il ne joue pas au jeu pendant un certain temps par exemple.

G. Levieux précise donc dans sa définition de la difficulté, qu'il est important de prendre en compte son aspect relationnel avec le joueur et introduit alors les notions de difficulté absolue et relative :

- la difficulté absolue d'un jeu décrit l'effort que doit fournir un joueur type, aux capacités statiques, pour atteindre les objectifs que son gameplay propose.
- la difficulté relative d'un jeu décrit l'effort que doit fournir le joueur, dont les capacités évoluent tout au long du jeu, pour atteindre les objectifs que son gameplay propose.

Pour maintenir la difficulté relative du jeu, il est donc nécessaire d'augmenter la difficulté absolue du jeu en fonction de l'évolution des capacités du joueur.

La difficulté augmente si l'on resserre les contraintes et délais d'exécutions des actions, si on ajoute de nouveaux éléments qui augmentent la complexité du système ou si l'on découvre une nouvelle partie de l'univers demandant ainsi une appréhension du système plus étendue. A l'inverse, la difficulté tend à baisser pour le joueur qui travaille son habileté, ou enregistre le mécanisme de nouveaux éléments ou parties du jeu.

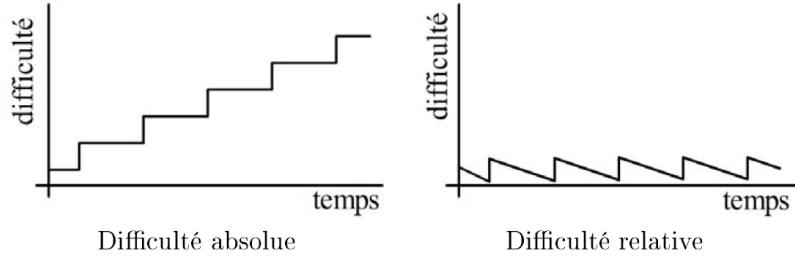


FIGURE 15: Evolution de la difficulté d'un jeu au cours du temps

3.3.2 Types de difficulté

Lorsqu'on pense aux jeux vidéo, on envisage naïvement deux types de difficultés : la difficulté de compréhension, et la difficulté d'exécution. Autrement dit, des jeux où il est difficile de savoir ce qu'il faut faire, et d'autres où il est difficile de réussir à le faire. En fait, tout jeu relève à la fois des deux types de difficultés, du moins dans une certaine mesure. C'est d'ailleurs un moyen de différencier un jeu casual (un peu des deux difficultés) d'un jeu hardcore (une des deux ou les deux, mais bien plus conséquentes). Cependant, ces deux types de difficultés ne s'opposent pas de manière binaire. Les jeux à haute difficulté d'exécution vont souvent être des jeux basés sur un gameplay classique mais en une version très difficile et poussée, alors que les jeux à haute difficulté de compréhension vont relever soit de leur propre genre, soit d'un genre nouveau unique.

Durant sa thèse, Guillaume Levieux[21] a tenté de mesurer le niveau de difficulté de plusieurs jeux, comme *PacMan*(qui dépend directement de la vitesse de déplacement du joueur et des fantômes). En s'inspirant d'un modèle de traitement de l'information, il a identifié trois niveaux de difficulté :

- la difficulté sensorielle qui correspond à la perception de l'univers,
- la difficulté logique se référant à la compréhension de l'univers,
- et la difficulté motrice, en rapport avec l'exécution physique de l'action à effectuer.

L'effort du joueur n'est pas directement mesurable à partir de l'historique de jeu, mais ses résultats le sont. Le problème c'est que l'effort n'est pas normalisé et dépend de chaque style de jeu. La difficulté réside donc dans une relation entre un joueur et le défi qu'il doit relever. La difficulté est en effet relative aux capacités des joueurs : nous n'éprouvons pas tous les mêmes difficultés pour les mêmes jeux ni aux mêmes endroits. Ce qui signifie qu'il faut définir le niveau de capacité des joueurs pour évaluer le niveau de difficulté du jeu.

La difficulté d'un problème n'a rien à voir avec la complexité : c'est un point de vue humain sur un problème. Une solution est de mesurer les échecs et leur évolution dans un jeu, le taux d'échec étant le résultat visible du niveau de difficulté pour une personne.

Dimensions de difficulté	Sensorielle	Logique	Motrice
Versant	Perception	Réflexion et décision	Action
Tâches du joueur	Explorer l'univers du jeu alimenter la base de faits qui le décrivent.	Induction de nouvelles règles à partir de la base de faits. Exploitation des règles et faits pour déduire l'action à effectuer.	Exécuter l'action en respectant les contraintes spatio- temporelles

FIGURE 16: Dimensions de difficulté

Guillaume Levieux [réf] définit donc trois types de difficultés dans le jeu vidéo :

- la difficulté sensorielle : décrit l'effort que doit fournir le joueur pour obtenir de nouvelles informations sur l'état de l'univers du jeu. Ces informations nouvelles correspondent à toute information que le joueur ne peut pas déduire des faits et règles logiques qu'il connaît déjà.
- la difficulté logique : décrit l'effort que doit fournir le joueur pour exploiter les informations dont il dispose, c'est à dire comprendre le fonctionnement de l'univers par induction, et choisir la prochaine action à réaliser par déduction.
- la difficulté motrice : décrit le niveau de précision spatiale et temporelle dont le joueur doit faire preuve lorsqu'il exécute une action.

A titre d'exemple, on peut associer un type de jeu par type de difficulté. Les jeux d'aventure se basent essentiellement sur la difficulté sensorielle, les jeux de stratégie sur la difficulté logique, et les jeux d'actions sur la difficulté motrice. Bien sur, chaque jeu est composé de chacune des trois dimensions, mais exploitées dans des proportions différentes.

Punitivité

Il s'agit de différencier la difficulté du jeu de la punition en cas d'échec. Ces punitions peuvent être dans l'ordre de sévérité : le respawn instantané, celui avec délai, la sauvegarde libre, le checkpoint, les vies limitées et la permadeath (mort immédiate et définitive). Ainsi, un jeu peut être très difficile mais peu punitif (*Super Meat Boy*) ou plus facile mais très punitif (*Binding of Isaac*, *Diablo* en mode hardcore). Lorsqu'il est à la fois difficile et punitif, le jeu entre alors dans la catégorie des jeux Hardcore.

Le casual et le hardcore

Difficulté et punitivité contribuent donc, parmi d'autres facteurs, à créer une relation entre le jeu et le joueur. Plus celles-ci vont être élevées, plus on va s'éloigner

du jeu casual pour se rapprocher du jeu hardcore, où un véritable investissement devient nécessaire pour accomplir le jeu. Il nécessite alors un temps d'investissement important ou une concentration soutenue (difficulté), chaque action va peser (punitivité) et demander au joueur de s'investir, à l'inverse du jeu casual.

3.3.3 Pourquoi aime-t'on la difficulté ?

Chimiquement

Le jeu vidéo est capable de fournir aux joueurs des sensations permettant de délivrer au cerveau dopamine ouadrénaline. L'expérimentation du flow state permet aussi au joueur un ressenti qu'il va chercher à renouveler.

L'engagement

Le jeu vidéo a par ailleurs cette particularité de faire que le joueur va avoir la volonté de recommencer un niveau ou une partie après un échec. Et cette volonté aura tendance à augmenter tant que le joueur n'aura pas atteint son objectif. Cette constatation peut être expliquée par la théorie psychosociale de l'engagement, et plus particulièrement du concept de dépense gâchée. Selon cette théorie, plus on a passé de temps dans une activité, à apprendre quelque chose ou dans une réalisation, moins on est enclin à y renoncer, sous prétexte du temps inutilement passé à s'y consacrer. Dans le jeu "je ne vais pas abandonner après être arrivé aussi loin !". L'engagement (et l'attachement aux valeurs) est d'autant plus important que l'investissement a été important, que ce soit en terme de temps, d'efforts, de sacrifices, de souffrance, etc.

Dissonance cognitive

Par ailleurs, l'humain (entre autre) est mal à l'aise et ressent une tension désagréable lorsqu'il est en état de dissonance cognitive. Cette dissonance est ressentie lorsque l'individu est en présence de cognitions (connaissances, croyances ou perceptions de soi ou son environnement) contradictoires ou incompatibles entre elles. Cet état entraîne un inconfort psychologique, parfois une réaction émotionnelle, qui pousse la personne à penser ou agir pour rétablir son équilibre cognitif à l'aide de stratégies inconscientes de rationalisation. L'éveil peut prendre bien des formes, la soumission, la rationalisation, la fuite, un comportement ou une action délibérée, la modification de ses croyances, attitudes ou connaissances pour les accorder avec la nouvelle cognition. Dans le jeu vidéo, cela se traduit par une auto justification de la persévérance du joueur, ou un rejet radical de l'activité. On va se trouver des excuses, etc.

Découverte et apprentissage

Ces principes sont primordiaux pour un certain nombre de joueurs. Que ce

soit la découverte d'un monde immense, des capacités de son personnage, des mécanismes du jeu ou encore d'un univers particulier, le plaisir réside dans le fait que rien n'est acquis et se découvre à force d'expérimentations et d'échecs. Au fur et à mesure de ses expériences et observations, le joueur va alors suivre une courbe de progression généralement logarithmique très gratifiante qui va l'inciter à poursuivre son apprentissage pour parfaire sa maîtrise du jeu. Cet intérêt est d'ailleurs suffisamment fort pour qu'une certaine communauté de joueurs complète ses connaissances à l'aide de forums, wiki ou vidéos qu'elle aura elle même mis en ligne.

Auto-détermination

R. Ryan et al propose d'expliquer la motivation du joueur à travers l'auto-détermination. Ils considèrent que les jeux vidéo satisfont des besoins psychologiques et permettent le développement d'un sentiment d'autonomie, de compétence et de connexion. L'autonomie décrit à la fois le fait que l'investissement du joueur est volontaire et que le joueur possède une autonomie au sein du jeu.

Auto satisfaction et dépassement de soi

Le plus grand plaisir qu'un joueur peut ressentir en jouant à un jeu difficile ou hardcore, est le sentiment d'auto satisfaction lorsqu'il réussit enfin à accomplir son action. A force d'efforts ou d'entraînement, il réussit à réaliser ce qu'il croyait impossible au premier abord, parce qu'il ne comprenait pas comment y arriver ou n'était simplement pas capable de le faire, par manque de techniques, d'imagination ou d'entraînement. Ce dépassement de soi (technique, intellectuel ou physique) est déjà gratifiant en soi, et récompense le long apprentissage auquel s'est adonné le joueur.

C'est la **réussite** d'un challenge **difficile** qui est satisfaisante, et non directement son accomplissement. À l'inverse, une majorité va choisir une difficulté normale plutôt que facile ou difficile, car les gens aiment **faire** quelque chose qui représente un **challenge modéré** : pas le choisir ou le réussir, moins glorieux.

L'enjeu

C'est aussi un grand pourvoyeur de plaisir. Un fort enjeux va inciter le joueur à ne pas jouer à la légère, à s'impliquer et donc à s'appliquer dans sa partie. On notera que l'enjeu est d'autant plus fort lors de partie multijoueur : les actions d'un joueur peuvent potentiellement influencer l'expérience de jeu de chacun des autres joueurs. En confrontation, il faut arriver à surpasser l'autre joueur, qui va faire de son mieux pour vous en empêcher. En collaboration, où l'erreur de l'un peut alors aussi coûter aux autres. L'enjeu crée alors un sentiment de tension, qui va lui même renforcer l'immersion du joueur.

Enfin l'intérêt des joueurs pour les jeux difficiles ou réputés comme tels, peut aussi s'expliquer par une certaine *nostalgie*, une forme d'*élitisme* voir de snobisme envers les jeux/joueurs dits casuals, mais surtout aussi par le plaisir ressenti par la réussite d'un défi qui leur est posé. Une forme de frustration idéalement dosée et que l'on a surmontée.

3.3.4 Difficulté dans les Serious Games

Les SG ont la particularité de conjuguer les mécanismes classiques du jeu vidéo à des objectifs sérieux de nature différente. Ces objectifs peuvent être la transmission de connaissances ou de valeurs si la visée est intellectuelle, ou bien un travail sur la forme ou les capacités physiques du joueur. Dès lors, la difficulté du jeu se dote d'une nouvelle composante relative à cet objectif thérapeutique.

Dans le cas de SG physiques, qui utilisent des périphériques comme la wii board, la kinect ou le PSmove par exemple, on pourra assimiler cette nouvelle composante à la difficulté motrice déjà définie. A la difficulté de synchronisation oculo-motrice de la main sur le contrôleur, s'ajoute des difficultés physique telles que la précision, l'endurance, l'équilibre ou la souplesse. Dans les jeux dont l'aspect sérieux est intellectuel, l'objectif sérieux peut venir enrichir la difficulté logique du jeu (difficulté de compréhension, de raisonnement, de mémoire). Dans les jeux sérieux dont le but est une rééducation psychomotrice, il est aussi important d'envisager un nouvel aspect de difficulté de type émotionnel. Il faut en effet prendre en compte l'enjeu médical et la possible fragilité du joueur, dont la progression ou non peut avoir un impact important sur son mental.

3.3.5 *Encart proposition*

Proposition d'une nouvelle composante : la difficulté émotionnelle

Nous avons vu dans notre recherche documentaire que sont définies trois types de difficultés dans les jeux vidéo. [Levieux, 2011][21] définit ainsi la difficulté sensorielle, la difficulté logique et la difficulté motrice.

Il est aussi possible d'envisager une dimension émotionnelle dans la difficulté. Cette difficulté peut se manifester lors de la réalisation d'une action dont la réussite ou non est importante pour le joueur, lors d'une confrontation avec une situation, un problème ou un objet dont le joueur a peur ou le rend particulièrement mal à l'aise par exemple : mise en situation d'une phobie, d'une scène en désaccord avec ses moeurs ou convictions, lui rappelant des évènements difficiles ou traumatisants, etc.

On peut citer l'exemple du jeu *Paper Please*, dans lequel on incarne un employé travaillant à un poste de frontière et qui contrôle l'accès au pays. Dans ce jeu, le joueur sera partagé entre respecter les consignes strictes d'immigration et le caractère émotionnel et personnel des personnes souhaitant entrer dans le territoire avec des histoires et des motivations personnelles, personnes pour lesquelles il nous faudra décider si on autorise ou on restreint l'accès. Cette décision pourra être particulièrement difficile car elle se fera au risque de perdre son emploi et ne plus pouvoir faire survivre sa famille ou d'être en profond désaccord, voir en situation de dégoût, avec soi-même...

Le joueur peut aussi s'imposer lui-même un certain nombre de contraintes, pour être en accord avec ses principes. Ces contraintes peuvent être d'ordre moral ou éthique (refus de tuer un personnage dans le jeu ou d'effectuer une mauvaise action), ou plus artificiel comme vouloir jouer de manière "Role Play" et donc s'interdire certaines actions ou au contraire s'en imposer d'autres. Ainsi, même si le joueur sait qu'il gagnerait à réaliser une action particulière et qu'il est en mesure d'y parvenir, il ne passera pas nécessairement à l'œuvre.

On pourra ainsi citer l'exemple du jeu *Valkyrie Profile*, dans lequel le joueur peut contrôler un personnage principal, ainsi qu'un groupe de personnages secondaires. Durant les phases de combats tactiques, le joueur a la possibilité de sacrifier un personnage secondaire afin d'obtenir une puissance phénoménale, qui se révélera souvent nécessaire d'acquérir tant la difficulté du jeu est élevée. Mais ces sacrifices sont permanents et l'avatar, ainsi que le joueur, devront les assumer et vivre avec la conscience d'avoir tuer ces personnages, ce qui fera évoluer différemment l'histoire.

Un autre aspect émotionnel se trouve dans l'acceptation du déroulement du jeu. Dans un jeu multijoueur compétitif ou opposant une IA, si l'adversaire emploie une stratégie ou une technique particulièrement frustrante pour le joueur, celui-ci peut s'en trouver affecté (colère, énervement, mauvaise estime de soi, mauvaise foi). Si cette situation continue ou est répétée, ou bien que malgré une difficulté modérée notre joueur continue de perdre ou de se faire mener en bateau pour une raison ou une autre, la difficulté émotionnelle deviendra telle qu'il pourra préférer abandonner. Cette situation particulièrement fréquente dans les jeux multijoueur en ligne peut mener à ce que l'on appelle couramment un *rage quit*, qui désigne familièrement le fait pour un joueur de quitter une partie en cours sous l'effet de la colère.

On peut noter que cette difficulté peut en fait impacter directement les trois autres aspects de la difficulté précédemment cités. Un joueur qui aura réellement peur perdra de ses capacités sensorielles, logiques ou motrices par exemple. Cet impact n'est cependant pas systématique : une situation obligeant le joueur à réaliser une action allant à l'encontre de ses principes n'affectera pas ses capacités, mais le joueur hésitera cependant à réaliser l'action qu'il sait nécessaire ; il aura compris la situation, trouvé la solution à sa réalisation et est physiquement capable de la réaliser, mais ne souhaitant pas la faire, différera son exécution, voir l'évitera si possible.

Dans le cas particulier d'un Serious Game pour la réhabilitation motrice, la difficulté émotionnelle peut se situer dans l'intérêt particulier qu'a le joueur-patient dans l'évolution de sa pathologie. Il est nécessaire en phase de rééducation que le patient soit capable de sentir qu'il progresse afin de garder sa motivation et poursuive son travail. Une confrontation trop fréquente à des gestes qu'il n'est pas encore/toujours pas capable de réaliser parce que trop difficile, aura pour conséquence de lui rappeler sa déficience et pourra lui faire perdre toute ambition thérapeutique.

Cette dernière constatation pose la question de savoir si la difficulté d'un jeu vidéo classique est comparable à celle d'un jeu thérapeutique. Le serious game thérapeutique se pose dans un contexte précis, dans lequel les joueurs sont des personnes blessées, physiquement et/ou psychologiquement. Il est ainsi difficile de s'attendre de leur part à des réactions classiques et c'est un facteur dont je pense qu'il est important de tenir compte. Bien doser l'évolution de la difficulté ou des exigences faites envers le joueur est ainsi primordial pour s'assurer du maintien de l'activité, et donc de l'amélioration de son état. Si le joueur se sent biaisé par l'application, à cause d'une difficulté trop importante ou

d'une évolution trop rapide, il aura tôt fait de cesser de jouer et le jeu, aussi efficace puisse t-il être par ailleurs, n'aura alors aucun impact.

Relation entre les différents paramètres d'un jeu vidéo

Afin de mieux comprendre pourquoi le jeu vidéo est un média apprécié et comment ses différents paramètres peuvent être utilisés pour des objectifs sérieux, j'ai cherché à trouver le lien entre ces composantes. Dans un contexte de rééducation, on va aussi chercher à connaître quelles théories sont intéressantes pour les thérapeutes, pour qu'ils puissent réaliser un classement par importance pour la thérapie. Comprendre les relations qui existent entre le jeu vidéo et le joueur pourrait aussi permettre de mieux comprendre les mécanismes en jeu et mieux orienter les exercices d'éducation ou de réhabilitation.

3.4 Réhabilitation

Un autre aspect est la dimension médicale de la rééducation. Connaître les enjeux, les contraintes, le contexte médico-social d'une réhabilitation ainsi que les techniques existantes s'avérait donc nécessaire. Cette partie est la synthèse de mes entretiens et investigations dans ce domaine qui ne m'était encore que peu connu.

3.4.1 Contexte socio-médical : connaître l'AVC

L'accident vasculaire cérébral, ou AVC, parfois aussi appelé attaque cérébrale, est un déficit neurologique soudain d'origine vasculaire causé par un infarctus ou une hémorragie au niveau du cerveau. Les symptômes peuvent être très variés d'un cas à l'autre selon la nature de l'AVC ou l'endroit et la taille de la lésion cérébrale, ce qui explique un large spectre : aucun signe remarquable, perte de la motricité, perte de la sensibilité, trouble du langage, perte de la vue, perte de connaissance, décès, etc.

L'accident vasculaire cérébral (AVC) est un événement de santé fréquent

Dans les pays occidentaux, près d'un individu sur 600 est victime d'un AVC chaque année, soit près de 120 000 accidents par an en France. L'AVC est une cause fréquente d'hémiplégie chez les victimes et reste une des principales causes d'invalidité.

La récupération des fonctions motrices, de la parole ou de la compréhension dépendent pour beaucoup de l'âge du patient et de son atteinte au niveau du cerveau.

- L'âge moyen de survenue d'un AVC est de 73 ans : 70 ans pour les hommes et 76 ans pour les femmes.

Schéma inspiré des théories comportementales et psychologiques et de concepts mis en place dans les jeux vidéo.

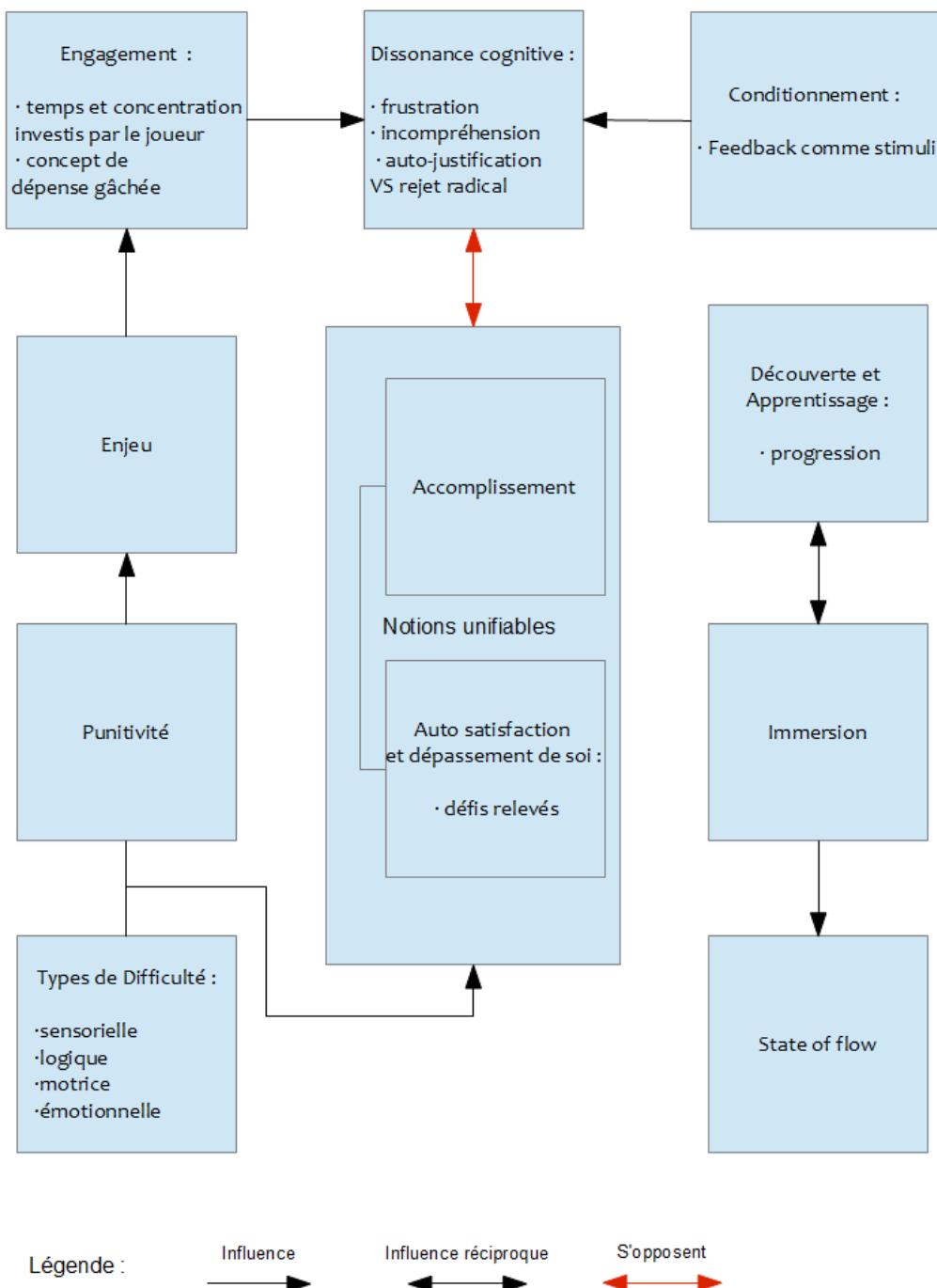


FIGURE 17: Relation entre les principaux ressorts psychologiques d'un jeu vidéo

- Les données préoccupantes concernant l'augmentation des AVC dans la population des moins de 65 ans concernent plus les femmes (+ 12,9%) que les hommes (+9,7%). Ce phénomène épidémiologique préoccupant est à examiner dans un contexte de diminution de l'espérance de vie en bonne santé (sans incapacité) qui est passée de 62,7 ans à 61,9 ans pour les hommes et de 64,6 ans à 63,5 ans pour les femmes, en seulement deux ans (entre 2008 et 2010)

L'accident vasculaire cérébral (AVC) est un événement de santé grave

En termes de mortalité : L'AVC représente la troisième cause de mortalité pour les hommes (après les cancers « de la plèvre, de la trachée, du larynx ou des poumons » et les cardiopathies ischémiques) et la première pour les femmes avant le cancer du sein.

En 2008, l'AVC a été responsable de 33 000 décès.

En termes de handicap : Dans les pays occidentaux, l'accident vasculaire cérébral est une cause majeure de handicap acquis de l'adulte, la deuxième cause de démence après la maladie d'Alzheimer et la troisième cause de mortalité.

L'AVC est souvent responsable de séquelles qui affectent la qualité de vie des patients.

- Les atteintes peuvent être motrices, sensitives, sensorielles et cognitives (avec notamment des troubles de la mémoire)
- Un mois après l'AVC, pour les personnes ayant survécues, les dépressions sont fréquentes et il est à noter que seulement 41% d'entre elles n'ont plus de symptômes, ainsi :
 - 25% présentent un handicap léger ou modéré
 - 34% ne peuvent marcher sans assistance.

L'AVC et Hammer & Planks

Hammer & Planks est né d'un projet d'une étudiante en ergothérapie dont le but était de proposer un jeu servant à travailler l'équilibre chez des personnes hémiplégiques ayant été victimes d'un AVC. Aujourd'hui, H&P peut être utilisé aussi bien pour travailler son équilibre, ses membres supérieurs son tronc ou sa capacité d'attention.

Lors de mes six mois de stage, j'ai ainsi été en relation avec plusieurs docteurs en médecine, des kinésithérapeutes ainsi que des ergothérapeutes.

3.4.2 Enjeux et objectifs thérapeutiques de la réhabilitation

Le principe de base est de faire un bilan initial. A partir de ce dernier on dégage des objectifs de rééducation. Pour atteindre ces objectifs, il existe des moyens de rééducation (exercices, physiothérapie, jeux vidéos, etc.) qu'il faut adapter au patient.

Les grands axes de rééducation

- Récupérer la commande motrice
- Diminuer la douleur
- Assouplir les muscles
- Récupérer la sensibilité
- Renforcement musculaire
- Transfert du poids du corps
- Travail de l'équilibre bipodal / unipodal
- Travail du schéma de marche

Définitions

- *La spasticité* consiste en un étirement rapide d'un muscle qui entraîne trop facilement sa contraction réflexe qui dure un certain temps.
- *L'hypertonie spastique* (musculaire) est une contraction réflexe du muscle qui s'oppose à l'étirement.

Signifiant VS significatif

L'aspect signifiant/significatif est un terme utilisé en ergothérapie pour définir le sens qu'a une activité auprès d'un patient.

- Une activité peut être qualifiée de *significative* quand elle revêt un **sens social commun**. Par exemple dans notre cadre, les jeux vidéo et notamment la Wii, peuvent être significatifs pour les personnes âgées de 10 à 30 ans, car ils sont beaucoup utilisés dans cette tranche d'âge.
- Une activité est dite *signifiante* quand elle a du sens pour la personne de **manière personnelle**. Par exemple, faire la vaisselle est **significatif** car on **doit** la faire. Mais en général les personnes n'aiment pas la faire et elle est donc pour eux non signifiante. Alors que 'moi', c'est une activité que 'j'apprécie : elle a donc pour 'moi' un sens motivationnel et est alors signifiante.

Cas de l'hémiplégie

C'est une pathologie qui n'est pas évolutive, on ne peut que récupérer. Cette récupération est différente chez tous les patients, en fonction de leur âge, leur

condition physique, de la gravité de la pathologie et de la rééducation mise en place.

3.4.3 Cas de l'hémiplégie

Mouvements analytiques / Motricité fine

Les hémiplégiques vont présenter des troubles de la sensibilité et des troubles de la commande volontaire. Un problème nerveux peut entraîner une augmentation du tonus musculaire pouvant provoquer une spasticité ou une hypertonus.

Parmi les objectifs, on va donc tout d'abord chercher à récupérer une commande motrice normale, puis à rééquilibrer les capacités (musculaires et nerveuses) et enfin renforcer les capacités musculaires. Dans la pratique, le patient va donc tout d'abord chercher à retrouver un mouvement précis, puis à être capable de l'effectuer de manière fluide et plus rapide, puis à pouvoir mettre de la force dans son geste, pour vaincre la gravité ou supporter un poids/une résistance par exemple.

Pour ‘vaincre’ la spasticité du patient, le praticien doit pratiquer des manipulations sur le patient pour étirer ses muscles. Il est donc difficilement envisageable de gamifier cet aspect de la rééducation.

Déficit léger : travail en 3D possible → Épaules

Déficit lourd : travail en 2D uniquement → Poignets et mains

Paramètres

Récupération de la commande volontaire, amplitude articulaire, spasticité, phase aiguë VS phase chronique(→ spastique)

Plasticité cérébrale : intensive et ciblée.

Les thérapeutes veulent :

- des mouvements répétitifs fins
- un type précis de mouvement (rotation par exemple)
- pouvoir paramétriser les exercices
- lâcher / écarter (voir le système PABLO)

Sensibilité

Exercice : le patient ferme les yeux, le thérapeute lui donne un petit objet dans la main. Que ressent-il ? Quelle texture, quelle forme ?

En fait, on lui présente avant l'exercice une série d'objets (éponges de différentes tailles et souplesses, figurines en bois de différentes formes). Puis, yeux fermés, il doit essayer de reconnaître l'objet que lui présente le thérapeute en identifiant ses propriétés haptiques et tactiles.

Ce travail de la sensibilité est particulièrement important pour les mains, riches en capteurs tactiles. Il est par ailleurs nécessaires de travailler cet aspect pour que le cerveau “n’oublie pas” en réutilisant les connexions neuronales spécifiques. Par ailleurs, on peut aussi travailler la sensibilité d’autres membres comme les pieds, ce qui est particulièrement important notamment dans le cadre de la marche où la perception des aspérités/irrégularités du sol est importante.

Cet aspect de la rééducation est complémentaire de celui de la récupération de la préhension. Le patient aura ainsi la capacité (commande, force) de tenir un objet, mais le lâchera faute d’informations sensorielles suffisantes.

Équilibre

Équilibre assis d’abord si la personne n’est pas capable de se tenir debout. Si son équilibre est vraiment précaire, il peut être nécessaire de placer le patient au milieu d’un cercle de maintien, ou de surveiller la personne.

On peut ensuite passer à un travail de l’équilibre debout, en diminuant progressivement l’écart entre les deux pieds. Un autre facteur de difficulté va être de fermer les yeux, le patient doit être capable de maintenir son équilibre.

Diminuer la douleur

Pour cela, plusieurs moyens. On peut prescrire des traitements : au niveau neurologique, articulaire ou musculaire ; de la physiothérapie ou une mobilisation passive (manipulation kiné). Mais pas de jeux. Pour les lombalgiques : en cas de crise aiguë, du repos, puis rapidement refaire de l’exercice. En phase chronique, augmentation du tonus musculaire et renforcement musculaire.

Transfert de poids

Chez les hémiplégiques gauche, le centre de pression va se situer à droite. On va donc chercher à déplacer le centre de pression du patient vers la gauche jusqu’à atteindre le milieu du corps, car il a la force et la commande. Voir équilibre.

Renforcement musculaire

A première vue, peu adapté à l’hémiplégie, on visera plutôt à retrouver un mouvement, une commande motrice (ou alors en fin de rééducation).

Paramètres

Fréquence, amplitude, durée du maintien, nombre de mouvements réalisés / répétitions, vitesse, fluidité.

En phase finale de récupération : endurance, périmètre de marche, performance : vitesse (de marche), marche sur terrain plat ou accidenté, contrôle moteur, coordination, travail dans les escaliers, relevé du sol (fonctionnel), retournement et transfert (passage du lit à assis, de assis à debout et inversement).

3.4.4 La réhabilitation au quotidien

Dans le cadre de mon travail sur le projet Hammer & Planks, j'ai réalisé plusieurs séances d'observations de séances de rééducations chez des kinésithérapeutes. Afin de mieux cibler les attentes et besoins à la fois des thérapeutes et des patients, il me semblait primordial d'assister directement à ces étapes de la réhabilitation. Je souhaite ici partager mon expérience au travers le compte rendu d'une demie journée d'observation chez le kinésithérapeute Didier Costeau, exerçant à Montpellier. Ce résumé est important en ce qu'il permet de saisir les enjeux sociaux, médicaux et techniques de la réhabilitation. M. Costeau a ça de particulier qu'il utilise dans son métier des jeux vidéo classiques dont il dérive l'utilisation dans un but thérapeutique.

Organisation

Une grande salle remplie de machines, dans laquelle les patients viennent en groupe tout au long de la journée. Les patients sont majoritairement hémiplégiques ou tétraplégiques, et se déplacent pour beaucoup en fauteuil.

D. Costeau passe d'un patient à un autre pour les préparer sur la banquette ou sur une des machines à sa disposition. Il dispose entre autre d'appareils de musculation (traction, pectoraux, etc), de vélos, d'un stepper ou d'un Huber (machine permettant de faire travailler l'équilibre, 80 muscles du corps), ainsi que d'un Segway. Il les aide donc à se positionner sur la machine et éventuellement à la régler (poids, attaches).

Puis, selon les exercices à réaliser, M. Costeau propose de réaliser cet exercice à l'aide d'un jeu vidéo en utilisant des consoles et accessoires de la Wii. En attachant une wiimote sur le stepper ou un vélo, le patient va être capable de profiter de l'environnement ludique du jeu vidéo tout en faisant ses exercices de rééducation. Les patients peuvent aussi jouer à plusieurs avec le jeu de tennis de Wii Sport, en tenant directement la wiimote dans leur main.

Par ailleurs, il utilise aussi la balance de la wii board, en ayant mis en place un système permettant de poser une planche sur la board, afin qu'une personne en fauteuil puisse y monter et l'utiliser. Cela permet de travailler l'équilibre ou la force des jambes d'un patient. Une variante propose même 2 bâtons de ski, afin qu'une personne ne pouvant pas beaucoup se pencher puisse s'aider des bâtons et

s'appuyer dessus. Dernière variante, accrocher une wiimote au dessus d'un casque, système notamment utilisé pour les personnes présentant une déficience motrice cérébrale, pour leur faire travailler leur port de tête.

A chaque fois, l'idée est évidemment de proposer un jeu afin d'offrir un feedback, ludique qui plus est, un suivi des progrès et une ambiance décontractée.

Autre fait notable, de nombreuses cordes de tension traversent la pièce ; elles ont été installées afin de pouvoir garder le dos des patients cambré. En effet, le dos a besoin d'être cambré, mais la colonne a tendance à se tasser à force de rester assis ; fait malheureusement inévitable chez les personnes en fauteuil.

Dans les pratiques plus classiques, j'ai pu assister à des manipulations directes du praticien sur les patients (travail sur les membres inférieurs ou supérieurs : extensions, flexions, jeu de force) ou à l'aide au réapprentissage de la marche, en mettant un patient debout et en le maintenant tout au long d'une marche.

Remarques, ressentis (mots clefs)

Aspect Social – Jouer ensemble

Première impression en arrivant : les séances se déroulent en groupe, et tout le monde **communique** ! Les gens se parlent, blaguent, jouent ensemble si c'est possible, etc.

C'est une constatation évidente, et cela m'a été confirmé oralement après, les patients préfèrent être en groupe : "On ne viendrait pas sinon". En arrivant, une personne jouait au tennis avec la Wii, et dès son arrivée, une patiente a voulu la rejoindre pour partager une partie multijoueur. Malgré la différence de niveau, tout le monde y trouvait du plaisir et y mettait du sien. Même les non joueurs se sentaient impliqués et commentaient la scène.

A mon avis, c'est un élément très important à prendre en compte. Il faut tout de même penser à intégrer le fait que les patients n'ont ni le même handicap, ni a priori le même niveau de joueur dans un jeu particulier.

Une suggestion qui tient à cœur le kiné, car très importante, serait la possibilité de jouer à plusieurs même à des endroits différents. Par exemple deux patients dans des chambres différentes, mais qui pourraient tout de même jouer une partie ensemble.

Les Jeux : gamification de la thérapie

De manière générale, les patients, l'âge ayant l'air d'un critère peu discriminant, ont clairement adopté l'usage des jeux vidéo pour leur séance de kiné. De la jeune

fille ou jeune adulte, au monsieur de près de 80ans, les patients jouent, et aiment ça. C'est à la fois surprenant et non. Si les dernières générations ont toujours connu les divertissements numériques, ce n'est pas le cas de la plupart des patients qui viennent au cabinet. Bien que peu voir pas à l'aise avec la technologie, ils reconnaissent aisément que cela peut être divertissant et se prêtent vite au jeu de la comparaison des résultats par exemple.

Ex : un patient de 78 ans (militaire, strict, sportif), qui "ne connaît pas Facebook, Google, Twitter et iPad, n'a pas d'ordinateur et n'en veut pas", apprécie les jeux et la console, car "Ça vous gnaque ! J'ai fait 8km, à mon âge !" après une séance de stepper avec la Wii.

Au niveau des performances, on peut citer un autre exemple, d'un patient utilisant un vélo équipé d'une Wiimote (cf partie feedback) : en l'observant, j'ai pu remarqué qu'il avait réalisé la majorité du temps de course les yeux fermés, comme pour se concentrer. Cependant, sur les 5 dernières minutes des 30, il a réouvert les yeux et j'ai pu constater que son allure augmentait alors significativement (de l'ordre de 30%). On peut supposer que le feedback donné par le jeu n'était pas complètement étranger à cette différence (bien que probablement pas le seul facteur). Une autre patiente utilisant la wii balance board avec son fauteuil pour jouer au snowboard, m'a confié que cela la lui permet de travailler aussi bien, avec une fatigue équivalente, mais que c'est « plus sympa »(bien que répétitif aussi à la longue) et « donne un objectif » (celui du jeu).

Pour nuancer ces propos, tous les patients n'ont cependant pas joué pendant leur séance ce jour là. Un monsieur dont l'hémiplégie était importante m'a expliqué qu'il ne pouvait pas jouer, aucun jeu ne pouvant s'adapter à ses capacités motrices réduites, malgré les nombreux arrangements qu'a réalisés Didier Costeau. Pour d'autres, ce n'était tout simplement pas prévu/possible de part la nature des exercices qu'ils devaient réaliser. Enfin, au moins une personne ne semblait pas du tout intéressée, mais je n'ai pas réussi à en connaître la raison .

Diversité – Variété

C'est LE problème décrit par tous les patients et le kiné : le manque flagrant de diversité, de représentations. Diversité des jeux, des niveaux, des bonus, de musiques (tout le monde se plaint !), d'obstacles, d'exercices, de la difficulté, etc.

Cohérence - Adaptation

Autre problème actuellement, parfois un problème de cohérence entre les gestes / mouvements du patient et le feedback du jeu. Notamment pour l'instant, un vélo customisé pour pouvoir être utilisé par une personne dans un fauteuil, vélo auquel on rajoute deux bras elliptiques sur lesquels on accroche une wiimote. La

wiimote effectue donc des mouvements verticaux, et actuellement, le jeu associé est un jeu de course à pied. Malheureusement, la vitesse de mouvement de la wiimote fait que l'avatar du patient court extrêmement lentement, sans cohérence avec sa performance à vélo. Il faut donc diversifier l'offre pour s'adapter au besoin, en proposant gameplay et feedback cohérents. Avoir une solution de jeu pour chaque type de mouvements / exercices que l'on souhaite faire. Cela passe par l'utilisation d'un panel de périphériques plus large.

Dans le même domaine, un problème reste le temps passé par le soignant à configurer les jeux, matériels et parties. Normalement, la configuration matérielle se fait une fois pour toute (lors de ma séance d'observation, il a fallu le refaire suite au changement de la console), mais c'est un point à penser pour éviter de faire perdre du temps dans le cas où cela doit se reproduire. Certains patients sont capables de choisir et lancer eux même leur jeu ainsi qu'une partie, mais ce n'est pas le cas de tous, et le soignant doit alors intervenir régulièrement. La navigation dans les menus est difficile. Il faudrait imaginer un système permettant de s'affranchir de cette aide, notamment si on entre dans l'hypothèse où les patients jouent chez eux sans personne alentours pour les aider (ou dans une optique de recherche d'autonomie). Cela peut cependant se révéler difficile pour les patients les plus atteints (capacités motrices extrêmement limitées, locution fortement diminuée). Cette remarque est d'autant plus importante qu'un certain nombre de patients ont acheté chez eux la Wii (c'est quelque chose à vérifier sur une échelle plus importante) afin de pouvoir s'entraîner chez eux.

Le soignant veut aussi pouvoir adapter facilement la difficulté d'un exercice en fonction du patient. Avec les appareils de musculation, il peut par exemple changer la valeur de poids à soulever ou la tension exercée, et l'adapte pour chaque patient. Dans ce genre là, s'inspirer du système de HUBER, qui offre un suivi des résultats pour chaque patient.

Aspect Médical

Lien avec la vision

Vu aussi lors de mes recherches documentaires, le lien étroit entre la vision et les capacités motrices. J'ai donc voulu confirmer cette hypothèse auprès des patients et du kiné. Celui-ci m'a alors parlé du problème de plasticité cérébrale. Brièvement, cela représente l'aspect déformable du cerveau et sa capacité à modifier l'organisation de ses réseaux de neurones en fonction des expériences vécues par l'organisme.

En plus d'avoir sa vision affectée par son AVC et l'hémiplégie, le patient va avoir tendance à délaisser son côté diminué, que ce soit physiquement ou visuellement.

Il est donc important de faire travailler simultanément sa vue périphérique du côté atteint en même temps que les membres affectés, dans le but de recréer des connections neuronales pour re-développer sa vision.

Importance des exercices sous-progressifs

Ce sont des exercices qui décomposent les mouvements et font travailler individuellement ces sous mouvements.

Travail bilatéral

Toujours d'après les recherches dans le domaine, penser à l'importance d'un travail bilatéral dans la rééducation. Voir section [4.4](#)

Schemes de diagonale

Les schemes de diagonale représentent le fait que la plupart des gestes que nous faisons (bras et jambes) se font sur un modèle de diagonale (car plus naturelle) dans la mesure du possible. Attraper un objet devant soi ou en hauteur (on croise le bras pour être bras tendu), la marche, le ski ou le snowboard, l'escalade, le tennis, etc.

Récupération de lombalgie

Si la réhabilitation post AVC a été au cœur de mon travail et de celui de NaturalPad, son objectif est de pouvoir proposer ou accéder à des solutions pour divers types de pathologies. Ainsi, un projet de NaturalPad pour lequel j'ai participé à la phase de conception a pour objectif de créer un serious game pour la rééducation de personnes lombalgiques.

La lombalgie est un état douloureux du rachis lombaire qui peut être aiguë ou chronique. Les lombalgies affectent une forte proportion de personnes puisque entre 40 et 70% de la population est touchée à un moment ou un autre. Sous l'effet de la douleur, une majorité des patients va cesser toute activité physique voir même professionnelle. Une de ses conséquences est aussi une démotivation de la personne pouvant aller jusqu'à un état de dépression, notamment dû à l'inactivité et la douleur. Comme préconisé dans le Guide du Dos^[7], la reprise et le maintien d'une activité physique sont primordiaux dans le processus de récupération.

Le projet de NaturalPad est une application de coaching sportif adaptée à ce besoin et proposant un certain nombre d'exercices physiques gamifiés afin d'encourager la reprise d'activité des utilisateurs.

3.5 Système de recommandation

Les systèmes de recommandation représentent les préférences de l'utilisateur dans le but de proposer des articles à acheter ou à examiner notamment. Dans notre problématique, un système de recommandation pourrait servir à sélectionner les paramètres de jeux, voir le jeu lui-même, qui correspondraient le mieux aux besoins du joueur. Rappelons que ces besoins peuvent être soit explicites, notamment à travers les recommandations et exigences du thérapeute, soit plus inconscients. Ces besoins inconscients représentent pas exemple les préférences du joueur-patient en terme de gameplay. Un jeu plus distrayant et motivant pour le patient renforcera son implication dans le programme de réhabilitation, et donc son rétablissement. Pour cela il faut donc à la fois connaître les préférences du patient, explicites ou 'découvertes' grâce à un système d'apprentissage par exemple, mais aussi s'appuyer sur un certain nombre de théories et connaissances que l'on sait efficaces pour renforcer cette immersion.

La proposition est ici de s'inspirer du monde de la musique (ou des livres, des films, ou encore des ventes en ligne) et de son système de recommandation.

On pense rapidement à deux types de recommandations. La recommandation sociale, qui consiste par exemple à conseiller à un utilisateur des musiques qu'apprécient des personnes de son réseau, surtout si elles écoutent généralement des musiques identiques. Un autre exemple sur les sites de vente en ligne, où l'on propose à un utilisateur venant d'acheter un objet, une liste de produits ayant été achetés en même temps par d'autres utilisateurs.

Le second type de recommandation se base pas non pas sur l'environnement social de l'utilisateur, mais sur le contenu même des objets recommandés. L'idée est alors de chercher à décrire un objet selon certaines caractéristiques, et à faire de même pour les préférences de l'utilisateur. On va ensuite lui conseiller les objets qui semblent être le plus proche des attentes de l'utilisateur en se basant sur ces critères de préférences.

Pour Vincent Castaignet, fondateur et directeur de la publication de Musicovery, au-delà de la recommandation éditoriale, il y a différentes manières de proposer des artistes/titres par similarité :

1. d'après les formes musicales sur lesquelles le goût des auditeurs est fondé.
2. d'après les repères mentaux utilisés par les auditeurs (genres, sous-genres, style).
3. social : si tu es membre de cette tribu et aimes cet artiste, alors tu vas aimer ces artistes.

4. contextuel : ceux qui écoutent ce titre dans ce contexte écoutent aussi ces titres.

Les passionnés de musique qui cherchent activement préféreront de la similarité type (2), le grand public plus passif de la similarité type (4). Un moteur de similarité intelligent devrait pouvoir combiner ces différentes formes et s'adapter en fonction du profil de chacun. Pandora est principalement construit sur (1), last.fm est (2) et (3), Musicovery (4). Deezer avec ces 30 millions de playlists a un actif considérable à exploiter en (3) et (4).

Les différents types de recommandation

Plusieurs techniques de recommandation ont été proposées : basées sur le contenu, sur des connaissances ou encore des techniques dites collaboratives ou sociales. Pour de meilleurs résultats, certaines de ces techniques peuvent être utilisées conjointement dans des systèmes de recommandation hybrides.

Propriétés des systèmes de recommandation

Les systèmes de recommandation possèdent :

- des données de base : données que le système possède avant même de commencer la recommandation
- des données d'entrée : données que l'utilisateur fournit au système dans le but que ce dernier lui fournissent des recommandations.
- un algorithme qui utilise ces données de base et d'entrée pour générer les résultats.

avec :

- I : ensemble d'objets sur lequel sont faites les recommandations
- U : l'ensemble d'utilisateurs dont les préférences sont connues
- u : l'utilisateur pour lequel les recommandations doivent être générées
- i : objets pour lesquels on souhaiterait prédire une préférence de la part de u

Collaborative

Méthode la plus mature et répandue. Le système agrège les notes ou recommandations des objets, relève les similarités entre les appréciations des utilisateurs et en déduit de nouvelles recommandations pour les utilisateurs. Certains systèmes prennent le temps en paramètre dans leur évaluation afin de prendre en compte l'évolution de l'intérêt des utilisateurs au fil du temps (effet de mode, etc). L'évaluation peut être simplement binaire ou plus complexe en utilisant une échelle de graduation. Les systèmes peuvent être soit basés sur une mémoire, comparant les utilisateurs par corrélation ou autre, soit basés sur un modèle : celui-ci est

On peut distinguer 5 types de systèmes de recommandation

Technique	Background	Input	Process
Collaborative	Ratings from \mathbf{U} of items in \mathbf{I} .	Ratings from \mathbf{u} of items in \mathbf{I} .	Identify users in \mathbf{U} similar to \mathbf{u} , and extrapolate from their ratings of \mathbf{i} .
Content-based	Features of items in \mathbf{I}	\mathbf{u} 's ratings of items in \mathbf{I}	Generate a classifier that fits \mathbf{u} 's rating behavior and use it on \mathbf{i} .
Demographic	Demographic information about \mathbf{U} and their ratings of items in \mathbf{I} .	Demographic information about \mathbf{u} .	Identify users that are demographically similar to \mathbf{u} , and extrapolate from their ratings of \mathbf{i} .
Utility-based	Features of items in \mathbf{I}	A utility function over items in \mathbf{I} that describes \mathbf{u} 's preferences.	Apply the function to the items and determine \mathbf{i} 's rank.
Knowledge-based	Features of items in \mathbf{I} . Knowledge of how these items meet a user's needs.	A description of \mathbf{u} 's needs or interests.	Infer a match between \mathbf{i} and \mathbf{u} 's need.

FIGURE 18: Techniques de recommandations [R. Burke, 2002] [?]

dérivé à partir de l'historique des données d'évaluation et utilisé pour faire les prédictions. La plus grande force de ces techniques est qu'elles sont complètement indépendantes de la représentation informatique des objets recommandés.

Démographique

Ces systèmes de recommandation ont pour but de catégoriser l'utilisateur à partir de ses caractéristiques propres et de faire des recommandations en fonction de son appartenance à l'une des classes démographiques prédéfinies. L'avantage d'une approche démographique est qu'elle ne requiert pas un historique des évaluations des utilisateurs à l'inverse des méthodes collaboratives et basées sur le contenu.

Basée sur le contenu

La recommandation basée sur le contenu est une excroissance et la poursuite de la recherche d'information de filtrage. Dans ces systèmes, les objets sont définis en fonction de leurs caractéristiques associées. Le système apprend à connaître le profil de l'utilisateur en se basant sur les caractéristiques des objets évalués par l'utilisateur. C'est une corrélation objet-à-objet. Le profil dérivé dépend évidemment du type d'apprentissage employé : arbre de décisions, réseaux de neurones et représentations par vecteurs sont utilisés.

Fondée sur l'utilité

Ces systèmes font des suggestions en se basant sur une estimation de l'utilité

de chaque objet pour l'utilisateur. Le problème central étant comment créer cette fonction d'utilité pour chaque utilisateur. D'abord évaluer les objets (différentes méthodes), puis le profil utilisateur, avant de calculer la correspondance entre les deux. L'avantage de la technique est qu'elle peut prendre en compte des attributs non directement propres aux objets évalués (fiabilité du vendeur, disponibilité du produit, etc.) pour proposer des recommandations plus pertinentes (besoin immédiat ou meilleur prix par ex.).

Basée sur le savoir/connaissance

Tenter de recommander des objets en inférant les besoins et préférences de l'utilisateur. Ces systèmes se distinguent en ce qu'ils ont un savoir fonctionnel : ils ont connaissance que tel objet répond à tel besoin et peuvent alors abstraire la relation entre le besoin et une possible recommandation.

Les systèmes de recommandations basés sur l'utilité et sur le savoir n'essaient pas de construire des généralisations à long terme à propos de leurs utilisateurs, mais préfèrent baser leurs conseils sur une évaluation de la correspondance entre les besoins d'un utilisateur et un ensemble d'options disponibles.

3.6 Méthodologies de conception

On peut naïvement imaginer deux approches de conception s'opposant dans la conception des jeux sérieux. La première consisterait, de partir des objectifs sérieux et de proposer une “gamification” de ceux-ci en ajoutant des éléments de jeu. La seconde, à l'inverse, serait de partir de la composante ludique du jeu pour y intégrer ensuite le contenu sérieux. Bien qu'ayant l'avantage d'être simples à concevoir, ces deux démarches ont pour limite d'avantager l'une ou l'autre des composantes. Un jeu sérieux conçu à partir d'une base ludique aurait un impact sérieux limité, alors que l'ajout d'une composante ludique à une finalité sérieuse serait peu convaincant. Une troisième approche est donc de prendre en considération à la fois la composante ludique et l'intention sérieuse dès le début du processus de conception pour les fusionner au mieux. Si elle est correctement mise en place, cette approche promet une forte utilisation du jeu et un impact sérieux efficace. Elle présente néanmoins le défaut de devoir imaginer une nouvelle solution pour tout nouveau couple (jeu, objectif sérieux). C'est ce type d'approche que nous proposons ici, et nous verrons comment les résultats peuvent être réemployables.

Participative design : conception participative

La conception participative est une méthode de travail utilisée principalement en conception de logiciel interactif. Sa principale caractéristique est la participa-

tion active des utilisateurs au travail de conception. Il s'agit donc d'une méthode de conception centrée sur l'utilisateur où l'accent est mis sur le rôle actif des utilisateurs [27].

Il existe dans la littérature de nombreuses variantes de la méthode et de nombreuses techniques utilisées pour impliquer efficacement les utilisateurs. On peut noter particulièrement :

- l'observation et entretiens
- la production de scénarios
- le brainstorming
- le prototypage papier
- le prototypage vidéo

Une première séance de conception a lieu en début de projet : celle-ci regroupe les chercheurs et les développeurs de l'application, mais aussi les utilisateurs futurs ou potentiels. Intégrer les utilisateurs au processus de conception permet d'entrevoir au mieux leurs besoins et d'éviter un maximum d'erreurs d'interprétation ou d'oubli (voir illustration figure 19). Les utilisateurs aident aussi à définir les problèmes éventuels et leurs possibles solutions.

Par ailleurs, plusieurs séances peuvent avoir lieues tout au long du projet, afin de vérifier si les besoins ont évolués et si le développement actuel est effectivement en accord avec ceux-ci. Les utilisateurs aideront aussi l'équipe de recherche et développement à juger de la pertinence des solutions apportées.

D'un point de vue du développement, on notera que ce type de conception s'accorde parfaitement avec une méthodologie AGILE, et notamment la méthode SCRUM qui consiste en de courtes périodes de développement entre lesquelles on met en relief l'avancement par rapport au projet global.

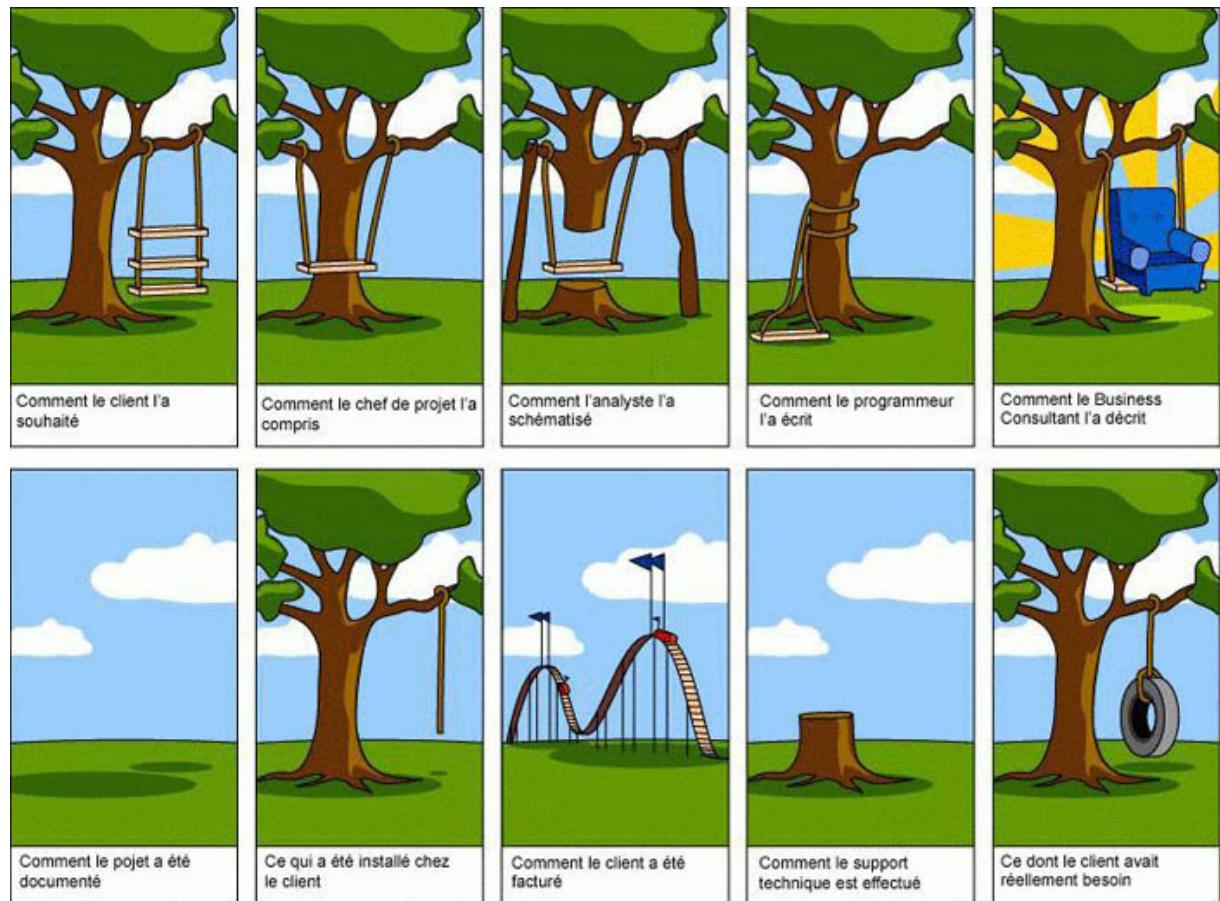


FIGURE 19: Allégorie d'un projet informatique

4 État de l'art

4.1 Théories psychologiques et comportementales dans les Serious Games

Les serious games ou jeux sérieux sont donc une catégorie de jeux ayant la particularité d'avoir une portée supplémentaire au divertissement. Ils restent cependant des jeux en ce qu'ils en intègrent les caractéristiques ludiques, et même plus les utilisent pour parvenir plus aisément ou efficacement à leur objectif sérieux. Dans cette partie, nous allons voir comment un jeu sérieux peut parvenir à des résultats sérieux et quels sont les mécanismes sous-jacents qui permettent une telle efficacité, souvent inconsciente chez le joueur.

4.1.1 Théories comportementales dans un serious game éducatif

Identification

Fait référence aux feedbacks ou aux conseils qui sont *personnalisés* afin de mieux toucher le joueur [Kreuter, Strecher & Glassman, 1999].

Mini-jeux de connaissances

Des connaissances pratiques et théoriques spécifiques sont un élément nécessaire, mais pas suffisant, d'une modification des habitudes comportementales [Bandura, 1986]. Ces mini-jeux peuvent être explicites (dans un mode à part) ou correspondent aux boucles micro du gameplay.

Ajustement des objectifs

C'est un processus complexe qui permet à la fois de définir un objectif et les manières de l'atteindre [Gollwitzer, 1999], en prenant en considération les capacités et valeurs personnelles pour les lier à son objectif [Ryan & Deci, 2000]. Parce que l'autonomie améliore la motivation personnelle [Ryan & Deci, 2000], proposer et permettre au joueur de réaliser ses propres choix ou de paramétrier ses objectifs est donc conseillé.

Résolution de problèmes

Bien que les difficultés et obstacles interfèrent de premier abord dans la réalisation de ses objectifs, arriver à les surmonter est un moteur de motivation puissant [Frauenknecht & Black, 1995]. Le joueur doit prévoir ces difficultés et mettre en place un plan pour arriver à les dépasser. Ces solutions doivent paraître réalisables et plausibles pour ne pas décourager le joueur [Elaboration Likelihood Model : Petty & Cacioppo, 1986].

Exposition des motivations

La théorie de l'auto-détermination [Ryan & Deci, 2000] indique que la motivation personnelle est d'autant plus importante que la personne voit le lien entre son comportement et des choses importantes pour elle, comme une valeur qui lui est chère. Par exemple dans un serious game de rééducation motrice, si pouvoir faire du tennis est une chose importante pour le joueur-patient, on lui rappellera que réaliser des étirements quotidiens permet de récupérer plus rapidement.

Revue des objectifs et du travail accompli

Cette activité renforce le sentiment d'accomplissement personnel et augmente l'auto-efficacité [Bandura, 1986].

Feedback

Un feedback bien conçu renforce l'efficacité personnelle [Schuk, 1986] et le sentiment de compétence. [Ryan & Deci, 2000]

Pour vérifier l'application de ces théories sur un cas pratique, [Thompson et al, 09] ont participé à la création d'un Serious Game : DIAB. DIAB est un jeu vidéo divertissant, mais sérieux et se basant sur ces concepts théoriques, conçu pour réduire les risques de diabète de type 2 et d'obésité infantile. Il émerge de cette expérience que les jeux sérieux fondés sur une base théorique peuvent être efficaces pour parvenir à un changement à la fois dans le régime alimentaire et l'activité physique. Peu est encore connu dans le domaine, mais il en sort que les mécanismes et processus de changements comportementaux ont aussi leur place dans les jeux sérieux et peuvent permettre d'améliorer l'efficacité de ces derniers. Cette expérience décrit aussi comment des experts du divertissement et d'une spécialité différente peuvent allier leurs talents respectifs pour créer un jeu sérieux efficace et divertissant basé sur un socle théorique.

4.1.2 Apprentissage et propriétés des jeux vidéo

Théories de l'apprentissage

Les serious games sont aujourd'hui utilisés comme nouveaux vecteurs d'apprentissage. Ils sont en effet porteurs de nombreux éléments qui sont propices à l'apprentissage [Baranowski, 08]. On ne connaît cependant pas la relation entre les attributs d'un jeu et les résultats de l'apprentissage, ni si ces liens sont directs ou indirects, si un seul paramètre ou une combinaison de ceux-ci auront un impact différent ou plus important [Wilson 09][28].

Plusieurs théories de l'apprentissage permettent d'en expliquer les mécanismes, que nous essaieront par la suite de lier aux paramètres d'un jeu vidéo.

Cognitive learning outcomes : Dans cette théorie, [Kraiger et all, 93] développent 3 notions : la connaissance déclarative (le quoi), la connaissance procédurale (le comment) et le savoir tacite ou stratégique (qui, quand, pourquoi). Ces trois catégories décrivent le processus cognitif d'apprentissage, et se rapprochent fortement des sous-catégories de la connaissance de [Bloom, 1956].

Skill-based learning outcomes : En poursuivant le développement de leurs capacités cognitives, les apprenants progressent vers des méthodes d'apprentissage basées sur les compétences. Ces compétences se concentrent sur le développement de techniques ou de compétences motrices en dépassant progressivement la phase de réflexion consciente. Les compétences psychomotrices demandent de la pratique et peuvent être catégorisées parmi 7 catégories de la plus simple à la plus complexe : perception (sentir les moteurs permettant de réaliser le mouvement), volonté d'agir, imitation (être capable de réaliser un mouvement défini), automatisme(réalisation d'un schéma moteur), réponse manifeste complexe, adaptation et originalité.

Affective learning outcomes [Kraiger et al 1993]. Selon cette théorie, l'apprentissage façonne aussi les sentiments d'un individu. Kraiger et al décrivent les résultats d'un apprentissage par les émotions comme impliquant des concepts tels que l'attitude, la motivation et les objectifs.

En 2012, Curtiss s'inspire des lois de l'apprentissage de Thorndike qui décrivent trois principes : la bonne volonté(readiness), la pratique(exercice) et l'effet(effect), auxquels ont été depuis ajoutées les lois de primauté, d'intensité et de récence. Son travail portant sur l'utilisation de serious games éducatifs dans l'armée, il simplifie et ne garde de ces lois que les aspects inconditionnels, dans le temps ou le milieu d'apprentissage par exemple. Il décrit ainsi six nouvelles lois de l'apprentissage pour les jeux, décrites dans le tableau de la figure 20.

Les jeux vidéo comme outil d'apprentissage

Les concepteurs de bons jeux vidéo mettent en place d'excellentes méthodes pour que les joueurs apprennent et aiment apprendre dans le jeu vidéo. Initialement, cet apprentissage ne concernent que les principes importants pour jouer au jeu, mais on observe très vite un phénomène d'apprentissage tangentiel chez les joueurs, qui apprennent aussi plus facilement des notions facultatives pour le gameplay. Gee se propose en 2005 de discuter de 13 principes d'apprentissage efficaces, et de leur

Law of Learning	Idea	Game Design Techniques
Motivation (Law of Readiness)	Motivated students learn more	<i>Flow</i> is the fundamental attraction of games. Games are <i>fun</i> and require moment-by-moment <i>choices</i> . This leads to extremely motivating experiences.
Feedback (Law of Exercise)	Feedback is how learners correlate actions with outcomes	<i>Feedback</i> is an essential part of games and a requirement for <i>flow</i> . The <i>simplicity</i> of games helps the learner correlate actions to outcomes.
Practice (Law of Exercise)	Practice is necessary for learning and mastery	Games use <i>practice</i> to promote mastery. They use increasing difficulty to keep players in <i>flow</i> and promote the learning of virtual or real skills needed to progress.
Positive Feelings (Law of Effect)	Learning is increased when associated with positive feelings	Games are supposed to be <i>fun</i> - defined as the positive feelings associated with compelling flow experiences. The <i>simplicity</i> and <i>involvement</i> of games encourages feelings of accomplishment and mastery.
Intensity (Law of Intensity)	Intense experiences increase learning, interest, and retention	A person in <i>flow</i> is intensely focused on an activity. The <i>feedback</i> loop intensifies the relationship between action and outcome. Games use a combination of <i>immersion</i> and <i>engagement</i> to create intense experiences.
Choice/Involvement (Laws of Intensity, Readiness, Effect)	Involvement and decision making can increase motivation, intensity, and positive feelings	Games <i>simplify</i> the world to a series of interesting and meaningful <i>decisions</i> . From moment to moment, players are actively engaged in the process of learning through experience.

FIGURE 20: Lois de l'apprentissage dans les jeux vidéo, [Murphy, 2011][23]

intérêt à les mettre en application au travers de jeux vidéo. Il divise ces principes en trois catégories en précisant que le principal problème à la mise en place de tels systèmes d'apprentissage reste le coût.

La participation des apprenants (Empowered Learners)

- Co-design : l'apprenant doit être un acteur actif (producer) et non passif (consumer).
- Customisation : l'apprenant doit pouvoir prendre des décisions quant à la méthode d'apprentissage (chacun est différent) et s'essayer (être encouragé) à de nouvelles.
- Identification : un apprentissage en profondeur requiert une réelle implication, implication qui se fait bien plus présente lors d'un jeu de rôle
- Manipulation et connaissance distribuée : les sciences cognitives montrent que la pratique, notamment au travers d'un tiers (robot, entité, etc) permet de ressentir soi même les choses et de mieux les comprendre (empathie).

Résolution de problèmes

- Difficulté progressive (well-ordered problems) : être confronté trop tôt à un problème trop difficile n'est pas efficace, bien que pouvant amener à des solutions très créatrices ; alors qu'une évolution progressive de la difficulté

- permet à l'apprenant de comprendre seul au fur et à mesure.
- Frustration plaisante : notion de challenge : dur mais faisable.
 - Cycle d'expertise : répéter et pratiquer ses compétences jusqu'à les maîtriser, puis confronter l'apprenant à une difficulté lui demandant de mettre en pratique toute cette maîtrise, ancienne ou récente. Puis répéter ce cycle à un niveau plus élevé (système levels /boss).
 - Information ‘On Demand’ and ‘Just in Time’ : On part du constat que les humains ne peuvent / veulent pas emmagasiner une grande quantité d'information sans contexte. On apprend beaucoup mieux une information si elle est donnée dans un cas d'utilisation, un contexte, lié à une image, etc. C'est le « just in time ». De la même manière, on peut vouloir la retrouver aisément lorsqu'on en a besoin, le « on demand ». Cela se traduit dans les jeux par les tutoriels et manuels d'utilisation.
 - Aquarium : C'est le principe de l'écosystème simplifié permettant d'appréhender un sous ensemble des paramètres, afin de ne pas être directement surchargé par la masse d'information. Dans les jeux, on va penser aux démos ou aux premiers niveaux simplifiés (didacticiels).
 - Sandboxes : ou Bac à sable : proposer un environnement identique à l'environnement réel, mais plus sûr et sécurisé. Dans ce contexte, l'apprenant va pouvoir expérimenter sans risque avec un réel sentiment d'accomplissement et d'authenticité. Il n'y a rien de pire qu'un jeu où après bien des efforts, on perd juste avant de pouvoir sauver. Cela induit une manière de jouer très 'safe' où ne prend plus aucun risque sans chercher à explorer les possibilités du jeu.
 - Skills as Strategies : Sur le principe de « c'est en forgeant que l'on devient forgeron », c'est à force de pratiquer une compétence que l'on finit par la maîtriser. Mais l'on n'aime pas pratiquer sans raison, il faut donc arriver à lier ses objectifs personnels avec l'utilisation de la compétence. En jeu, passer par une phase obligatoire d'utilisation d'un skill (*Zelda*).

Compréhension

- Pensée globale (System Thinking) : Comprendre comment s'intègre la notion ou compétence nouvelle dans le système global permet de mieux l'appréhender. Pousser cette compréhension (en montrant quels leviers d'action permet ou non chaque élément) de manière à être capable d'inférer les règles 'sémantiquement' liées.
- Meaning as Action Image : Le fait que quand les gens pensent à un concept, ils n'y pensent pas à travers sa définition générale, mais à travers l'expérience personnelle qu'ils ont de ce concept. Lié au principe « Just on time and on demand ».

4.2 Réhabilitation et serious games pour la santé

Comme nous l'avons vu, les serious games sont des outils efficaces pour servir une cause sérieuse par l'intermédiaire du jeu. Ils peuvent aussi être utilisés pour aider à la rééducation fonctionnelle en augmentant la motivation des patients ou à améliorer leur style et hygiène de vie.

4.2.1 De nouvelles modalités pour la thérapie

Walt Scacchi?? s'est intéressé à la question et a cherché à connaître quels sont les paramètres importants pour qu'un tel jeu soit efficace et puisse aider en thérapie et réhabilitation. Il a étudié différents types de jeux comme *Quest for the Code*, un jeu pour apprendre aux joueurs à mieux connaître et gérer leur asthme, *Famscape*, un jeu social encourageant à des objectifs de vie sains ou encore *SimHealth*, jeu de simulation d'un système de santé national.

Scacchi?? résume en trois points clefs comment les jeux peuvent aider en thérapie et réhabilitation :

1. **motivation** : challenge, histoire, compétition. C'est le → "why I start".
2. **soutien** : interface, processus de jeu, conseil du personnage, cohésion multi-joueur. C'est le → "why I enjoy playing".
3. **maintien** : boucles de jeux, modèles d'engagement durables, score, progression, immersion. C'est le → "why I keep playing".

Il définit aussi quatre domaines d'intervention pour permettre le changement de comportement pour la santé?? :

1. augmenter activités physiques et performances.
2. sensibiliser à une bonne gestion de sa santé.
3. améliorer son hygiène de vie.
4. proposer des thérapies d'aide.

Burke et al[5] ont précisé l'intérêt particulier de la motivation dans les serious games. Selon eux, son facteur principal est le challenge proposé par le jeu. Le niveau de difficulté doit ainsi suivre une courbe croissante pour s'adapter à l'évolution du joueur (figure 21).

Le challenge doit correspondre aux capacités du patient. Au commencement d'un jeu, un joueur va généralement désirer un niveau de jeu faible qui correspond à sa familiarité avec le jeu. Ils proposent pour cela de passer soit par un ajustement manuel de la difficulté soit par une adaptation dynamique des éléments du jeu.

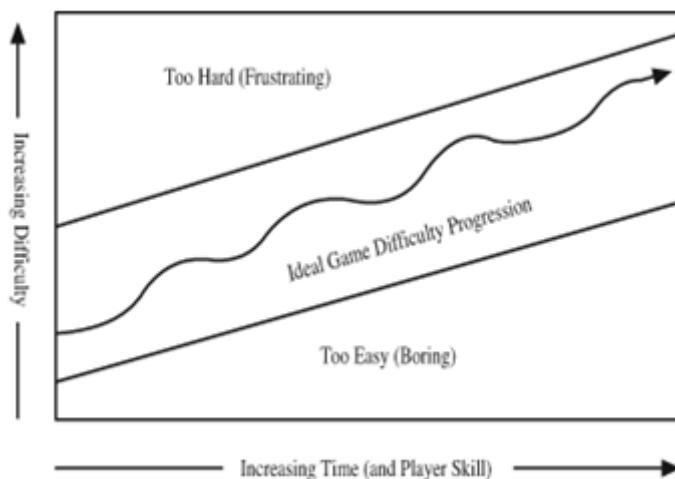


FIGURE 21: Évolution idéale de la difficulté dans un SG [Rabin, 2005]

Proposer de nouveaux contrôles

Se concentrant sur les serious games destinés aux personnes âgées, [Gerling and Masuch, 2011][14] déplorent la complexité des périphériques grand public tels que les accessoires de la Wii.

Afin d'aider à augmenter la motivation des joueurs, proposer de nouveaux types d'interactions est un enjeu majeur [Gerling and Masuch, 2011].

Scacchi?? et [Burk et al][5] ont ainsi référencé les usages de différents périphériques dans les serious games pour la santé. Ils proposent aussi l'utilisation de périphériques existants dont l'utilisation pourrait se prêter à un usage thérapeutique.

On retrouve ainsi :

- Guitare (de Guitar Hero) et batterie (de Rock Band).
- Joystick, trackball (boule de commande) et volant haptique.
- Contrôleurs avec retour de force : volant de course, vessie pneumatique, etc.
- Contrôleurs multi-senseurs : vidéo, IR, accéléromètre, neuro-senseur, électro goniomètre, accessoires de la Wii, etc.
- Remote and Nunchuk, Kinect
- Contrôleurs multi-articulés, ou 'équipés' : data gloves, GypsyMIDI, MYO, etc.
- Joystick d'entraînement chirurgical endoscopique : Simball 4D

L'utilisation de télécommandes Wii ou d'instruments factices pour simuler l'utilisation de vrais instruments est un exemple qui possède un potentiel de rééducation



FIGURE 22: Gants multiarticulés P5 Gloves



FIGURE 23: Volant haptique pour xBox 360

important. De nombreuses possibilités en terme de réhabilitation des bras et des poignets sont envisageables, et possèdent de nombreux atouts : feedback auditif, feedback visuel, niveau de difficulté ajustable (en fonction de la musique jouée) et motivation importante pour le joueur.

4.2.2 Proposer des jeux adaptés

Un des principaux problèmes de d'utilisation de jeux pour la santé est celui de l'adaptation du jeu aux capacités du joueur-patient[12]. Ceux-ci sont des joueurs particulier et les jeux classiques du commerce sont rarement en relation avec leurs capacités.

Gerling et Masuch[14] déplorent que bien que l'utilisation de jeux vidéo chez les seniors ait des effets positifs sur leur bien-être général, peu de jeux leur sont pleinement accessibles.

Il est important de prendre en compte les capacités cognitives et motrices du joueur dans la conception du jeu.

S'intéressant à l'utilisation de jeux chez les seniors, ils notent de nombreuses difficultés chez les joueurs joueurs, dues à leur capacités diminuées, à différents niveaux :

1. **les interfaces** : trop complexes, trop colorées, surchargées d'informations, navigation non intuitive pour des personnes néophytes du JV, polices trop petites, trop grande variétés de possibilités dans les menus.
2. **les contrôleurs** : balance board et Wii Remote facilement pris en main par les joueurs MAIS :

Criteria for Stroke Rehabilitation	Criteria for Elderly Entertainment
<ul style="list-style-type: none"> • Adaptability to motor skill level • Meaningful tasks • Appropriate feedback • Therapy-Appropriate ROM • Focus diverted from exercise 	<ul style="list-style-type: none"> • Appropriate cognitive challenge • Simple objective/interface • Element of social activity • Appropriateness of genre • Creation of new learning • Promotion of cognitive capacities chosen by experts of ElderGames project. • Sensitivity to decreased sensory acuity and slower responses

FIGURE 24: Critères à remplir pour proposer un serious game adapté aux personnes âgées et aux personnes hémiplégiques[Flores et al, 2008][12]

- Balance : impossibilité de calibrer correctement en position assise, seule position possible pour un certain nombre de personnes.
→ repenser la calibration.
- Wii Remote : appuie fréquent sur des boutons (+ et -) de manière involontaire, ce qui a pour effet d'ouvrir une pop-up.
→ à modifier pour ne pas prendre en considération les inputs parasites
- La combinaison d'inputs haptiques et de boutons est trop complexe, nécessite une synchronisation difficile.

3. le gameplay :

- Les temps de réaction attendus trop courts ...
- ... associés à la complexité et multiplicité des options disponibles
→ proposer un gameplay adaptable ou adapté
- Performance attendue trop élevée (scoring inadapté) et donc décourageante
→ ajuster le seuil de valeurs pour les feedback
- Durée des jeux trop importante et enchaînement trop rapide, ne laisse pas aux joueurs le temps récupérer, alors qu'ils s'épuisent plus vite

Ces problèmes sont d'autant plus importants qu'ils empêchent le joueur de facilement rentrer dans le jeu et peuvent avoir pour effet de faire perdre tout intérêt pour celui rapidement.

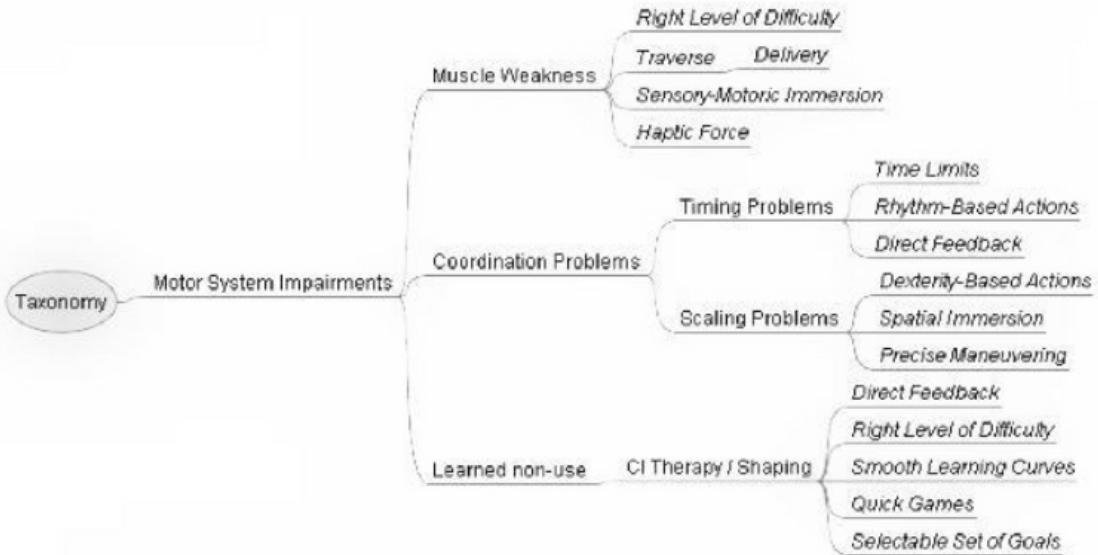


FIGURE 25: Sous ensemble de la taxonomie proposée par Goude et al[16] sur les troubles moteurs

Finalement, [Flores et al, 2008][12] ont résumé les points importants à prendre dans la conception de serious games adaptés aux personnes âgées et aux joueurs hémiplégiques (figure 24).

Outils d'aide à la conception de SG thérapeutiques

Partant du même constat du problème de l'adaptation des sérieux pour les patients, Goude, Björk et Rydmark[16] ont choisi d'orienter leur travail vers une aide à la conception de ce type de jeu.

Ils définissent des patterns de conceptions de SG thérapeutiques pour permettre aux développeurs de cette jeune industrie (a priori encore peu à l'aise avec la création de ce type de jeu) d'avoir différentes bases de conceptions possédant chacune leurs variations et différences.

Ils proposent aussi une taxonomie (figure 25) basée sur une ligne directrice de traitements et de soins.

Ils font ensuite la liaison entre les patterns et cette taxonomie. L'exploration théorique des manques dans ce mapping a permis de découvrir de nouveaux schémas de conception. On notera qu'une vingtaine jeux basés sur cette taxonomie ont été créés à l'écriture de l'article, menant à la création de nouveaux patterns afin

de permettre la création de nouveaux types de jeux et de plus de variations. Ces variations fournissent une gamme d'activités qui peut être utilisée pour personnaliser la session de rééducation, puisque les patterns, avec toutes les variations, possèdent une tache spécifique (de la taxonomie de soin) mappée avec celui ci.

On notera enfin l'importance de la communication entre les développeurs et les médecins. L'association entre patterns et traitements doit être vérifiée, et la taxonomie étendue (seul un sous-ensemble des symptômes d'une attaque est actuellement considéré).

4.3 Ajustement de la difficulté

Il est nécessaire d'adapter la difficulté pour chaque joueur pour garantir une expérience de jeu optimale.

Malone : “Pour être stimulant, un jeu doit proposer un but que le joueur n'est pas certain d'atteindre”.

4.3.1 Objectifs et paramètres d'ajustement

L'objectif de l'ajustement de la difficulté est de pouvoir faire correspondre la difficulté du jeu aux capacités et niveau de jeu du joueur, de manière à ce que quel que soit son niveau, le feedback difficulté puisse être identique. Dans leur ouvrage *On Game Design* [25] Andrew Rollings et Ernest Adams précisent cependant que l'ajustement ne doit pas être trop évident ni visible, afin d'éviter toute forme d'exploit, évidemment non voulu. Ils précisent aussi que cet ajustement ne doit pas se faire au détriment de l'impact décisif de l'action du joueur ; celui-ci doit rester le facteur décisif de sa réussite ou non, indépendamment de l'ajustement réalisé par le système. On pourra noter qu'un niveau de difficulté idéal mènerait le joueur à un taux d'échecs/réussites de 50/50.

Évaluation de la difficulté

Modifier la difficulté d'un jeu vidéo ne semble pertinent qu'après en avoir évaluer le niveau lors de phases de tests. Deux types de tests peuvent être mis en place.

- des tests de jouabilité, réalisés par des joueurs testeurs : fidèles mais couteux et complexes à mettre en place, définis dans le temps et subjectifs.
- des tests par joueur synthétique : rapides, peu chers et répétables mais basiques, sans perception subjective, ignorent les aspects perceptifs.

Jeux de progression VS jeux d'émergence

Les jeux de progression sont scénarisés et le level design est défini et fixé à

l'avance. La difficulté y est donc statique et prédéfinie selon les choix des designers. L'ensemble des situations du jeu a été pensé et calibré. Le parcours est relativement contraint et organisé.

Dans les jeux émergents, on ne peut prévoir l'évolution de la partie. Seul un certain nombre de règles permet de définir et de faire évoluer le contenu du jeu par application de ces règles et de l'interaction du joueur avec les objets du jeu.

Progression et émergence constituent en fait les deux formes opposées d'une catégorie décrivant le contrôle que possède le level designer sur l'expérience du joueur. On remplacera alors le contrôle manuel des designer par des algorithmes de génération appropriés. Un jeu pourra ainsi se situer le long de l'axe décrivant ce contrôle selon sa conception du level design (figure 26).

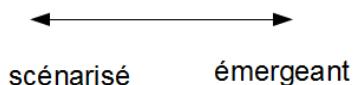


FIGURE 26: Axe scénaristique d'un jeu vidéo

Il existe un sous domaine de l'intelligence artificielle qui cherche à lier contenus émergents et scénarisés afin de tirer parti des avantages respectifs de l'un et l'autre domaine tout en limitant leurs contraintes : la narration interactive. On cherche alors à créer un univers virtuel où l'on va pouvoir "aller n'importe où et faire n'importe quoi, quand on le souhaite" de manière cohérente à la fois d'un point de vue gameplay et scénario. Cela en adaptant par exemple le scénario en fonction du comportement du joueur (utilisation par exemple d'un Drama Manager).

Scénarisation VS adaptation dynamique

Le problème de l'adaptation de la difficulté est abordable à partir de deux méthodes de game design : la scénarisation et l'adaptation dynamique de la difficulté. Ces deux méthodes pourraient bénéficier d'une méthode générale de la mesure de la difficulté, pour s'adapter au mieux.

La scénarisation est une manière d'encadrer l'apprentissage du joueur à l'aide d'un découpage du gameplay en phases successives.

L'adaptation dynamique permet de maintenir le niveau de difficulté du jeu cohérent avec les capacités du joueur. Ces méthodes d'auto-adaptation peuvent être très efficaces, notamment pour ajuster un certain nombre de paramètres. Des algorithmes peuvent ainsi restreindre la lisibilité du jeu ou relâcher les contraintes de réalisation d'une action en fonction des résultats du joueur. On peut alors soit

jouer sur la difficulté de la tâche ou de l'action à réaliser, soit sur les moyens employables pour y arriver (vie, temps, capacités, temps de réaction, propriétés du joueur / de l'environnement, etc.). Attention tout de même à ne pas faire un "système parfait" qui ferait que le joueur ne serait alors plus le facteur déterminant de sa réussite.

Équilibrage dynamique

L'équilibrage dynamique, ou ajustement dynamique, consiste à modifier un certain nombre de paramètres du gameplay afin de s'adapter au comportement du joueur [Levieux, 11]. Il faut cependant pour cela d'abord être capable d'évaluer l'équilibre du jeu, sans quoi toute modification serait infondée . Dans cet objectif, l'apprentissage dynamique est particulièrement exploré. Ces techniques permettent en effet de calculer automatiquement les meilleurs paramètres pour atteindre un but donné, la difficulté du gameplay en l'occurrence. Idéalement, le jeu serait ainsi capable de détecter quand et comment le joueur parvient à surpasser les obstacles qui lui sont proposés, puis d'y répondre en proposant des modifications visant à obliger le joueur à reconsidérer sa stratégie de jeu. Bien sur, il est possible que le système ne parvienne pas à détecter la stratégie (voir l'exploit) du joueur, ou soit incapable de fournir une réponse appropriée ou cohérente avec l'univers du jeu, d'un point de vue autre que le gameplay pur. En effet, de tels systèmes ne prennent pas en compte l'intégralité de la pensée du game designer, qui reste complexe et non entièrement formalisable (visée artistique, morale, intentions, proposition d'une 'expérience' de jeu, etc.).

Un jeu est donc une activité qui demande un effort au joueur. Cet effort librement consenti par le joueur doit être utile pour la réussite ou non à ce jeu, puisqu'il pourrait aisément être rendu vain ou superflu en modifiant les règles du jeu. La difficulté, définie comme l'effort réalisé par le joueur, est donc une composante essentielle du jeu de part sa relation avec le joueur.

4.3.2 Techniques d'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux

L'adaptation de la difficulté dans les jeux vidéo est une fonctionnalité importante qui permet d'individualiser et de contextualiser l'expérience de jeu. Dans le cas de serious games, elle permet également de gérer la frustration des joueurs-apprenants tout en augmentant leurs motivations [Hocine et al 11]. L'individualisation et la contextualisation du jeu pour chaque joueur-apprenant, notions déjà définies par [Gee, 05] comme importantes pour l'apprentissage, ont pour conséquence d'augmenter sa satisfaction tout en améliorant l'efficacité de la formation.

La génération dynamique d'IA permet de modifier le niveau de difficulté en créant de nouvelles entités avec un niveau et des règles donnés, ou en modifiant des paramètres du gameplay en cours de jeu.

Par exemple, Andrade et al utilisent l'apprentissage dynamique pour ajuster la difficulté. L'algorithme consiste à utiliser une base de couples (action, état de jeu) associés chacun à une valeur d'efficacité, afin que le jeu choisisse pour chaque situation un comportement de l'efficacité souhaitée.

Systèmes adaptables VS systèmes auto-adaptatifs

L'adaptation peut être définie comme une caractéristique exprimée au niveau d'un système, dans notre cas un système informatique, qui reflète sa capacité à se modifier structurellement en réaction à certains événements bien identifiés (Andresen K. et al, 2005). Nous parlerons de système adaptable lorsque l'intervention humaine est nécessaire pour enclencher le processus de modification et de système auto-adaptatif si aucune intervention extérieure n'est nécessaire (Moisuc B., 2001)

Levieux précise que la génération dynamique d'IA permet de modifier le niveau de difficulté en créant de nouvelles entités avec un niveau et des règles donnés, ou en modifiant des paramètres du gameplay en cours de jeu.

Par exemple, Andrade et al utilisent l'apprentissage dynamique pour ajuster la difficulté. L'algorithme consiste à utiliser une base de couples (action, état de jeu) associés chacun à une valeur d'efficacité, afin que le jeu choisisse pour chaque situation un comportement de l'efficacité souhaitée.

Adaptation de la difficulté dans les jeux sérieux

Contribuer à l'acceptation et à l'utilisation des jeux sérieux constitue un enjeu majeur pour la réussite et l'efficacité de ceux-ci. En effet, ces systèmes sont destinés à satisfaire les joueurs-apprenants et à répondre à leurs besoins en termes d'acquisition de compétences et/ou de divertissement. L'adaptation a pour but d'améliorer l'utilisabilité d'un jeu sérieux ou ludique en restructurant certaines de ses propriétés.

[Hocine et al, 11] se proposent d'étudier les différents systèmes d'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux. Pour évaluer ces systèmes, ils définissent trois critères majeurs :

- L'efficacité d'un système évalue le degré de succès avec lequel les utilisateurs réalisent leurs objectifs dans le système.
- L'efficience évalue les moyens mis en œuvre par les utilisateurs pour accomplir leurs objectifs.
- La satisfaction évalue le niveau d'acceptation par les utilisateurs.

Afin d'évaluer et de comparer les différents systèmes, ils utilisent un système d'évaluation des techniques d'adaptation intéressant et très parlant du fait qu'il repose sur un modèle MVC (voir figure 27).

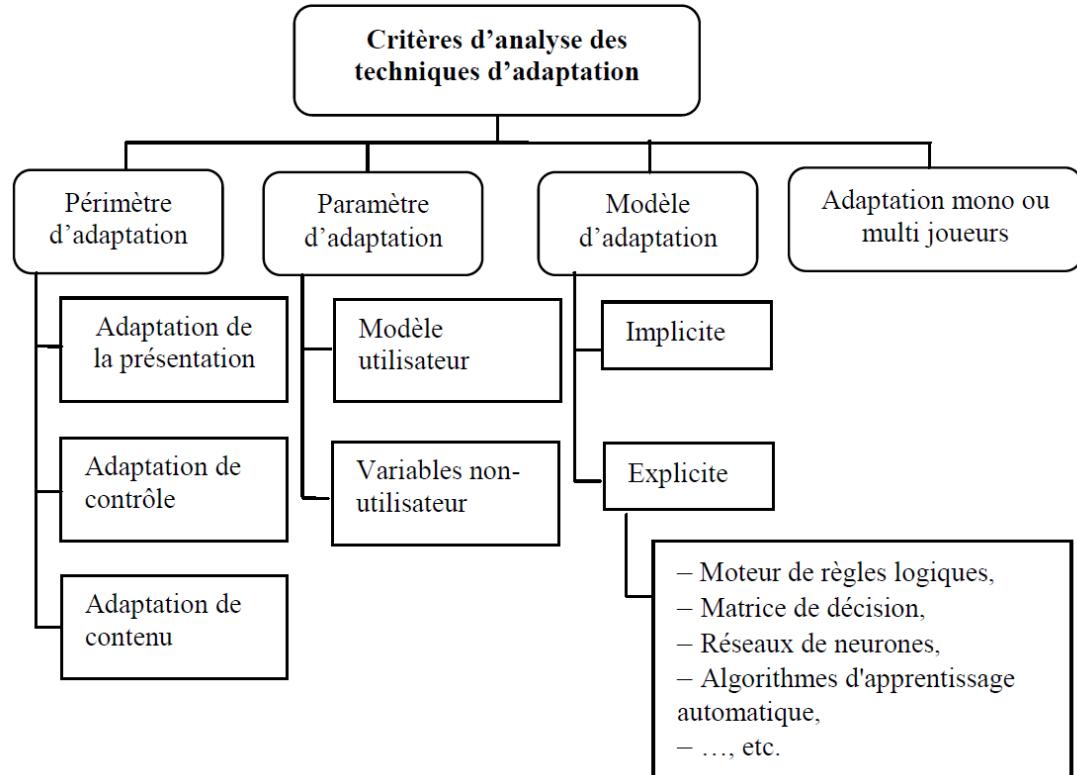


FIGURE 27: Critères d'analyse des techniques d'adaptation [Hocine et al, 2011][18]

Périmètre d'adaptation

Le périmètre de l'adaptation identifie le périmètre dans lequel l'adaptation est appliquée, selon le modèle MVC.

- *Adaptation de la présentation (la Vue)*. L'adaptation peut donc avoir lieu au niveau de l'interface, du son ou de feedbacks envers l'utilisateur. Dans Hammer & Planks, nous avons ainsi rendu possible la modification de ces paramètres : ajustement du volume de la musique ou des bruitages, contraste, taille des objets, vitesse de jeu et possibilité de désactiver les éléments cosmétiques facultatifs au jeu (animation de la mer, effets visuels etc.).
- *Adaptation du contrôle* : ce niveau englobe les règles du jeu et les règles métier qui spécifient la dynamique du jeu (ou le gameplay) en réaction aux actions des joueurs. C'est dans ce niveau que l'on adaptera le niveau de difficulté

du jeu. Suite à mon travail sur le jeu Hammer & Planks, il est possible de modifier le nombre et le type d'ennemis que doit affronter le joueur, la vitesse du jeu, les propriétés des personnages (joueur ou ennemis) ou encore la fréquence des obstacles par exemple.

- *Adaptation du contenu (le Modèle)* : l'adaptation à ce niveau modifie dynamiquement soit les schémas de données utilisés ou bien le contenu. L'adaptation s'efforce donc de produire un contenu lié au contexte de jeu et aux compétences des joueurs. Nous pouvons citer à titre d'exemple la génération automatique des dialogues et textes narratifs (Barry G., 2007) ou d'ambiance sonore (Chen Y et al, 2006)

Paramètres d'adaptation

Ce sont les éléments sur lesquels repose la prise de décision du processus d'adaptation. Ces éléments vont être utilisés soit comme déclencheurs de l'adaptation soit comme sources de données. Hocine et al distinguent deux types de paramètres en fonction de l'utilisateur :

- *Modèle utilisateur* : ensemble de variables et métriques décrivant les caractéristiques de l'utilisateur dans le système. Ces caractéristiques peuvent être des données représentant les préférences de l'utilisateur, son état attentionnel, ses émotions et/ou ses compétences. Ces données sont stockées dans le profil de l'utilisateur qui sera utilisé comme paramètre de processus d'adaptation.
- *Paramètre non-utilisateur ou variable système* : ce paramètre représente les variables propres au système et qui ne dépendent pas du modèle utilisateur. A titre d'exemple, nous pouvons citer les paramètres liés à la configuration matérielle et logicielle du système hôte.

Modèle d'adaptation

L'adaptation peut être implémentée dans le système sous forme d'un module qui interagit avec le système pour modifier son comportement et sa structure. Ce module peut être :

- *Implicite* : dans ce cas les procédures d'adaptation se retrouvent éparpillées et étroitement liées aux différents composants du système. Il serait dans ce cas difficile de séparer dans les instructions (ou le code source) les éléments qui incombent à l'adaptation des autres aspects.
- *Explicite* : la technique d'adaptation utilise des modèles explicites comme un moteur de règles logiques, une matrice de décision ou des algorithmes d'IA.

Adaptation Mono ou Multi-joueurs

Contrairement aux jeux mono-joueur, l'adaptation dans un système multi-joueurs

doit prendre en compte l'aspect collaboratif et l'hétérogénéité entre les joueurs tout en maintenant une cohérence globale du jeu.

Tour d'horizon de systèmes d'ajustement dynamiques dans les jeux vidéo

Durant son travail sur la difficulté dans les jeux vidéo, Levieux se propose d'étudier les différentes solutions d'équilibrage dynamique qui ont été mis en place dans le jeu vidéo. Bien que de tels systèmes, de part leur aspect automatique, ne nous seront pas directement utiles, il peut être intéressant d'en connaître les principales mises en œuvre. On distingue plusieurs types de solutions :

1. l'apprentissage par renforcement [Sutton 98] :
 - jeux de combat : [Andrade 05], [Graepel 04]
 - RTS : [Madeira 04], [Madeira 06], [Ula 05]
 - FPS : [Lee-Urban 08]
2. le scripting dynamique, qui calcule des préférences à partir de règles écrites par le designer :
 - jeux d'aventure : Neverwinter Nights - Bioware
 - RTS : Wargus [Spronck 05], [Spronck 06], [Spronck 08], [Timuri 07], [Ludwig 07]
3. évolution génétique et réseau de neurones (l'un et/ou l'autre) :
 - jeux d'actions [Demasi 05], [Spronck 02]
 - RTS : [Ponsen 05], [Agogino 00]
 - FPS : [Cole 04], [Thurau 03]
 - jeux de sport : Fifa 99 -EA Games [Chan 04]
 - puzzle : Tetris - Nintendo [Bohm 05]
 - réalité virtuelle : [Yannakakis 09], [Yannakakis 07]
4. algorithmes de champs potentiels pour comportements stratégiques dans les FPS [Thurau 04]
5. raisonnement au cas par cas dans les RTS : [Aha 05]

Comparaison avec les besoins de NaturalPad

Dans leur état de l'art des techniques d'adaptation dans les jeux vidéo, [Hocine et al] définissent la différence entre les systèmes adaptables et les systèmes auto-adaptatifs. Leur étude, comme celle de Levieux, se concentrent cependant sur les systèmes dont l'ajustement est automatique. Or, comme nous l'avons déjà dit, nos besoins et propositions sont plutôt de proposer des jeux mettant en place un système d'ajustement manuel. Un tel système permet à chaque thérapeute amené à utiliser un jeu sérieux pour la santé de notre environnement, d'adapter le jeu aux besoins thérapeutiques dont il aura précisément besoin selon le contexte :

préférences thérapeutiques, pathologies et spécificités du patient ou encore état de santé ou de forme de celui-ci pour ne citer que quelques exemples.

4.4 Rééducation bimanuelle

Dans le cadre du développement du jeu Hammer & Planks et de mon travail d'adaptation de contenu de serious games pour la rééducation, j'ai essayé d'envisager toutes les possibilités offertes par les interfaces naturelles. Très vite, il m'est apparu que la richesse d'un gameplay par un contrôle naturel était liée au panel de possibilités de ce contrôle. Ainsi a priori, proposer de nombreux mouvements, notamment avec les deux membres supérieurs, pour interagir avec le jeu semble une bonne idée. Mais dans le cadre d'une réhabilitation post AVC, qui est donc la pathologie sur laquelle je me suis concentrée, il fallait m'assurer à la fois de la possibilité et de la pertinence d'une telle proposition. J'ai ainsi dirigé mes recherches vers un aspect beaucoup plus médical sur la réhabilitation bimanuelle post AVC. J'ai pour cela rencontré Julien Métrot, doctorant en médecine au laboratoire *Movement 2 Health* et dont la spécialité est la récupération sensorimotrice des membres supérieurs. Il est aussi le co-auteur d'une étude sur le sujet.

Évolution de la coordination bimanuelle

Informations médicales

Une tâche nécessitant les deux mains entraîne une activation synchronisée des deux hémisphères, avec une balance égale du contrôle de l'inhibition. Cette activation est basée sur des concepts comportementaux et neurophysiologiques. Le membre sain entraîne le membre membre parétique dans l'exécution de la tâche et améliore son résultat. A l'inverse, le membre affecté bride le membre non parétique à ses propres capacités

Analyse

Aujourd'hui, l'intérêt d'une thérapie bimanuelle fait débat car les études sur le sujet ne montrent pas de preuves assez probantes pour conclure à un apport bénéfique d'un "bimanual arm training" (BAT), ni qu'une thérapie BAT serait plus adaptée qu'une autre. Cependant, ces études ne prennent pas en compte toutes les phases de rétablissement : aiguë, subaiguë et chronique.

[Metrot et al, 2013][22] centrent leur analyse sur l'évolution de la coordination bimanuelle dans les six semaines qui suivent l'attaque ayant entraînée l'hémiplégie.

Les mesures cinématiques sont fortement suspectées de fournir une précision accrue et des mesures plus sensibles que les résultats cliniques [Rohrer et al, 2002 ; Alt Murphy et al, 2011] qui ne donnent qu'un score global et ne clarifient pas la

question de savoir si les fluctuations proviennent d'un rétablissement moteur ou d'une compensation ni de comment les mouvements ont été réalisés.

La fluidité du geste et le timing des mouvements semblent être les variables de mesure les plus sensibles de la récupération.

D'une manière générale, les actions bimanuelles sont plus longues et complexes à effectuer que les actions unimanuelles. A la surcharge cognitive de la coordination des deux mains, s'ajoute la plus grande dépendance de la main parétique. Les actions bimanuelles demandent aux patients un plus grand nombre de sous mouvements.

Constatations

On constate de forts progrès durant les trois premières semaines, avant d'atteindre une phase de plateau (progrès nuls) aux alentours de la 6ème semaine. Ce schéma concorde avec le fait que la plupart des progrès sont réalisés très tôt après l'attaque, puis diminuent progressivement. On peut considérer les progrès des 3 premières semaines comme un rétablissement spontané. La coordination des 2 mains durant les mouvements bimanuels est cependant considérée comme efficace autours de la 3ème semaine après l'inclusion (6ème semaine après l'attaque), indiquant une potentielle fenêtre pour un programme de réhabilitation. Ou à deux mois, après la phase de plateau.

Whitall [19] indique que les patients légèrement affectés tireraient davantage de bénéfices d'une rééducation unilatérale, alors que les patients moyennement affectés auraient un meilleur retour d'une rééducation bilatérale. De plus, la coordination bimanuelle pourrait servir d'indicateur de rétablissement, et servir à informer de l'utilité ou non d'une rééducation bilatérale.

Application dans Hammer & Planks

Hammer & Planks est un jeu vidéo sérieux pour la santé dont la cible d'utilisateurs initiale sont des patients en période de réhabilitation post AVC. Comme nous venons de le voir, selon la phase de récupération et l'importance du handicap des patients, il peut être intéressant d'encourager une thérapie bimanuelle. On peut alors imaginer plusieurs types de contrôles et de gameplays allant dans ce sens :

- *mouvement bilatéral symétrique* : pour réaliser une action, le joueur-patient doit réaliser un geste identique avec ces deux membres supérieurs. Il faut cependant penser que la personne risque de sur-utiliser son bras valide. On peut alors penser à un système permettant de ne prendre en compte que le

geste le moins complet, correspondant a priori au membre parétique, pour asservir le contrôle. De cette manière, cela encouragerait le joueur à stimuler son hémicorps atteint.

- *mouvement bilatéral asymétrique* : Très intéressant d'un point de vue gameplay, mais faire attention aux capacités cognitives du patient qui doivent être suffisamment bonnes pour comprendre les gestes à faire et réussir à les conceptualiser pour ensuite les réaliser. Cela est d'autant plus compliqué que les personnes hémiplégiques ont généralement des troubles cognitifs.

4.5 Méthodes de conception

4.5.1 Innovation games

Product Vision on :

<http://www.jelonsoftware.com/articles/jimhighsmithonproductvisi.html>

Vaut le coup de faire un résumé ?

4.5.2 Impact mapping

L'impact mapping est une technique de planification stratégique qui permet aux entreprises de ne pas s'égarer durant les phases de développement ou de livraison de projets, en identifiant clairement les hypothèses et en se concentrant sur l'impact que doit avoir le livrable, à la base du projet.

Les logiciels et projets fonctionnent en relation avec leur environnement. Ce sont des relations dynamiques et interdépendantes avec leurs utilisateurs, d'autres projets, l'entreprise et plus largement avec tout un écosystème. Pourtant, les méthodes actuelles de planification reposent soit sur le fait que cet environnement reste inchangé, soit ne permettent pas de donner une vision de haut niveau. L'impact mapping permet de visualiser la relation dynamique entre les livrables et leur environnement, capturant les hypothèses les plus importantes en même temps que le périmètre à livrer[1].

L'impact mapping contribue à réduire le gaspillage en évitant de trop élargir le périmètre fonctionnel ou de complexifier inutilement les solutions techniques à appporter. Cette technique permet de se concentrer sur les livrables en les mettant dans le contexte d'impact qu'ils sont censés avoir sur leur environnement. Elle améliore la collaboration en créant une vue haut-niveau que les responsables métier et les équipes de développement peuvent utiliser pour une meilleure priorisation, et comme une référence pour une mesure des progrès réalisés ayant vraiment un intérêt. Enfin, elle permet de s'assurer que les vrais objectifs métier sont atteints (ou que des projets peu réalistes sont stoppés avant qu'ils ne coûtent trop cher) en communiquant clairement les hypothèses qui ont justifiées ces projets, et en permettant tout au moins de les tester.

L'impact mapping possède de nombreux avantages :

- Elle facilite la participation de groupes de personnes venant de métiers différents, aidant ainsi à tirer parti de la sagesse des foules.
- Elle permet de visualiser des hypothèses. L'impact mapping permet aux équipes de prendre de meilleures décisions dans un environnement changeant

constamment comme les nouvelles technologies. La nature visuelle de cette méthode permet de tenir des réunions efficaces et renforce les réflexions haut-niveau, ce qui permet d'aligner les parties prenantes du projet.

- C'est une méthode rapide. Pour cette raison, cette méthode s'insère parfaitement dans un processus de livraisons itératif qui devient courant de nos jours dans le domaine du logiciel.

Carte d'impact

Une carte d'impact est une visualisation du périmètre et des hypothèses sous-jacentes, créées de façon collaborative par des personnes senior, techniques et métier. C'est une mind map développée durant une discussion et facilitée par le fait de répondre aux questions suivantes :

- *Pourquoi*? C'est la question la plus importante : Pourquoi faisons-nous ce que nous faisons ? C'est l'objectif que nous voulons atteindre.
- *Qui*? Qui peut provoquer le changement attendu ? Qui peut l'empêcher ? Qui sont les clients ou utilisateurs de notre produit ? Qui sera impacté par celui-ci ? Ce sont les acteurs qui peuvent influencer les résultats escomptés.
- *Comment*? Comment le comportent des acteurs doit-il changer ? Comment peuvent-ils nous aider à atteindre notre objectif ? Comment peuvent-ils empêcher l'objectif de se réaliser ? Ce sont les impacts que nous voulons créer.
- *Quoi*? Que pouvons-nous faire, en tant qu'entreprise ou équipe de livraison, pour encourager ses impacts ? Ce sont les livrables, les caractéristiques du logiciel ou les activités de l'entreprise.

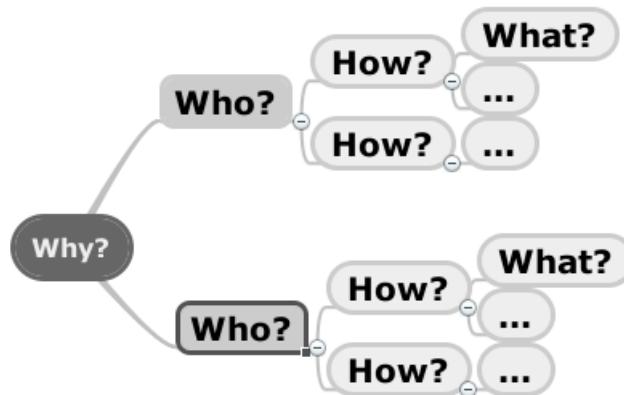


FIGURE 28: Carte d'impact

5 Proposition

Méthodologie de conception de serious games pour la rééducation motrice

Nous proposons ici une méthodologie permettant de guider la création d'un jeu sérieux de ce type à partir des objectifs thérapeutiques et en se basant sur des types de jeux vidéo connus dont le gameplay a été largement testé et approuvé par la communauté dans l'histoire du jeu vidéo. Les divers paramètres de jugement de cette méthodologie pourront être : gain de temps de conception, quantité de jeux conçus, qualité des jeux conçus, impact sur les objectifs thérapeutiques, satisfaction des joueurs ou des thérapeutes.

L'idée est de se baser à la fois sur les objectifs santé et sur les ressorts ludiques pour faire émerger un jeu respectant leurs contraintes respectives. D'un côté, on regarde quels sont les objectifs thérapeutiques que l'on souhaite atteindre, puis à partir de la description des exercices nécessaires à leur réalisation, en induire le type de contrôle permettant ces exercices.

De l'autre côté, on part des types de jeux existants et connus (voir annexe A), on regarde quel type de gameplay ceux-ci proposent et on en déduit un ou plusieurs types de contrôle adaptés.

L'intersection de ces résultats devrait ainsi nous permettre de faire le lien entre les deux parties pour créer un serious game adapté.

L'intérêt d'une telle approche est de proposer une méthodologie qui, à partir d'un besoin thérapeutique, permet de suggérer un jeu vidéo en adéquation avec ce besoin. De cette manière, on prend en considération les deux aspects sérieux et ludique d'un serious game dès sa conception, tout en profitant d'une certaine réemployabilité du résultat. Dans la pratique, elle pourrait être utilisée pour la conception de serious games venant enrichir la plateforme en ligne de NaturalPad.

Un complément possible serait pour chaque jeu, de proposer une série de paramètres permettant d'ajuster les différents éléments de difficulté identifiés comme tels par le thérapeute par rapport à l'objectif recherché. Cette personnalisation du jeu et donc de la thérapie est un point important dans l'efficacité de celle-ci. Par ailleurs, ajuster le jeu aux capacités du patient permet de maintenir son intérêt et sa motivation, et donc de garantir ou d'améliorer l'impact du jeu sérieux. En ajustant ces variables, il deviendrait possible pour les thérapeutes d'adapter plus précisément l'exercice en fonction du patient et de ses spécificités (pathologie, forme physique, morphologie, familiarité avec les jeux vidéo, etc.). Cela nécessite pour chaque exercice un travail d'association entre ses paramètres de jeu et les différents éléments de difficulté de cet exercice.

Application théorique de la méthode

Une fois défini le type d'exercice que l'on cherche à réaliser, cela devrait alors nous proposer un ou plusieurs types de gameplay permettant de répondre à ces besoins, voir un jeu particulier avec un ensemble de valeurs déterminées et un autre ensemble de valeurs à ajuster en fonction du patient. Par exemple, dans les paramètres déterminés, on aurait le type de contrôleur et les contrôles possibles ; dans les paramètres à ajuster, la fréquence et la localisation des obstacles.

6 Réalisation

6.1 Interface thérapeutique pour l'ajustement de la difficulté de serious games

Hammer & Planks est, dans sa version thérapeutique, un jeu permettant d'aider à récupérer des facultés motrices dans le cadre d'un accompagnement à la rééducation. Rappelons qu'il s'agit d'un shooter à défilement vertical dans lequel le joueur contrôle un bateau qu'il dirige avec des mouvements du corps. Le joueur doit éviter des obstacles, affronter divers ennemis et ramasser des bonus sur la mer. Tous ces objets possèdent des attributs qu'il est possible de modifier afin d'adapter le jeu aux besoins et aux capacités du patient. Ce fut mon travail durant la première partie de mon stage de permettre de modifier ces paramètres directement à partir d'une interface web contrôlée par le soignant menant la séance de thérapie.

Ce projet se divise en deux parties distinctes :

1. L'interface thérapeutique
2. Le paramétrage des variables de jeu

Interface thérapeutique

Celle-ci permet, à partir d'un terminal distinct, de choisir un jeu et de lancer une partie sur le terminal utilisé par le patient (voir figure 29). Celui-ci sera équipé d'un périphérique de contrôle comme la caméra Kinect ou la wii board. A partir de cette interface, le soignant est en mesure de voir (figure 32) et de modifier(figure 30) l'ensemble des paramètres de jeu (en tout cas, le sous-ensemble considéré comme pertinent et effectivement envoyé à l'application).

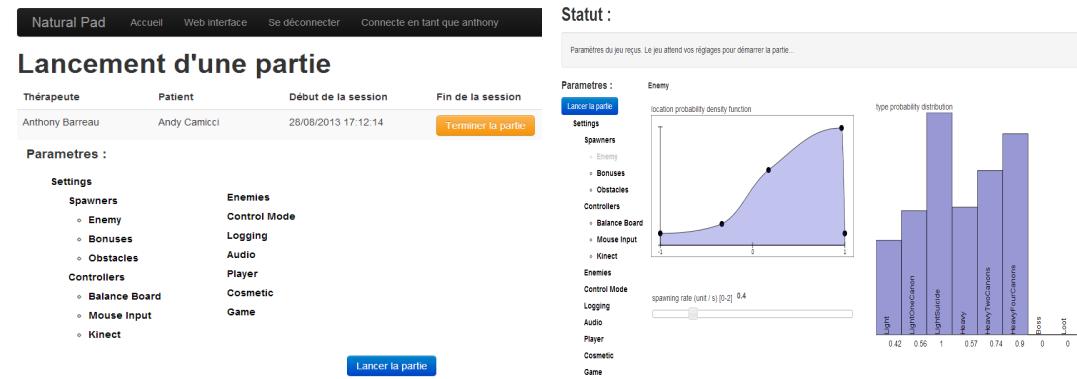


FIGURE 29: Interface thérapeutique au lancement d'une partie de H&P

FIGURE 30: Modifications de valeurs des paramètres du jeu H&P

De plus, à la fin d'une partie, il sera capable de visualiser les données de la session de jeu (voir figure 31), comme l'apparition d'évènements ou les zones que le joueur a réussi ou non à atteindre. Ces informations sont utiles pour mieux cibler les difficultés du patient et ajuster au mieux les prochaines séances. Cette partie du projet a été réalisée par Andy Camicci durant son stage chez NaturalPad entre Avril et Juin 2013.

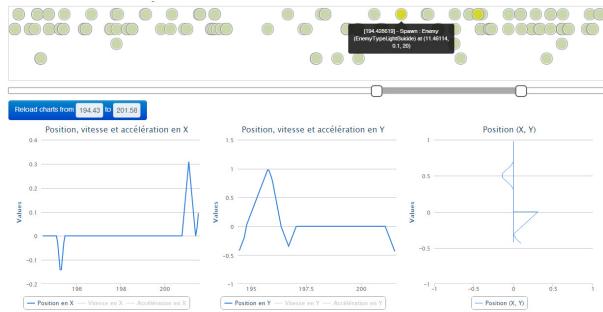


FIGURE 31: Récapitulatif d'une session de jeu H&P

Maitriser la difficulté : le paramétrage des variables de jeu

Cette partie consiste en l'extraction des paramètres de jeux et en la création d'un système permettant de créer, d'enregistrer et de transmettre des configurations de ces attributs à l'interface thérapeutique.

Hammer & Planks est développé avec le moteur de jeu Unity3d et les scripts codés avec le langage de programmation C#. Comme nous l'avons dit, *H&P* possède de nombreux contenus contribuant à la richesse du gameplay et aux possibilités d'ajustement. Lors de mon arrivée au sein de NaturalPad, ces objets n'étaient cependant pas ajustables facilement : il fallait rechercher l'ensemble des objets dont on souhaitait modifier un paramètre, trouver les variables correspondant à ces paramètres puis les modifier soit directement dans le code soit par l'intermédiaire de l'éditeur d'Unity. La raison en est que les contraintes de développement du jeu n'ont pas permis de découpler ces informations.

Mon premier travail a donc été de découvrir le code et de rechercher toutes les variables dont on souhaiterait potentiellement vouloir modifier la valeur dans un contexte d'ajustement du jeu pour un exercice de rééducation. J'ai ensuite créé une classe spécifique permettant de regrouper conceptuellement les données modifiables. J'ai ainsi regroupé ces données dans des thèmes tels que *réseau*, *ennemis*, *joueur*, *contrôles* ou *cosmétiques* (figure 32).

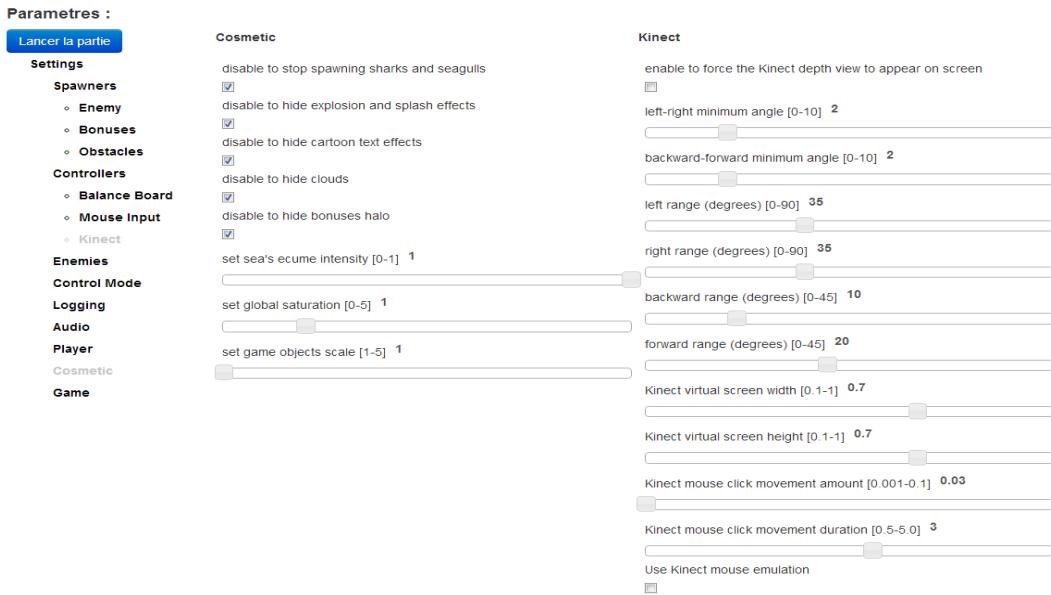


FIGURE 32: Visualisation des groupes de paramètres dans l’interface web

En parallèle, j’ai aussi procédé au refactoring de l’ensemble des classes possédant ou utilisant un ou plusieurs attributs modifiables. L’intérêt était bien sur d’avoir un accès commun unique à ces valeurs, mais aussi et surtout que les valeurs puissent être modifiées de manière extérieure par l’interface thérapeutique. On peut voir le lien entre la modification des valeurs des paramètres dans l’interface thérapeute et les éléments du jeu en figure 33. Par ailleurs, la modification de ces valeurs par l’interface devait être certaine et pérenne, afin que les modifications apportées soit effectivement prises en compte par l’application et donc modifier l’expérience de jeu en direct.

Préparer l’évolution du jeu et de la séance

Si permettre un ajustement en direct des propriétés du jeu par le soignant était une fonctionnalité que nous voulions impérativement mettre en place, celle-ci peut se révéler contraignante et répétitive si elle est utilisée seule. Nous voulions aussi enregistrer des configurations de paramètres, afin de pouvoir passer de l’une à l’autre aisément sans devoir faire chaque modification séparément. Par ailleurs, cela permet d’envisager beaucoup de possibilités comme la personnalisation de configurations pour des patients, l’adaptation aisée du jeu pour des besoins thérapeutiques différents ou encore l’automatisation d’une progression de la difficulté à l’aide de configurations prédéfinies.

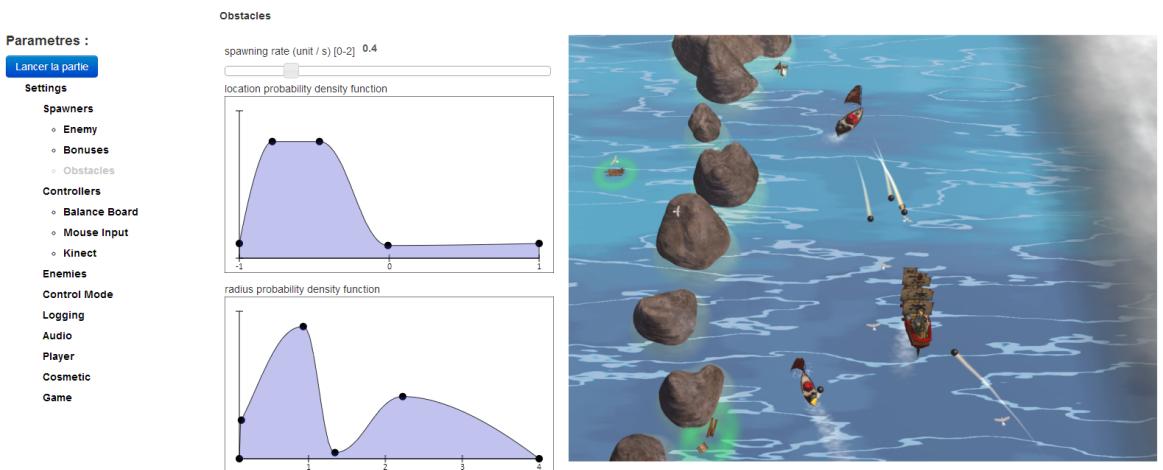


FIGURE 33: Interface thérapeutique et écran du jeu hammer & Planks

On voit que le thérapeute a changé la fonction de localisation des rochers dans l'interface, et que cela s'applique dans le jeu. Le patient est ainsi contraint de se diriger sur sa droite, l'incitant à faire travailler son côté hémiplégique.

Afin d'utiliser des fichiers de configurations, il a fallu créer un système permettant de serialiser les données puis de les charger et de les lier à l'instance de jeu. J'ai par ailleurs durant mon stage créé plusieurs fichiers de configuration permettant une évolution progressive de la difficulté dans le mode de jeu Survie de *Hammer & Planks*, pour sa version grand public.

Usage : tests, retours et intégrations

Si le projet *Hammer & Planks* a été initié par une étudiante en ergothérapie, il est aussi développé en collaboration avec le pôle de rééducation du centre hospitalier de Lapeyronie à Montpellier. Comme nous l'avons dit, le projet a évolué et son champs d'action, en plus d'un travail sur l'équilibre, s'étend maintenant à de l'aide à la rééducation des membres supérieurs, du tronc et du bassin. Le travail d'équilibre, qu'il soit debout ou assis, s'effectue en utilisant la balance de la Wii, qui enregistre les changements du centre de gravité du joueur-patient pour contrôler le bateau. L'intégration d'un contrôle avec la Kinect permet au joueur d'utiliser d'autres mouvements de son corps. Il est ainsi possible d'utiliser son bras ou sa main pour diriger le bateau, ou les mouvements du tronc et du bassin que ce soit en position assise ou debout.

Nous approchant d'une méthode de conception participative, nous avons ainsi réalisé plusieurs séances de tests avec des patients hémiplégiques et leurs théra-

peutes.

Les premières choses marquantes sont la curiosité et l'enthousiasme général à la fois des patients et du personnel soignant. Peu d'entre eux connaissaient l'existence de jeux sérieux pour la santé, et dans le cas contraire, appréciaient particulièrement l'accent mis sur l'aspect vidéo-ludique de *Hammer & Planks*. Ce fut donc un premier point très positif pour l'équipe.

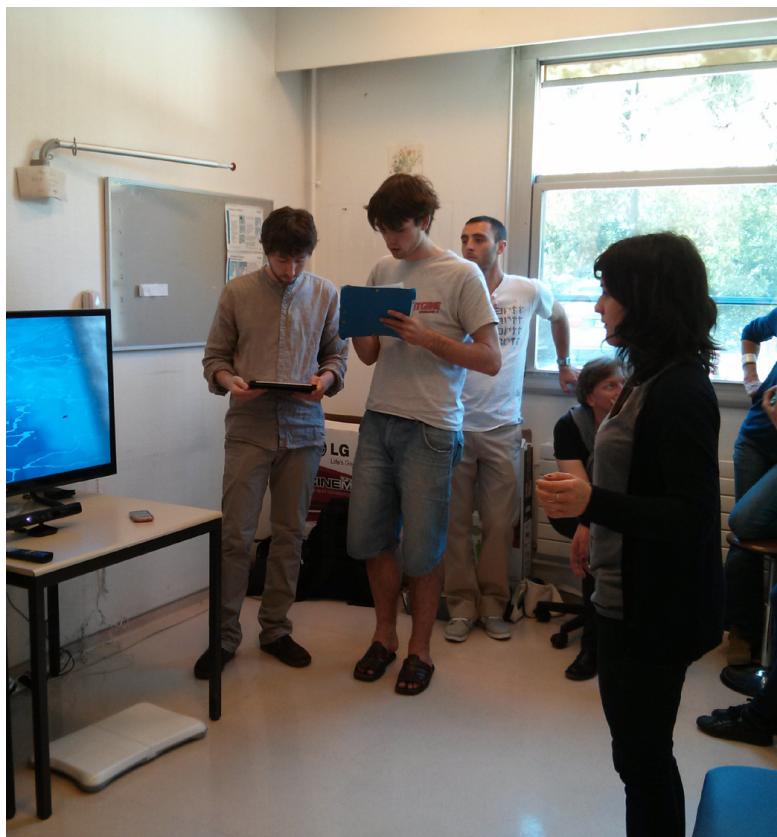


FIGURE 34: Séance de test du jeu Hammer & Planks au centre hospitalier de Lapeyronie

Lors de la première séance de tests, nous avons ainsi eu de nombreux retours positifs portant sur la possibilité d'ajuster le jeu en direct, la visualisation des informations de la session de jeu ou encore le plaisir de jeu. Nous avons aussi eu de nombreuses remarques menant à l'ajout de fonctionnalités, notamment par le personnel.

Les remarques les plus fréquentes concernaient le visuel du jeu : les soignants craignaient que les graphismes soient trop riches et les effets trop complexes pour

des patients hémiplégiques. L'effet visuel des mouvements de la mer fut notamment cité, et la différenciation entre bonus et obstacles (ennemis, projectiles et mines ennemis) jugée trop complexe.

Enfin, réaliser des tests pendant une demie-journée nous a aussi permis de juger le résultat selon d'autres critères. Durant la phase d'ajustement des paramètres via l'interface thérapeutique, certains ajustements revenaient systématiquement, remettant en cause la pertinence de notre configuration par défaut. A l'inverse, certaines valeurs n'étaient jamais utilisées, ni même finalement envisageables : la plage de valeurs de certains paramètres était donc à revoir.

De l'importance des tests utilisateurs

Petite anecdote enfin, prouvant définitivement l'importance de réaliser des tests en conditions réelles. Lorsqu'on utilise le jeu avec la Kinect, le joueur doit lever la main afin d'être reconnu comme la personne joueuse parmi les possibles multiples personnes détectées par la caméra. Ce système fonctionnait parfaitement lors de nos tests en interne. Or, quand une patiente hémiplégique a tenté de jouer, le système ne l'a pas reconnue. La raison en était que la patiente avait une hémiplégie du côté gauche et voulait donc jouer avec sa main gauche pour travailler sa rééducation. Or, le système était configuré pour ne détecter qu'une main droite... aucun membre de l'équipe n'étant gaucher, nous n'avions pas détecté ce grossier oubli ! L'erreur a bien sur depuis été corrigée.

Intégration

Forts de ces retours, nous avons ensuite classé les remarques qui nous ont été faites. Puis, nous avons discuté de la pertinence et de l'importance de chacune d'elles, ainsi que des différentes possibilités d'y répondre.

Concernant la surcharge visuelle, pouvant poser des problèmes cognitifs à certains patients, surtout pour des personnes peu, voir pas, habituées aux jeux vidéo, nous avons mis en place la possibilité d'ajuster les paramètres visuels. Il est possible de modifier le contraste du jeu, la taille des éléments interactifs ou encore de supprimer les objets cosmétiques (requins, mouettes, brouillard, effet de la mer, etc.). Nous avons par ailleurs augmenté la taille des projectiles (ennemis et alliés) et ajouté un effet de trainée, les rendant beaucoup plus visibles.

Concernant les bonus, jugés trop difficiles à ramasser, nous mis en place deux systèmes. Le premier est la possibilité de mettre un halo vert autour des différents bonus, les rendant bien plus visibles. Le second, est un mécanisme d'aimantage des bonus vers le bateau du joueur. Cette attraction, dont le rayon est ajustable dans les settings, permet de récupérer les bonus même si on ne passe pas directement dessus, ce qui est souvent difficile et frustrant pour le joueur.

Concernant les paramètres enfin, nous avons modifié les valeurs par défaut de

certains et ajusté les bornes min et max des plages de valeurs.

Nous avons ensuite réalisé une nouvelle séance de tests du jeu intégrant ces modifications. C'est avec plaisir que nous avons constaté que les réponses apportées étaient pertinentes et plaisaient à nos testeurs. Ce fut aussi l'occasion d'avoir de nouveaux retours et de continuer notre processus de conception participative.

Conclusion

Cette expérience et ce travail sur *Hammer & Planks* m'ont permis de vérifier l'intérêt et la réelle pertinence de jeux sérieux pour la rééducation. Par ailleurs, l'intégration d'un nouveau périphérique, la Kinect, m'a confirmé l'importance du moyen de contrôle à la fois sur le gameplay mais aussi et surtout sur la richesse des applications thérapeutiques qui en découlent. Enfin, les critiques des soignants et des patients au cours des deux séances de tests m'ont assuré de l'importance et du réel intérêt de pouvoir ajuster manuellement les variables de jeux directement pendant la séance. C'est à la fois très gratifiant pour notre travail et très encourageant pour les possibilités en terme de réhabilitation.

Cependant, un seul jeu, aussi ajustable soit il, ne peut suffire à répondre à tous les besoins et cas d'utilisation. Pour comprendre cela, on peut décomposer un jeu vidéo en trois couches :

1. le cœur du jeu, qui décrit ses lois, objectifs et règles de fonctionnement. Il est propre au jeu (ou à un type de jeu) et non modifiable.
2. les variables ajustables, qui ne modifient pas les règles mais définissent entre autres la difficulté.
3. le gameplay, induit par les deux premiers points ainsi que par les périphériques et méthodes de contrôle utilisés. En général, ces derniers sont pris en compte dès l'établissement du cœur du jeu, certaines associations étant incompatibles.

Il est possible de modifier l'expérience de jeu en modifiant la valeur des variables ajustables : c'est ce que nous proposons à l'aide de notre interface thérapeutique. Il est aussi possible d'explorer un gameplay a priori identique avec des contrôleurs différents, rendant ainsi à la fois l'expérience de jeu et les mouvements induits différents.

Cependant, même ainsi, un jeu vidéo avec un cœur de jeu propre finit par montrer ses limites en terme d'adaptation. Il est alors nécessaire de proposer d'autres types de jeux vidéo si l'on veut explorer de nouvelles pistes de rééducation.

Pour cette raison, toujours dans l'idée d'une adaptation de la difficulté, la suite

logique était de proposer une méthode permettant d'aider à la conception de jeux sérieux thérapeutiques.

6.2 Conception

La seconde partie de mon travail fut consacrée à la proposition et à l'expérimentation de moyens de conception de jeux vidéo sérieux pour la santé. Pour cela, j'ai emprunté deux approches, répondant à des contextes un peu différents.

6.2.1 Ensemble d'outils d'aide à la conception de SG

La première approche s'inscrit dans une problématique où l'on souhaite créer un serious game dont l'objectif sérieux est de l'ordre de l'aide à la réhabilitation motrice. Il s'agit ici de proposer un outil intégrant un certain nombre de connaissances utiles ou nécessaires à la conception de ce type de jeux. L'idée est de mettre à disposition des documents regroupant un maximum des informations qui seront utiles dans le processus de conception. Cela permettrait aux différents corps de métier impliqués dans le processus de conception d'avoir accès à des connaissances qui leur font défaut et d'avoir une vision globale des éléments en jeu.

A la frontière entre conception de jeux vidéo et monde médical, ce travail nécessite la compétence de professionnels de la santé ainsi que d'une expertise du domaine du jeu vidéo.

Connaissances médicales

La première étape consiste à définir et lister les objectifs thérapeutiques que l'on souhaite atteindre, les exercices que proposent les professionnels pour y parvenir, ainsi que les éléments de difficulté qui peuvent être rencontrés dans ces exercices. Ces informations doivent provenir de médecins et de thérapeutes qui vont trouver un intérêt dans l'utilisation ou la prescription de serious games pour la santé. Les informations que j'ai pu recueillir, particulièrement autour de l'AVC, sont regroupées dans la partie [3.4.2](#).

Dans le but de faciliter la démarche de conception en fonction d'un objectif thérapeutique particulier, il est aussi intéressant de trouver une méthode classification de ces objectifs qui soit parlante pour les thérapeutes. Dans le cadre de mon stage, je me suis particulièrement concentré sur les aspects moteurs, comme présenté dans la figure [35](#). Pour réaliser ce document, je me suis tout d'abord inspiré de mes recherches documentaires et du résultats de mes différents entretiens avec des professionnels de la santé.

Dans cette première version, j'avais classé les objectifs thérapeutiques au moyen de trois propriétés : la zone du corps affectée (membres supérieurs, inférieurs, tête, tronc), le membre précisément affecté (main - poignet- avant-bras ou pied - jambe, etc.) et des paramètres propres à ces membres (amplitude, force, vitesse ou durée de mouvements, membre gauche ou droit, etc.). Cependant, cette première version avait l'inconvénient de proposer des éléments différents selon le choix initial alors que d'autres éléments étaient dupliqués.

J'ai ensuite proposé ma classification à deux kinésithérapeutes (Didier Costeau et Karima Bahkti) afin de voir si elle leur semblait pertinente ou s'ils voyaient des éléments à ajouter ou à modifier. Il s'est en fait avéré que cette classification ne correspondait pas du tout à la manière dont raisonnent les thérapeutes lorsqu'ils établissent les objectifs d'une rééducation. Ce fut donc l'occasion de re-designer cette classification. La version 2 ici proposée en figure 35 a par la suite été revue et validée.

Par ailleurs, dans la perspective d'étendre la portée de l'outil, j'ai aussi ébauché une proposition de listing d'objectifs thérapeutiques de différents types, présentée dans la figure 36.

Aspect Game Design

L'autre aspect du processus de conception de serious games pour la santé concerne l'aspect vidéo-ludique. Pour cela, j'ai établi une classification des principaux types de jeux vidéo en fonction de leur gameplay, proposée dans l'annexe A. Ce document peut être intéressant pour plusieurs raisons. Dans un premier temps, il peut permettre aux concepteurs d'envisager des gameplays auxquels ils n'auraient pas pensé : par oubli ou simplement par méconnaissance du concept de jeu. Pour être plus parlante, la classification propose par ailleurs des exemples de jeux existants pour chaque type de gameplay.

Bien sur, cette liste ne peut être totalement exhaustive : beaucoup de jeux vidéo, particulièrement les jeux mettant l'accent sur une difficulté logique, possèdent leur style propre. Le monde des jeux vidéo indépendants regorge par ailleurs de concepts novateurs.

Nous avons vu l'importance des théories cognitives et comportementales dans l'efficacité des jeux sérieux. J'ai aussi fait une proposition de ce que peuvent être les liens et les influences entre ces composantes, suggestion visible sur la figure 17. A partir de ces bases, il me semblait intéressant de proposer une relation entre ces composantes et les *objets* présents dans tout jeux vidéo. Ces objets représentent les feedbacks, les menus, la GUI, les méthodes de contrôle ou les interactions du

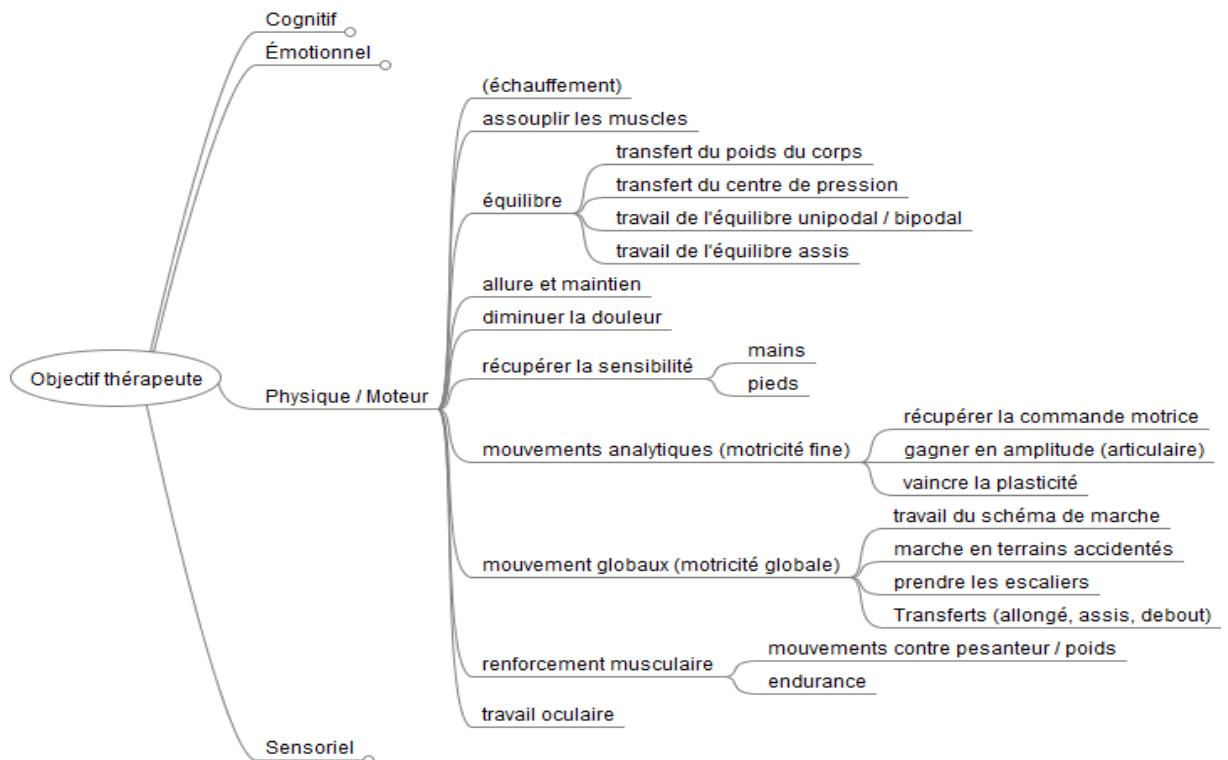


FIGURE 35: Listing et hiérarchisation des objectifs thérapeutiques moteurs

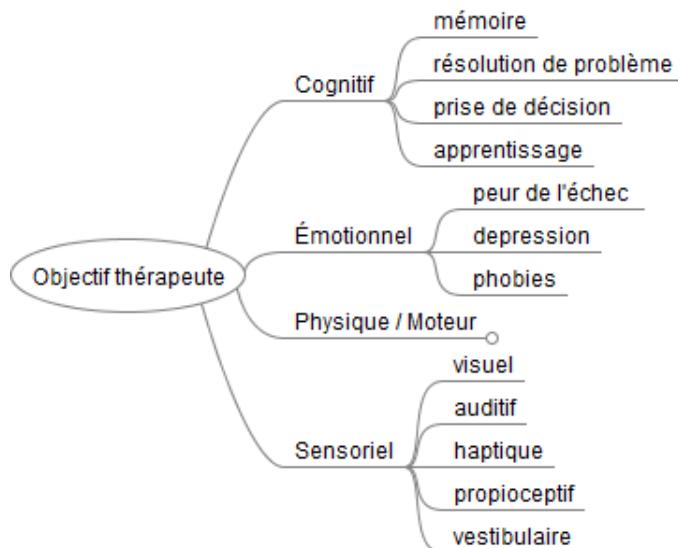


FIGURE 36: Ébauche de classification de différentes types d'objectifs thérapeutiques

jeu par exemple. Une proposition générique permettrait de connaître les éléments importants à mettre en place dans le jeu, en fonction de l'élément de théorie sur lequel on souhaite insister. Par exemple, si l'on souhaite concevoir un jeu sérieux pour aider des enfants à se concentrer, on va vouloir mettre en œuvre des éléments indiqués par la théorie de l'engagement et de l'immersion. Il resterait ensuite à trouver quels éléments génériques d'un jeu vidéo permettent d'influencer sur ces éléments. Cette proposition de lien entre théories cognitives et comportementales et éléments de jeu vidéo, est présentée en annexe B.

Malheureusement, il s'est avéré qu'une méthode générique n'était pas appropriée pour répertorier les paramètres d'un jeu vidéo. En fait, chaque type de jeu vidéo à ses règles et mécanismes propres, ce qui modifie radicalement le contenu d'un jeu d'un type à l'autre. Ainsi, dans un jeu d'*aventure graphique point and click*, des éléments comme le contrôle de la vue ou les paramètres d'une partie sont inexistants ou presque, alors qu'ils représentent des éléments essentiels dans les RTS et les FPS.

A l'inverse, un élément comme le feedback semble particulièrement important quel que soit le type de jeu. Il est par ailleurs en relation avec un grand nombre de ressorts cognitifs. La teneur du besoin n'aura pas une réelle influence sur l'importance de ce paramètre.

Pour être pertinent, on pourrait proposer le même genre de relation pour plusieurs types de jeux vidéo. Ainsi, une fois défini le type de jeu qu'elle souhaite développer, l'équipe pourrait voir quels sont spécifiquement les éléments sur lesquels elle souhaite insister.

Une autre approche serait de pouvoir proposer un type de jeux vidéo à partir d'une sélection de concepts cognitifs ou comportementaux.

Le contrôle, lien entre objectifs thérapeutiques et mécanismes ludiques

Dans notre cadre, l'impact sérieux des serious games étant de nature motrice, nous avons décidé de nous concentrer sur les contrôles. Pour faire le lien entre ces objectifs thérapeutiques et le jeu que l'on veut souhaiter pour y répondre, l'utilisation d'interfaces dites naturelles (NUI) nous semblait particulièrement pertinente.

Théoriquement, les possibilités de mouvements pour interagir avec un jeu sont multiples et variées. Cependant, nous souhaitons nous limiter à l'utilisation de périphériques courants et relativement peu onéreux, c'est-à-dire les périphériques courants du jeu vidéo : accessoires *Wii* et *Kinect*.

Je me suis concentré sur quelques types de jeux vidéo populaires pour lesquels j'ai réalisé un petit état de l'art des jeux utilisant des mouvements naturels. J'ai réalisé des tests sur différents jeux de *Kinect* et de *Wii* et testé des applications utilisant le *Leap Motion*.

J'ai par ailleurs étendu cette étude en proposant une adaptation NUI pour des jeux célèbres ou particulièrement représentatifs de leur genre. La synthèse de ce travail est jointe en annexe C. Ce document peut servir de base d'inspiration dans la proposition de contrôles naturels pour des serious games pour la réhabilitation.

6.2.2 Méthodologie de conception de SG

La deuxième approche résulte en une méthodologie de conception basée sur une conception participative.

La méthode proposée ici s'inspire et conjugue les aspects les plus intéressants pour nos besoins de diverses méthodes, la co-conception avec les utilisateurs restant les mots clefs de la démarche. Comme nous l'avons vu, c'est une méthode centrée sur l'utilisateur et son rôle actif dans la démarche de conception.

Durant mon stage, j'ai eu l'occasion de participé à la conception de plusieurs projets à divers moments du processus de conception. Ils serviront ici d'exemple afin d'illustrer les étapes du processus.

Connaître Pourquoi, Qui, Comment et Quoi ?

La première étape de la démarche, si on ne compte pas la prise de contact, consiste à réunir les futurs développeurs, utilisateurs et acteurs de l'application. Ces représentants seront issus de milieux différents et complémentaires afin de posséder l'intégralité des savoirs nécessaires. On cherchera aussi à éviter de surreprésenter un corps de métier ou un type d'acteur plutôt qu'un autre. Durant cette réunion, durant environ 1 à 2 heure, il va falloir répondre à plusieurs questions simples mais fondamentales. On s'inspire ici de l'*impact mapping* pour se focaliser sur les impacts attendus de l'application.

Pour commencer et durant 15 minutes, chaque participant devra exprimer selon lui quels sont les objectifs de l'application. A chaque prise de parole, l'intervenant marquera l'objectif sur un post-it par exemple, et développera sa pensée oralement avec le groupe. Ces objectifs peuvent être divers et variés : thérapeutiques, financiers, de publication ou marketing par exemple.

Co-conception au CHAC - Application d'aide à la reverticalisation post-chute			
Objectifs psychologiques	Objectifs de santé	Objectifs de personnalisation	Objectifs relationnels
Oublier que c'est du travail	Diminuer la dépendance du patient	Proposer un suivi personnalisé	Améliorer la communication et relation sociale avec d'autres patients
Se rendre compte que la peur est normale	Etre efficace : retour à l'état d'avant la chute	Evaluation initiale	Créer ou maintenir du lien avec la famille du patient
Diminuer l'angoisse	Travailler assis, debout, se lever, se pencher en avant et sur le coté, ramasser devant et en haut	Pouvoir choisir le schéma moteur	Communication entre professionnels
Etre ludique	Add a card...	Add a card...	Travail en équipe pluridisciplinaire
Redonner confiance			Add a card...
Add a card...			

FIGURE 37: Liste des objectifs issus de la séance de conception sur la verticalisation

Pour donner un exemple, la figure 37 donne les principaux objectifs d'une séance de conception réalisée durant mon stage. Cette séance a eu lieu au Centre hospitalier d'Alès - Cévennes (le CHAC) avec des ergothérapeutes et des kinésithérapeutes, Antoine Seilles et moi-même. L'application envisagée a pour but d'aider des personnes, généralement âgées, étant tombées et ayant peur de rechuter, à remarcher normalement. Les objectifs marqués de rouge sont les objectifs critiques devant être atteints.

Lorsque le temps est terminé ou qu'aucun nouvel objectif n'est ajouté, une nouvelle période de quinze minutes est lancée. Durant celle-ci, les participants doivent ensemble regrouper les objectifs précédemment énoncés par thème. Enfin, ils doivent choisir un maximum de trois objectifs considérés comme majeurs et principaux. Ce sont sur ces aspects que l'accent devra être mis au cours du processus de conception et de développement.

En parallèle des deux premières étapes, l'équipe de conception pensera à noter tout utilisateur de l'application. On trouvera dans notre contexte des acteurs comme le patient, sa famille, le kiné, l'ergo ou le médecin par exemple.

Enfin, on va établir les critères de réussite des objectifs principaux. Comment pourra t-on juger de la réussite ou non de l'application ? Existe t-il des références sur lesquelles se baser ? Ces critères peuvent concerner des aspects comme le temps, le cout, l'efficacité, la durée, la renommée d'un journal, une valeur de revenue, etc.

Comprendre les utilisateurs

La première partie de la séance de conception participative se concentre sur les objectifs et les impacts de l'application. Dans la seconde partie, on va maintenant se rapprocher des utilisateurs. Pour cela, les participants vont devoir imaginer une personne utilisatrice de l'application. Cette méthode permet de simuler un cas concret d'utilisation de l'application en rendant l'expérience bien plus crédible et vivante qu'avec l'impersonnel "utilisateur x". Il s'agit ici de s'inspirer d'une méthode marketing en créant une carte d'empathie.

Cette carte d'empathie va nous permettre de dresser le profil de l'utilisateur imaginé par le groupe et de l'enrichir de toute les informations pertinentes au contexte d'utilisation de l'application à concevoir. On cherchera ainsi à renseigner des informations comme les habitudes de la personne, ses interactions, ses objectifs et ses moyens. On pourra dessiner une carte pour différents profils d'utilisateurs.

Pour illustrer cette étape, voici en page [98](#) la carte d'empathie d'Elsa , réalisée lors de la séance de co-conception que j'ai menée au centre hospitalier d'Alès. Une fois les cartes dessinées, la séance peut se terminer.

CARTE D'EMPATHIE

HABITUDES

- Les fleurs de son jardin qu'elle commence à délaisser.
- Courses tous les jours en voiture.
- Vit seule avec le soutien régulier d'une auxiliaire de vie et d'une infirmière.
- Se dispute souvent avec son voisinage pour cause de commérages.

OBJECTIFS

- Reprendre confiance en ses capacités, réapprendre à marcher.
- Rester indépendante.
- Mise en place d'une aide adaptée à sa démence.
- Maintient de ses capacités.

INTERACTIONS

- Trois enfants dont deux auxquels elle ne parle plus.
- Une auxiliaire de vie.
- Une infirmière qui passe tous les matins.
- Discute souvent avec ses voisins du bout de la rue.
- Affinités avec les membres de la paroisse, elle se rend à la messe tous les dimanche matin.
- Trois petits enfants, seulement un qu'elle voit régulièrement.

PROFIL

- Elsa, 82 ans, veuve, ex-enseignante d'histoire.
- Hospitalisée après une chute ayant causé une Rhabdomyolyse (Tissus musculaires abimés).
- Restée au sol durant une nuit entière avant d'être amenée à l'hôpital.
- Elle vit en zone péri-urbaine dans une maison avec jardin.
- Elle présente une petite démence frontale.

MOYENS ET LIENS AVEC L'EXTERIEUR

- La voiture pour faire les courses.
- Téléphone portable avec de grosses touches.
- Télévision.
- Beaucoup de temps libre.
- Retraite d'enseignante.

CE QUE LUI APPORTE L'APPLICATION

- Faciliter sa rééducation grâce à une méthode adaptée à sa démence.
- Possibilité de partager une activité avec son petit fils.
- Séances quotidiennes.
- Au bout de quatre jours, Elsa est capable de marcher.
- Retourner chez elle après l'hospitalisation (avec aides et kiné à domicile).
- Maintien de ses capacités : autonomie fonctionnelle.
- Suivi effectif de son état via l'application.

Imaginer et illustrer les cas d'utilisation

La suite de la méthode de conception vient se servir des résultats des premières étapes. Il s'agit d'imaginer les différents cas d'utilisation de l'application. On va chercher à couvrir la totalité des fonctionnalités souhaitées de l'application dans différents contextes d'utilisation. Pour cela, on imagine des scénarios courts dans lesquels on pourra mettre en scène les utilisateurs imaginés lors de la séance de conception participative.

Ces scénarios doivent comporter trois points :

1. un titre : permet de rapidement cerner la fonctionnalité ou le concept illustré.
2. une description de la scène : elle permet de visualiser les acteurs présents, l'action en cours et les interactions.
3. un commentaire : il s'agit d'expliquer ce qui se passe dans la scène, éventuellement comment on en est arrivé là, les objectifs en jeux ou l'intérêt de l'application ou du jeu.

Pour fournir des exemples de scénarios d'usage, je vais ici utiliser un travail issu d'un autre projet auquel j'ai participé. Il s'agissait ici de proposer une application pour aider à la rééducation de personnes lombalgiques. Le principal objectif est de faire bouger les patients : la douleur vient de l'inactivité et reprendre une activité physique est donc indispensable. Cette séance s'est déroulée notamment en présence d'un docteur en médecine spécialisé dans la lombalgie, Arnaud Dupeyron.

Slide Contexte :

Description : Paul est dans son canapé. Un proche lui recommande de se reposer.

Commentaire : Il a mal au dos et est en arrêt maladie pour ça. Il aimerait ne plus avoir mal. Ses proches l'encouragent à se reposer, ne pas trop bouger.

Slide présentation par le médecin :

Description : Cabinet médical, Paul est entre les mains de son médecin. Il fait des exercices devant une Kinect et un ordinateur.

Commentaire : Le nouveau médecin qui va s'occuper du dos de Paul mesure les capacités de mouvement de Paul avec notre application. Il va conseiller à Paul de se remettre à bouger. Il lui déconseille d'être sédentaire et donc, il va lui recommander d'utiliser notre application chez lui afin de l'aider à se remettre en activité.

Slide suivi d'un patient :

Description : le médecin est devant son ordinateur, il consulte le profil de Paul et visualise ses capacités.

Commentaire : l'application présente un bilan simplifié des capacités du patient. Notre application permet un suivi du patient par le médecin en remontant des informations sur l'endurance, la souplesse, la fréquence d'utilisation, des alertes ... Mais le premier but de l'application c'est de faire bouger Paul.

Création de storyboards

Les storyboards sont des organisateurs graphiques sous la forme d'illustrations ou d'images affichées dans un ordre chronologique dans le but de pré-visualiser des séquences futures. Le storyboarding est utilisé dans le développement de logiciels pour mieux identifier leurs spécifications et les différentes étapes de l'expérience de l'utilisateur.

Dans notre cas, les storyboards sont construites à partir des scénarios d'usage conçu à l'étape précédente. Elles aident les utilisateurs à comprendre comment exactement l'application doit être utilisée au moyen d'une mise en scène de ces utilisations. C'est aussi un moyen de personnaliser l'expérience et de rapprocher les futurs utilisateurs de l'application, en la rendant plus accessible.

Résumé et résultats

Finalement, en quelques étapes bien définies, il est possible de passer d'une simple idée partagée à la production d'un document graphique mettant en scène toutes les possibilités d'utilisation de l'application idéale répondant aux principaux objectifs que l'on s'est fixés.

Cette méthode met un fort accent sur une conception collaborative de la part des différents acteurs et met l'utilisateur et les impacts au centre du processus de conception. D'un point du vue du développement, on choisira une méthodologie AGILE mettant l'accent sur des échanges réguliers entre l'équipe de développement et les utilisateurs précédemment cités, afin de vérifier que le projet reste bien en corrélation avec leurs besoins. Elle permet entre autres de partager les connaissances et les compétences des participants, ce qui contribue à la qualité globale de la conception.

6.2.3 Différences et complémentarité des solutions

Les deux approches empruntées pour aider à la conception de jeux sérieux pour la santé sont donc bien différentes. La première cherche plutôt à définir et enregistrer des savoirs qui seront utiles dans le processus de conception. La seconde, propose une méthodologie permettant de dynamiser les échanges entre les acteurs afin de répartir les savoirs.

Il n'existe actuellement pas de méthode classique de conception spécifique à la création de serious games se distinguant par son efficacité. L'utilisation et la prise en compte de connaissances comme celles proposées en [6.2.1](#), pourraient ainsi permettre de proposer des pistes intéressantes de conception. Si ce travail était poursuivi, en travaillant spécifiquement sur chaque type de jeu ou en enrichissant la base de contrôles possibles, il serait ainsi possible d'orienter efficacement la conception de l'application.

Par ailleurs les deux approches proposées sont aussi compatibles. L'intégration de savoirs, s'ils font défaut à l'équipe de conception, peut permettre d'enrichir la pensée et les solutions envisagées. C'est aussi une manière d'envisager d'autres approches, comme utiliser le contrôle comme lien entre les composantes médicales et ludiques. La méthode de conception participative présentée peut trouver sa place dans le processus de conception avant l'utilisation de l'ensemble des outils. Ceux-ci pourront être plus justement utilisés lors de la phase de développement du l'application, en compléments des documents produits pendant la conception participative.

7 Perspectives

7.1 *Hammer & Planks*, un serious game modulable

Le projet *Hammer & Planks* fut une composante forte de mon stage. Il m'a servi de terrain d'expérimentation des différentes idées inspirées par les connaissances acquises au cours de ces six mois. J'ai ainsi travaillé aussi bien sur la version thérapeutique que sur la version grand public, dont les enjeux sont différents. C'est aussi un projet mettant un place un système d'ajustement des paramètres, permettant d'adapter sa difficulté et les mouvements des joueurs.

Par rapport à ce qui est déjà mis en place dans le jeu, il est possible d'imaginer de nouvelles fonctionnalités. Une approche à laquelle nous réfléchissons actuellement est la mise en place d'un **gameplay asymétrique**.

Cette proposition trouve son intérêt à la fois dans la version grand public et la version thérapeutique. L'idée est de permettre à un second joueur de participer à l'expérience de jeu en utilisant un périphérique tiers : tablette ou smartphone. Ce joueur pourrait par exemple incarner le vent pour aider ou perturber la navigation du joueur principal, jouer le rôle d'un membre de l'équipage pour donner des bonus ou encore se poser comme concurrent.

De manière générale, l'objectif est de permettre une interaction entre les joueurs et d'enrichir l'expérience globale de jeu. Nous avons vu dans notre background l'intérêt et la volonté des patients en rééducation de pouvoir partager des activités avec leurs proches ou d'autres patients.

Une dernière proposition de fonctionnalité pour ajuster le niveau de difficulté, concerne la gestion des ennemis. Actuellement, le système offre la possibilité de régler la fréquence d'apparition des ennemis, ainsi que la densité de répartition des différents types d'ennemis, comme le montre la figure 30.

Afin d'apporter plus de finesse au système, je propose la possibilité de créer des bataillons d'ennemis. On pourrait alors par exemple définir la taille maximale d'un bataillon (nombre d'unités en son sein), le type des unités le composant ou encore un schéma de patrouille. De manière plus globale, il serait possible de préciser le nombre maximum de bataillons simultanés ou le temps d'apparition entre deux bataillons. Cela laisserait la possibilité pour le joueur, le designer ou le thérapeute d'établir de nouvelles stratégies.

7.2 Proposer un système de paramètres prédéfinis

Afin d'enrichir le système d'ajustement de la difficulté de *Hammer & Planks*, on pourrait proposer quelques configurations prédéfinies de paramètres, comme il se fait classiquement dans les jeux vidéo. Dans la version grand public, cela se traduirait par la proposition de plusieurs niveaux de difficulté ("facile", "moyen", "difficile").

La proposition est particulièrement intéressante pour la version santé du jeu, notamment couplée avec l'interface thérapeutique.

Il serait en effet beaucoup plus ergonomique et intuitif pour les thérapeutes de pouvoir directement choisir des ensembles de valeurs de paramètres dont l'application correspondrait à un objectif thérapeutique. Par exemple, plutôt que de devoir modifier manuellement tous les paramètres ayant un impact sur l'utilisation du bras gauche du joueur-patient, il lui suffirait de choisir l'ensemble prédéfini correspondant. On peut aussi parler de meta-paramètres.

Bien sur, plusieurs ensembles pourraient correspondre aux mêmes besoins. Enfin, afin de permettre une adaptation la plus complète possible, il faudrait laisser la possibilité aux soignants de créer ou de modifier eux-mêmes ce type de configurations. Cela permettrait de faciliter l'utilisation de la plateforme et des jeux par les thérapeutes.

Dans le cadre de l'adaptation aux besoins thérapeutiques, il est aussi envisageable de créer plusieurs modes de jeu spécifiques ou d'ajouter de nouvelles possibilités dans l'interface thérapeutiques. Par exemple, si l'on cherche à faire réaliser par le joueur-patient un certain schéma moteur (suite de modifications de son centre de gravité par exemple), il serait pratique pour le thérapeute de créer à la volée le parcours du jeu incitant le joueur à réaliser un tel schéma.

7.3 Proposer un système de recommandation

Comme nous l'avons vu dans la partie 3.5, les systèmes de recommandation permettent d'orienter des personnes vers des produits qui correspondent à leurs attentes ou besoins.

En s'inspirant de ces modèles, il semblerait judicieux de pouvoir établir un système de profil pour les joueurs. En analysant les capacités du joueur et ses affinités, on pourrait alors nourrir un système de recommandation. Celui-ci pourrait orienter le joueur vers des jeux en accord avec ses affinités ou lui proposer des sets de paramètres personnalisés correspondant à ses critères de difficulté par exemple.

L'ajout d'un système de suivi de ses résultats pour prendre en compte l'évolution du niveau du joueur et de ses affinités permettrait d'améliorer encore la qualité des propositions.

D'un point de vue thérapeutique, un tel système intégrerait le profil médical du joueur-patient. La prise en compte de ses capacités cognitives et motrices, de la nature de sa déficience et des exercices préconisés par les soignants alimenterait efficacement un système de recommandation. Celui-ci viendrait améliorer l'adaptation des jeux sérieux pour le patient, ce qui contribuerait d'autant plus à sa réhabilitation. N'oublions pas que les jeux sérieux renforcent la motivation du patient, et que c'est un élément essentiel à sa rééducation.

Enfin, en évaluant le niveau du joueur durant ses sessions de jeu, il serait possible de mettre en place un système d'ajustement dynamique de la difficulté. Ce système viendrait en complément de la paramétrisation initiale proposée grâce à l'évaluation initiale du profil du joueur. Adaptations initiale et dynamique seraient ainsi deux moyens de proposer aux joueurs une expérience de jeu la plus en adéquation avec leurs envies (et éventuellement, leurs besoins thérapeutiques).

7.4 Étendre et éprouver méthodologie et outils de conception

Si j'ai pu mettre en application la méthodologie proposée dans plusieurs projets de conception, je n'ai malheureusement pas eu le temps l'appliquer sur un projet complet. J'ai moi-même mené une séance de conception participative pour un projet d'application d'aide à la verticalisation. Cette séance a mené à la création d'une carte d'empathie (voir annexe 6.2.2), puis à la création de scénarios d'usage. Mais la fin de mon stage est survenue avant la possibilité de créer les storyboards, mais surtout avant la phase de développement, qui risque de ne survenir que bien plus tard. Il serait donc intéressant, afin d'éprouver la méthodologie, de la mettre en application sur un projet complet et de critiquer différents aspects comme le temps de conception, la qualité de l'application conçue, son impact sur les objectifs thérapeutiques ou la satisfaction des joueurs ou des thérapeutes.

Un autre aspect serait de pouvoir étendre le domaine de la méthodologie à d'autres pathologies et matériels. Nous nous sommes jusqu'alors concentrés sur des pathologies d'ordre moteur, et il serait judicieux de vérifier qu'elle est aussi pertinente dans le cas de pathologies mentales par exemple. Pour aller encore plus loin, étendre la méthodologie dans des domaines différents du monde médical, pour le développement de serious games éducatifs par exemple, serait une perspective intéressante à mettre en place.

Enfin, comparer les résultats d'une telle méthodologie dans divers domaines avec ceux obtenus à partir de méthodologies plus classiques permettrait de juger de l'intérêt de la méthode, de possibles améliorations ou encore de trouver dans quels contextes elle est la plus pertinente. Un tel travail pourrait avoir lieu dans le cadre d'un stage ou d'une thèse portant sur des méthodologies de conception.

Au niveau de l'ensemble d'outils d'aide à la conception, on peut envisager des perspectives d'évolution du travail. On trouverait ainsi un intérêt dans un document identifiant clairement pour chaque type de jeux vidéo un type de contrôle adapté. Cela permettrait d'orienter des concepteurs ayant un objectif thérapeutique précis à mettre place vers un ou plusieurs types de jeu en accord.

On pourrait proposer pour chaque type de jeu un inventaire des *objets* (feedbacks, menus, GUI, méthodes de contrôle, etc.) qui lui sont propres. A partir de cette liste, faire le lien entre ces objets et les différents processus cognitifs et comportementaux sur lesquels il agissent fournirait un outil puissant. Il pourrait être utilisé pour guider les concepteurs et développeurs à créer des serious games plus efficace d'un point de vue sérieux. Les créateurs du jeu DIAB[28] se sont ainsi inspirés des théories comportementales pour créer un jeu pour aider à lutter contre le diabète de type 2 et l'obésité infantile.

8 Conclusion

Globalement, ce stage était sur le thème des échanges et au carrefour entre le monde informatique et le monde médical. Nous avons vu comment allier l'expérience d'une société dans le développement de jeux vidéo, à la connaissance et l'expertise de professionnels de la santé, pour proposer un jeu sérieux efficace et apprécié des joueurs.

Ce stage de fin d'étude fut aussi l'occasion de vérifier sur une période longue de six mois que mon niveau de compétence et mon autonomie de travail étaient suffisants. Si j'avais déjà réalisé un stage de deux mois chez NaturalPad, l'accent avait alors été mis sur le développement et l'acquisition de connaissances web. J'avais à cette époque parlé de mon intérêt pour les échanges avec des professionnels d'autres corps de métier. En ayant reparlé avec Antoine Seilles, nous avons axé mon travail de stage vers de la conception avec des thérapeutes. Cela m'a montré l'importance de la communication dans une équipe et nous a permis de trouver un sujet de stage en accord avec nos besoins et envies respectifs.

Durant ce stage, j'ai donc participé au développement du serious game Hammer & Planks, et ma connaissance du moteur de Unity3d fut un atout. J'ai travaillé aussi bien pour sa version grand public, enrichissant mes compétences en game design, que sur la version thérapeutique d'aide à la rééducation motrice. Celle-ci me permit de tester et mettre en application un système d'ajustement des paramètres du jeu, dans le but d'agir sur la difficulté ou l'adaptation du jeu aux capacités du joueur-patient. Cette adaptation se fait au moyen d'une interface web thérapeutique permettant de modifier la valeurs des variables du jeu ou des paramètres de réglage des contrôles par exemple.

Nous avons aussi réalisé des séances de tests avec des thérapeutes et des patients représentant les utilisateurs futurs du jeu. Cela m'a permis de confronter mon travail aux critiques et appréciations de personnes complètement étrangères au travail de développement. Ce fut très constructif à la fois pour mieux comprendre les joueurs, mais aussi d'un point de vue humain. Voir une jeune fille de moins de 20 ans, hémiplégique, et se régalar de jouer à Hammer & Planks, fut réellement touchant. De la même manière, s'entendre féliciter à plusieurs reprises par un homme de plus de 70 ans en disant que grâce à notre travail il trouvait enfin amusant une activité à l'hôpital, est en soi une récompense.

C'est d'ailleurs l'aspect positif que je suis venu chercher et trouver en venant travailler chez NaturalPad. Je souhaitais utiliser mes connaissances et compétences

informatiques dans un contexte différent que le développement d'applications classiques, et basé sur les échanges humains. NaturalPad est une société dont les valeurs correspondent aux miennes, que ce soit dans les pratiques ou les solutions développées.

Cela m'amène au point suivant, puisque, comme nous l'avons vu, NaturalPad est une société innovante se positionnant sur le marché des serious games. En correspondance avec ma formation, elle m'a permis d'étendre très largement mes connaissances à ce sujet en m'offrant la possibilité d'effectuer un travail de recherche et d'état de l'art. J'ai ainsi beaucoup appris sur les serious games en général, les théories d'apprentissage ou encore la réhabilitation. Ces recherches me seront particulièrement utiles tout d'abord au niveau des connaissances théoriques acquises, mais aussi au niveau de la démarche de travail effectuée. Je souhaite ainsi poursuivre ce type de travail au moyen d'une thèse, sur les serious games ou la difficulté notamment.

J'ai aussi proposé plusieurs outils d'aide à la conception ainsi qu'une méthodologie de conception de serious games pour la santé. Ces travaux m'ont permis d'explorer différentes pistes, de communiquer avec des chercheurs et des thérapeutes et leur proposer ces solutions. De nombreuses perspectives sont possibles pour faire évoluer ces outils ou valider la méthodologie, mais les résultats acquis durant le stage sont prometteurs.

Durant mon stage, l'équipe de NaturalPad a su me faire confiance en me laissant autonomie, prises de décisions et responsabilités. Après avoir assisté à plusieurs séances de conception participative, Antoine Seilles a jugé que j'étais en mesure de mener ma propre séance en m'invitant à diriger une séance au centre hospitalier d'Alès Cévennes (CHAC).

J'ai aussi rencontré de nombreux professionnels de la santé de ma propre initiative, ergothérapeutes ou kinésithérapeutes, en fonction des besoins, contribuant à faire évoluer mon travail dans la bonne direction.

Enfin, ce stage fut globalement une très bonne expérience. J'ai beaucoup appris technologiquement grâce aux connaissances et aux partages de mes collègues. J'ai aussi passé six mois de réelle bonne humeur, chacun étant libre de s'exprimer et de proposer. Dans cette optique, l'équipe a par ailleurs réalisé deux game jam d'une semaine durant la période où j'y ai travaillé. Une game jam consiste en la création d'un jeu sur une période courte. Ce fut l'occasion pour chacun de faire jouer son imagination, de mettre en place ses idées et de changer de contexte de travail d'une manière des plus agréables. Les mini-jeux réalisés nous plaisent d'ailleurs

particulièrement, et je recommande à tout fan de jeux vidéo de se lancer dans cette expérience.

Références

- [1] Gojko Adzic. What is impact mapping ?, 2012.
- [2] Stokes B. Video games have changed : Time to consider “serious games.”. *The Development Education Journal*, 2005.
- [3] T. Baranowski, R. Buday, D. Thompson, and J. Baranowski. Playing for real : Video games and stories for health-related behavior change. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008.
- [4] T. Baranowski, L. S. Lin, D. W. Wetter, K. Resnicow, and M. D. Hearn. Theory as mediating variables : Why aren’t community interventions working as desired. *Annals of Epidemiology*, S7, S89-S95, 1997.
- [5] Robin Burke. Hybrid recommender systems : Survey and experiments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2002.
- [6] J. Chen. Flow in games. *Communications of the ACM magazine*, 2007.
- [7] Dr. E. Coudeyre and Pr. S. Poiraudeau. *Le Guide du Dos*. The Stationer Office, 2004.
- [8] Mihály Csíkszentmihályi. *Beyond Boredom and Anxiety*. Jossey Bass, 1975.
- [9] Mihály Csíkszentmihályi. *The flow experience and its significance for human psychology*. Cambridge University Press, 1988.
- [10] Mihály Csíkszentmihályi. Finding flow. 1997.
- [11] JE Driskell and DJ Dwyer. Microcomputer videogame based training. *Educational Technology*, 1984.
- [12] Eletha Flores, Gabriel Tobon, Ettore Cavallaro, Francesca I. Cavallaro, Joel C. Perry, and Thierry Keller. Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. *ACE*, 2008.
- [13] J.P. Gee. Situated language and learning : a critique of traditional schooling. *London : Routledge*, 2005.
- [14] Kathrin Gerling and Maic Masuch. When gaming is not suitable for everyone : Playtesting wii games with frail elderly. *Workshop on Game Accessibility*, 2011.
- [15] Institut Gfk. Les pratiques de consommation de jeux vidéo des français. Technical report, Centre National du Cinéma et de l'image animée, 2011.
- [16] D. Goude, S. Björk, and M Rydmark. Game design in virtual reality systems for stroke rehabilitation. *Medicine Meets Virtual Reality 15*, 2007.
- [17] Jim Highsmith. *Agile Software Development Ecosystems : Problems, Practices, and Principles*. Addison-Wesley, 2001.

- [18] Nadia Hocine, Abdelkader Gouaïch, Ines Di Loreto, and Lylia Abrouk. Etat de l'art des techniques d'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux. *RIA*, 2011.
- [19] Whitall J. Stroke rehabilitation research : time to answer more specific questions ? *Neurorehabil Neural Repair*, 2004.
- [20] J. Juul. Half-real : Video games between real rules and fictional worlds. 2005.
- [21] Guillaume Levieux. *Mesure de la difficulté dans les jeux vidéo*. PhD thesis, Conservatoire National des arts et métiers, 2011.
- [22] Julien Metrot, Denis Mottet, Isabelle Hauret, Liesjet van Dokkum, Huei-Yune Bonnin-Koang, Kjerstin Torre, and Isabelle Laffont. Changes in bimanual coordination during the first 6 weeks after moderate hemiparetic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 2013.
- [23] Curtiss Murphy. Why games work and the science of learning. *gametools*, 2011.
- [24] Carl Rocray. Jeu vidéo et conditionnement comportemental. *Le Panoptique*, 2009.
- [25] Andrew Rollings and Ernest Adams. *On Game Design*. New Riders, 2003.
- [26] Pamela Rutledge. The positive side of video games. *paperblog*, 2012.
- [27] Wikipédia. Conception participative, 2013.
- [28] Wilson, Bedwell, Lazzara, Salas, Burke, Estock, Orvis, and Conkey. Relationships between game attributes and learning outcomes : Review and research proposals. *Simulation & Gaming*, 2009.

Deuxième partie

Annexes

A Les différents types 'classiques' de Jeux Vidéo

Types de jeux vidéo (classés par gameplay)

NB : la plupart des jeux empruntent à plusieurs catégories et se limitent rarement à un seul type de gameplay.

1. Action

- a. Combat
 - i. Jeu de combat (VS fighting : *Tekken, Dead or Alive, Soul Calibur*)
 - ii. Beat them up 3D (*Dynasty Warriors, Devil May Cry, Bayonetta*)
 - iii. Beat them up 2D(*Street Fighter, Street of Rage, Teenage Mutant Ninja Turtles*)
- b. Plateformes (*Mario, Rayman, Spyro, Trine*)
- c. Tir (Shooter)
 - i. Tir subjectif (FPS : *Doom, Quake, CounterStrike*)
 - ii. Tir objectif, à la troisième personne (TPS : *Gears of War, BattleField Heroes*)
 - iii. Shoot them up
 - 1. Fixe (Fixed shooter : *Space Invaders*)
 - 2. A défilement (Scrolling shooter : *Defender, H&P*)
 - 3. Rail shooter (*Panzer Dragoon, Rez, Star Wing*)
 - 4. Multidirectional shooter (*Asteroids*)
 - iv. Light gun shooter (avec gun contrôleur souvent) (*Time Crisis, Virtua Cop*)
 - v. Tactical shooter (*Arma*)
 - vi. MMO FPS (*Tabula Rasa*)

2. Aventure

- a. Fiction interactive (*The Colossal Cave,*)
- b. Aventure graphique ou Point and Click 2D ou 3D (*Monkey Island, Myst*)
- c. Simulation de drague (*Tokimeki Memorial*)
- d. Visual novel, ou jeu d'aventure textuel (*Higurashi no naku koro ni*)

3. Action-aventure

- a. Classique (*Tomb Raider, The Legend of Zelda, Mirror's Edge, Zether*)
- b. Infiltration (*Metal Gear, SplinterCell*)
- c. Survival horror (*Silent Hill, Resident Evil, Amnesia*)
- d. Bac à sable ou Sandbox (GTA, Assassin's Creed)

4. Jeu de rôle

- a. Jeu de rôle (RPG) (*Final Fantasy, Dragon Quest, Tales of, Fallout, The Elder Scrolls*)

- b. Jeu de rôle d'action (A-RPG : *Kingdom Heart, Fable*)
 - c. Jeu de rôle tactique (T-RPG : *Final Fantasy Tactics, Fire Emblem*)
 - d. Tower Defense (*FF:Crystal Defender, Kingdom Rush, Bloon TD*)
 - e. Hack and slash (Porte - Monstre - Trésor ou Dungeon Crawling : *Diablo, Donjons et Dragons*)
 - f. Rogue-like (*Rogue*)
 - g. Jeu de rôle en ligne massivement multijoueur (MMORPG : *World of Warcraft, Guild Wars*)
 - h. Bac à sable ou Sandbox (*Minecraft*)
5. Réflexion (*Echochrome, Professeur Layton*)
- a. Labyrinthe (*Pac man, Bomberman, Snake*)
 - b. Puzzle (*Clash of Heroes, Cut the Rope*)
 - c. Entraînement cérébral (*Dr Kawashima*)
6. Simulation
- a. Gestion (*SimCity*)
 - b. God Game ou simulation de vie (*The Sims*)
 - c. Simulation de véhicules (*GTR, Life for Speed, Euro Truck Simulator*)
 - d. Semi-simulation de véhicules (*Need for speed, Colin McRae/Dirt*)
 - e. Simulation sportive (*PES, Fifa*)
7. Stratégie
- a. Stratégie au tour par tour (TBS : *Heroes of Might and Magic*)
 - b. Stratégie en temps réel (RTS : *Age of Empire, StarCraft*)
 - c. Tactique au tour par tour (TBT ou TTB : *Battle for Wesnoth, King's Bounty*)
 - d. Tactique en temps réel (*Commando, Desperado*)
 - e. Grande stratégie (*Axis and Allies, Risk*)
 - f. 4X (eXplore, eXpand, eXploit and eXterminate : *Civilization, Endless*)
 - g. Wargame (*Avalon Hill*)
 - h. Arène de bataille en ligne multijoueur (MOBA : *League of Legend, DoTA*)
 - i. Jeux d'artillerie (*Scorched 3D, Artillery*)
8. Autres genres
- a. Casse briques, pinball, Match 3
 - b. Courses arcade(*Mario Kart, Burnout*)
 - c. Rythme et Musique (*Guitar Hero*)
 - d. Jeux de programmation
 - e. Sport (pas de simulation : *SSX, Pong, BloodBowl?*)
 - f. Social (*Paf le Chien, Farm Ville*)

- g. Jeux de cartes, de hasard, Casino (*Solitaire, Poker*)
 - h. Jeux de mots/lettres (*Word Puzzle*)
 - i. Jeux de cartes à collectionner (*Magic the Gathering, Yu-Gi-Oh!*)
 - j. Jeux d'ambiance ou Mini-jeux (*Wario Ware, Mario Party*)
9. Classification par sujet
- a. Adulte
 - b. Publicitaire
 - c. Artistique
 - d. Éducationnel (sciences, langues, culture, etc.)
 - e. Sportif
 - f. Occasionnel
 - g. Sérieux (santé, militaire, communication, etc.)

B Esquisse d'énumération des éléments d'un jeu et association avec les théories cognitives et comportementales

Lien entre paramètres de jeu et théories psychologiques

Liste des théories employées

Enjeu **3 types de Difficulté** Découverte et apprentissage State of Flow Immersion

Engagement Conditionnement Accomplissement Dissonance cognitive Punitivité

Paramètres	Théories associées
Paramètres généraux	/
Feedback	Conditionnement Découverte et apprentissage Immersion Dissonance cognitive Difficulté(sensorielle et logique) State of Flow (contrôle)
Mécanismes globaux du jeu	/
choix entre jeu solo / multijoueur	Enjeux Immersion?
vitesse de jeu	3 types de Difficulté
durée des différentes boucles de jeu (fun à court / moyen / long terme)	Découverte et apprentissage Accomplissement
→ meta paramètres très haut niveau :	/
difficulté du jeu	/
vitesse de progression de la difficulté	3 types de Difficulté Découverte et <u>apprentissage</u>
performance attendue (évaluation du score)	Dissonance cognitive Accomplissement Engagement 3 types de Difficulté
lisibilité des informations	State of Flow? Difficulté(sensorielle) Dissonance cognitive
Interactions (In Game)	State of Flow (contrôle, excitation)

nombre d'options de jeu possibles (actions, techniques, interactions, etc)	“ + types de Difficulté (logique, motrice) Découverte et apprentissage Immersion
vitesse d'apparition de nouveaux concepts de jeu	“ + Découverte et apprentissage
longueur des cycles d'expertises (temps d'assimilation d'une technique, d'un mécanisme de jeu)	types de Difficulté (logique, motrice) Découverte et apprentissage Conditionnement
Interactions sociales et multijoueur	
Nombre et complexité ?	Enjeu 3 types de Difficulté Immersion Découverte et apprentissage
collaboration VS confrontation	Engagement Accomplissement
Co-Design (participation active du joueur dans la conception du jeu)	Immersion Découverte et apprentissage State of Flow Engagement
multiplicité des actions du joueur pouvant impacter l'évolution du monde virtuel	“
influence de ces actions (nature et 'puissance')	“ + Enjeu
Méthodes de contrôle	type de Difficulté (motrice) State of Flow (contrôle) Immersion Dissonance cognitive
Actions du joueur	3 types de Difficulté State of Flow Découverte et apprentissage
multiplicité des actions possibles (nombre de 'touches' de jeu ayant un effet)	“
complexité des actions (association de 'touches' ou de mouvements donnant un effet)	“
GUI	type de Difficulté (sensorielle)

HUD	types de Difficulté (sensorielle, logique) Immersion
Paramètres graphiques et audio (indépendants des 'ajustements feedback')	Immersion
<i>Paramètres spécifiques au type de jeu</i>	/
Contrôle de la vue	Immersion State of Flow type de Difficulté (sensorielle)
Propriétés des objets	3 types de Difficulté Immersion Découverte et apprentissage
Paramètres d'une partie (conditions de victoire, défaite, choix carte, etc.)	3 types de Difficulté Accomplissement Punitivité Enjeu Découverte et apprentissage
Entités du jeu	/
comportements des entités du jeu (pnj et autres) → très vaste	3 types de Difficulté Immersion Découverte et apprentissage
Scénarisation	Immersion Engagement Conditionnement Accomplissement Enjeu type de Difficulté (logique)

C Proposition de contrôles naturels pour des jeux existants

Proposition de contrôles naturels pour des jeux existants

et état de l'art

Introduction

Même si la méthode que je propose se base sur l'utilisation de gameplay existants dont on va chercher à adapter les contrôles initiaux pour des contrôles naturels, la plupart des gameplay peuvent ne pas se prêter, partiellement ou totalement, à ce genre de contrôles.

Par ailleurs, il peut y avoir plusieurs solutions d'adaptation pour un même gameplay. En fait, cela dépend si l'on fait abstraction des contrôleurs existants et de leurs capacités, ou si l'on tient compte. Dans notre cas, l'objectif étant de concevoir des jeux jouables avec les périphériques existants dans le commerce, on retiendra une utilisation avec les accessoires de la Wii et la Kinect.

Un dernier point est qu'un contrôle qui peut sembler naturel et intuitif pour quelqu'un, peut ne pas l'être du tout pour quelqu'un d'autre (d'où le fait qu'on peut changer l'attribution des touches dans la plupart des jeux), ou ne pas correspondre à ses capacités et facilités physiques, voir aux objectifs thérapeutiques que l'on cherche à mettre en place.

Accessoires Wii :

- Wii Balance Board : balance avec 4 capteurs de poids
- Wiimote : télécommande avec accéléromètre et capteur d'infrarouge (donne la position exacte de la télécommande par rapport à l'émetteur placé devant le joueur)
- Wii Motion Plus : gyroscope sous forme d'extension de la Wiimote, puis WiiRemote Plus
- Nunchuk : accéléromètre
- Wii Wheel : coque en forme de volant pour la wiimote
- Wii Zapper : coque en forme de mitraillette dans laquel on met Wiimote et Nunchuk

Jeux de courses

MarioKart Wii (test)

Action	Wii wheel (tenir à l'horizontal)	Manette gamecube	Manette classique	Nunchuk + télécommande wii (wiimote)
Accélérer	touche 2	A	A	A
Freiner / dérapier / marche arrière	touche 1 ou gâchette B	gâchette R ou bouton B	touche b ou gâchette R	B
Tourner	Incliner le volant	stick directionnel gauche	stick directionnel gauche	stick directionnel du nunchuk
Utiliser l'objet	touche croix directionnelle	bouton L	bouton L	Z (nunchuk)
Vue arrière	bouton A	X ou Z	touches ZR ou x	C
Figure / roue arrière	Lever le volant d'un coup sec	touche croix directionnelle	touche croix directionnelle	Lever la wiimote d'un coup sec

Pour ce jeu, qui est l'épisode spécialement créé pour la Wii d'une licence déjà existante, il y a donc possibilité de jouer soit avec des contrôles classiques, soit de manière plus intuitive avec le volant Wii. On remarque que l'intégralité des actions n'est pas réalisable de manière naturelle puisqu'il est nécessaire d'appuyer sur des boutons. Une autre remarque est que l'utilisation du Wii Wheel, bien que plus "fun" et intuitif, ne permet pas des performances aussi hautes qu'avec les autres modes de contrôle.

Proposition

Action	Kinect (body)	Kinect (mains)	Balance Board
Accélérer	Se pencher en avant	auto	Se pencher en avant
Freiner / déraper / marche arrière	Se pencher en arrière	auto	Se pencher en arrière
Tourner	Se pencher sur les cotés	imitation des mains sur un volant de voiture	Se pencher sur les cotés
Utiliser l'objet	lever une main	avancer/reculer les mains?	coup sec wiimote vers le bas?
Vue arrière	mouvement de tête, de main, des yeux? et/ou rétroviseur dans le HUD	idem ←	idem ←
Figure / roue arrière	sauter? lever les/l'autre main(s)? mouvement des hanches?	lever les mains (toujours sur le 'volant')?	coup sec wiimote vers le haut?

Dans la mesure où on pense à utiliser un autre mode de contrôle que celui/ceux initialement prévus lors de la conception du jeu, il faut aussi penser qu'un certain nombre d'ajustements dans le jeu peuvent être nécessaire pour parfaire la migration vers un contrôle naturel. Par exemple pour la vue arrière, le seul mouvement réellement naturel serait de regarder effectivement en arrière, empêchant ainsi de voir le résultat sur l'écran. Pour palier à ce problème, il faudrait donc mettre en place un système de rétroviseur visible sur l'écran.

Forza Motorsport 4 (Kinect) (test)

Action	Mouvement correspondant
Accélérer / Freiner	auto
Tourner	Mains sur un volant invisible
Déplacer la vue (permet de voir le rétroviseur)	Mouvements de la tête

Kinect Joy Ride (test)

Action	Mouvement correspondant
Accélérer / Freiner	auto
Tourner	Mains sur un volant invisible
Utiliser un objet	Mouvement latéral de la main?
Boost	Tirer puis pousser les mains
Dérapage	Avancer les hanches

Beat 'em up

Kung Fu High Impact (Kinect) (test)

Action	Mouvement correspondant
Attaque normale	Tout geste du bras suffisamment rapide (à gauche ou à droite selon où l'on souhaite attaquer)
Esquiver	Mouvements du corps (tronc)
Bloquer attaques hautes	Protéger sa tête avec le bras
Bloquer attaques basses	Lever le genou
Coup puissant	Mouvement avec les deux bras (mains séparées)
Saut (périlleux)	Sauter les bras en l'air mains jointes
Onde de choc	Sauter puis toucher le sol de la main
Éclair	Un bras en l'air, l'autre sert à viser
Ralentir / stopper le temps	Lever les bras en V (pause Phi Ψ)
Flèche magique (arc magique)	Simuler un tir à l'arc : mettre une main en avant, puis amener la seconde vers la première avant de la ramener (tirer la corde) en arrière vers son visage
Voler	Écarter les bras sur le côté

Dynasty Warriors 3 (proposition)

Actions	Manette PS2	Kinect	Wiimote + nunchuk
Sur le champs de bataille			
Déplacement	Stick analogique gauche / croix directionnelle	Mettre un pied en avant, + ou - à gauche ou à droite pour la vitesse de rotation	Stick Nunchuk
Saut	Croix	Sauter	C (nunchuk)
Garde – Pas latéraux	L1	auto?	B (wiimote)
Pause – Écran d'information	Start	Commande vocale	-
Afficher/masquer la carte	R2	??	+
Afficher/masquer vie/nom	L2	disable	1
Attaque normale	Carré	Gestes de tranchant d'épée avec le bras principal	Manier la wiimote comme une arme
Attaque chargée	Triangle	Mouvement avec les deux bras (mains séparées)	Mouvement du nunchuk
Attaque Musou	Rond	Kamehameha (mouvement avec les deux mains jointes)	Mouvement Nunchuk + wiimote
Attaque à distance normale	R1 + carré + stick gauche pour viser	La main secondaire en avant pour viser.	A + Viser avec la wiimote, tirer le nunchuk vers soi pour tendre la corde puis relâcher A pour tirer
Attaque à distance puissante	R1 + triangle + stick gauche	Un bras en l'air, l'autre vise	Idem + mais Z?
Attaque à distance Musou	R1 + rond + stick gauche	Deux bras en l'air puis en avant?	Idem avec A+Z?
Menus			
Sélection	Croix directionnelle	Déplacer le curseur avec la main principale	Viser avec la wiimote ou flèche directionnelle
Valider	Croix	Focus assez long	A
Annuler	Triangle	Lacher le focus	B

Jeux d'aventure - Point and Click

Myst (proposition)

Action	Souris	Kinect	Wiimote
Déplacer le curseur	Bouger la souris	Bras en avant, déplacer la main	Déplacer la wiimote
Interagir avec l'objet survolé	Clic gauche	Garder le bras en avant, immobile	bouton A ou B
Cacher le curseur	/	Baisser le bras	Sortir le viseur de la zone de détection

Jeux de réflexion

Snake et Echochrome (propositions)

Action	Clavier/manette	Wii board	Wiimote ou nunchuk	Kinect
tourner le serpent / orienter la caméra vers le haut	↑ ou 8	se pencher en avant	impulsion/déplacer vers le haut	monter la main
vers le bas	↓ ou 2	se pencher en arrière	impulsion/déplacer vers le bas	la baisser
à gauche	← ou 7	se pencher à gauche	impulsion/déplacer vers la gauche	vers la gauche
à droite	→ ou 6	se pencher à droite	impulsion/déplacer vers la droite	vers la droite

Light gun shooter

The Gun Stringer (test)

Action	Commande Kinect
Viser	Viser avec la main droite en avant
Tirer	Lever la main droite à hauteur d'épaule
Se déplacer à gauche ou à droite	Déplacer la main gauche à gauche ou à droite
Sauter	Lever la main gauche
Attaque au corps à corps	Cogner avec le poing droit

Action - Aventure

Rise of Nightmares (Kinect) (test)

Actions	Mouvement correspondant (Kinect)
Déplacement	-
Avancer	Avancer un pied (l'avancement détermine la vitesse de déplacement)
Reculer	Reculer un pied
Arrêter de se déplacer	Remettre le pied à sa position initiale (au niveau de l'autre)
Tourner	Tourner les épaules (le buste) à gauche ou à droite
Déplacer le curseur	Déplacer la main droite
Auto-mouvement	Garder le focus du curseur sur l'endroit où l'on souhaite se déplacer (tenir la main droite en l'air)
Interaction	-
Faire apparaître le pointeur (empêche de se déplacer)	Lever la main avec laquelle on souhaite interagir
Cacher le pointeur	Baisser la main
Déplacer le pointeur	En l'air, déplacer la main
Interagir avec un objet (utilise la main de l'avatar correspondant à celle qu'on a levée)	Survoler l'objet avec le pointeur suffisamment longtemps
Attaque (selon arme équipée)	-
Coup de poing - crochet	Envoyer le poing vers l'écran (la direction compte, pour faire un crochet par exemple)
Coup de couteau	Avancer la main
Tranche - Fente	Balancer le bras selon le mouvement de lame que l'on souhaite donner (latéral, vertical, etc)
Lancer un projectile	Mimer un mouvement de lancer
Attaque arme à 2 mains	Mains jointes, mimer le geste comme si on avait l'épée en main
Coup de pied	Coup de pied (\o/)
Défense	-
Garde	Plier les coudes devant soi à hauteur de poitrine (garde de boxe)
Repousser un ennemi	en position de garde, déplier rapidement les bras vers l'avant

Bien que nombreuses, les commandes sont assez intuitives.